

**УДК:616.24-072-057.875:612.216.2**

## **КАПНОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ РЕСПИРАТОРНЫХ НАРУШЕНИЙ И ТЕКУЩЕГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СТУДЕНТОВ**

*Буков Ю.А., Белоусова И.М.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: tnu-fr@rambler.ru*

Исследовано содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе у студентов методом капнографии. Выявлены три типа вентиляции, которые характеризовались капнографическими показателями. Показана зависимость между уровнем аэробных возможностей организма студентов и напряжением  $\text{CO}_2$  в альвеолах лёгких.

**Ключевые слова:** капнография, типы вентиляции, студенты.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Регистрация содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе, известная как капнография, является одним из эффективных методов исследования респираторной системы. Капнография выдоха позволяет количественно изучить динамику выделения  $\text{CO}_2$  из легких и на основании этих данных выявить вид нарушений газообмена углекислоты, определить степень соответствия вентиляции уровню метаболизма, выявить возможности респираторной системы по обеспечению газового гомеостаза организма [1]. Необходимость исследования кинетики  $\text{CO}_2$  в организме определяется исключительной физиологической ролью диоксида углерода. Он является уникальным стимулятором центральной нервной системы, сосудистого тонуса, гемодинамики [2]. Растворяясь в артериальной крови, молекулярный  $\text{CO}_2$  становится главным фактором в регуляции функций внешнего дыхания, обеспечении кислородного режима организма. Биологическое и метаболическое значение углекислоты для человека заключается в том, что  $\text{CO}_2$  играет роль катализатора в реакциях обмена веществ и является мощным регулятором активности многих ферментов [3]. Главной причиной, приводящей к изменению содержания углекислого газа в альвеолах легких, являются респираторные расстройства, к числу которых относятся гипо- и гипервентиляция. Гиповентиляция как правило сопровождается развитием гиперкапнии и респираторного ацидоза. При гипервентиляции отмечается снижение напряжения  $\text{CO}_2$  в тканях, формирование состояния гипокапнии и респираторного алкалоза. Все эти метаболические и респираторные сдвиги негативным образом сказываются на функциональном состоянии всего организма.

Капнографические исследования являются достаточно новой областью для медицинской практики и находят своё применение в анестезиологии, реаниматологии и интенсивной терапии. Учитывая высокую информативность

метода, капнография также используется в реабилитологии, функциональной диагностике и в мониторинговых исследованиях.

Вместе с тем следует отметить, что применение капнографии в оценке донозологических состояний еще недостаточно изучено. В литературе имеется незначительное число работ, посвященных этой теме [4]. В этой связи целью работы являлось определение возможностей капнографии в диагностике функционального состояния организма студентов и выявления вентиляторных расстройств, приводящих к ограничению приспособительных возможностей обследуемых.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

У 30 студентов мужского пола в возрасте 18-20 лет капнографическим методом определяли концентрацию углекислого газа в выдыхаемом воздухе. Регистрация количественных показателей  $\text{CO}_2$  во время выдоха проводилась с помощью ультразвукового проточного капнометра КП-01-«ЕЛАМЕД». Капнограмму записывали в состоянии относительного покоя в течение 3 минут, а также после выполнения нагрузочного теста в виде ступенчато-повышающейся нагрузки на велоэргометре. Первоначальная нагрузка составляла 50 Вт при скорости педалирования 60 об/мин в течение 3 минут. В последующем нагрузку увеличивали до 100, 150 и 200 Вт. Регистрировали следующие показатели: частоту дыхания (ЧД, цикл/мин), показатель инспираторной нагрузки как соотношение длительности фаз вдоха и выдоха ( $T_I/T_E$ , отн.ед.), показатель неравномерности дыхания (НД, %), долю мёртвого пространства в общей вентиляции ( $V_d/VE, \%$ ), конечно-экспираторное парциальное давление  $\text{CO}_2$ , ( $P_{ET}\text{CO}_2$ , мм рт.ст.). По уровню  $P_{ET}\text{CO}_2$  выделяли: гипокапнический тип вентиляции –  $P_{ET}\text{CO}_2$  менее 35 мм рт.ст.; гиперкапнический тип вентиляции –  $P_{ET}\text{CO}_2$  более 45 мм рт.ст.; нормакапнический тип вентиляции –  $P_{ET}\text{CO}_2$  от 35 до 45 мм рт.ст. Уровень работоспособности определяли по индексу  $PWC_{170}$  с последующим расчетом показателей аэробных возможностей организма (МПК, л/мин, МПК/кг, мл/мин/кг) [5]. Статистическая обработка полученных результатов исследований проводилась с использованием параметрических и непараметрических критериев [6].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании анализа капнограмм были выделены три группы обследуемых по показателям  $P_{ET}\text{CO}_2$  с определением типа вентиляции (табл. 1).

Таблица 1

Распределение обследуемых по типу вентиляции

ПОКАЗАТЕЛИ	ТИП ВЕНТИЛЯЦИИ		
	<i>нормакапнический</i> <i>n=12</i>	<i>гиперкапнический</i> <i>n=6</i>	<i>гипокапнический</i> <i>n=12</i>
$P_{ET}\text{CO}_2$	42,4±3,1	50,7±2,1	31,2±1,8

Как видно из представленных результатов у 12 студентов был определен нормокапнический тип вентиляции с показателями конечно-эспираторного парциального давления  $\text{CO}_2$  в пределах  $42,4 \pm 3,1$  мм рт.ст. Для 6 студентов характерным являлся гиперкапнический тип вентиляции, при этом значения  $P_{\text{ETCO}_2}$  не превышали  $50,7 \pm 2,1$  мм рт.ст. Третью группу составили студенты с гипокапническим типом вентиляции с показателями  $P_{\text{ETCO}_2}$  в пределах  $31,2 \pm 1,8$  мм рт.ст. Основным регулятором  $p\text{CO}_2$  в альвеолах легких является уровень альвеолярной вентиляции. Гипервентиляция или избыточная легочная вентиляция по отношению к текущим потребностям организма приводит, как известно, к снижению  $p\text{CO}_2$ . Ретенции  $\text{CO}_2$  в организме способствует гиповентиляция. Обеспечение нормокапнии связано с нормовентиляцией. Таким образом, студенты первой группы характеризовались оптимальными параметрами вентиляции, обеспечивающими нормокапнический уровень  $p\text{CO}_2$ . Для второй группы студентов свойственным являлась гиповентиляция, приводящая к росту  $P_{\text{ETCO}_2}$ , а у студентов третьей группы диагностировали гипервентиляцию с низкими значениями  $p\text{CO}_2$  в конце выдоха. Помимо величин напряжения  $\text{CO}_2$  в конце выдоха исследовались и другие капнографические показатели. (табл. 2).

**Таблица 2**

**Капнографические показатели у обследуемых студентов с различными типами вентиляции**

ПОКАЗАТЕЛИ	ТИП ВЕНТИЛЯЦИИ		
	нормокапния	гиперкапния	гипокапния
ЧД, цик./мин	$16,8 \pm 0,8$	$13,2 \pm 1,2^{**}$	$24,2 \pm 1,6^{**}$
$T_I/T_{E_2}$ отн.ед.	$0,8 \pm 0,06$	$0,4 \pm 0,04^{**}$	$1,3 \pm 0,08^{**}$
НД, %	$9,2 \pm 1,3$	$6,8 \pm 1,2$	$44,0 \pm 3,4^{**}$
Vd/VE, %	$24,8 \pm 2,2$	$25,2 \pm 2,0$	$32,4 \pm 2,8^{**}$

*Примечание:* \*\* – различия достоверны, относительно показателей 1 группы, ( $p < 0,01$ ). ЧД по t-критерию Стьюдента. Остальные показатели по t-критерию Уайта.

Из проведенных данных следует, что каждому типу вентиляции соответствовали определенные параметры капнограммы. Так, наиболее существенные сдвиги в показателях капнограммы зарегистрированы у студентов с гипокапническим типом вентиляции. Сформировавшийся тахипноический тип дыхания с частотой дыхательных движений более 24,0 цикл/мин, ( $p < 0,01$ ) приводил у них к значительному увеличению инспираторной активности. Соотношение  $T_I/T_E$  при этом достигало значений 1,3 отн.ед., ( $p < 0,01$ ), что можно связать с проявлениями признаков гипервентиляционного синдрома. Доля альвеолярной вентиляции составляла около 65 % дыхательного объема, что соответствовало нижней границе физиологической нормы. Интегральную оценку функционального состояния организма можно провести по параметру неравномерности дыхательного цикла [1]. У студентов с гипокапническим типом вентиляции НД

составлял 32,4 %, ( $p < 0,01$ ), что можно классифицировать как состояние выраженного психоэмоционального напряжения. Для студентов с гиперкапническим типом вентиляции характерным являлись брадикардия, снижение инспираторной нагрузки, показатель  $T_I/T_E$  составлял в среднем 0,5 отн.ед., ( $p < 0,01$ ), увеличение доли альвеолярной вентиляции до 25,2% дыхательного объема, ( $p < 0,01$ ) и снижение величины НД до 6,8, ( $p < 0,01$ ), относительно студентов с гиперкапническим типом вентиляции. У студентов с нормакапническим типом вентиляции все исследуемые показатели находились в пределах физиологической нормы.

Таким образом, капнографические исследования позволили выявить различные типы вентиляции у студентов, определить возможности системы внешнего дыхания по обеспечению газового гомеостаза, оценить функциональное состояние обследуемых.

Изменения газообмена углекислоты у обследуемых с различным типом вентиляции, очевидно, сказывалось и на их приспособительных возможностях. Как известно, интегральным показателем адаптационных резервов организма, его энергетического потенциала является максимальная скорость потребления кислорода (МПК). При этом существенное влияние на все виды обмена веществ в организме оказывает величина напряжения  $CO_2$  в тканях, являющаяся одной из физиологических констант организма. Возможно, уровень  $pCO_2$  является фактором, лимитирующим приспособительные возможности, оказывая регулирующее влияние на активность аэробного звена энергообеспечения. В этой связи, представляет практическое значение выявление взаимосвязи параметров  $P_{ET}CO_2$  с показателями аэробных возможностей организма (рис. 1).

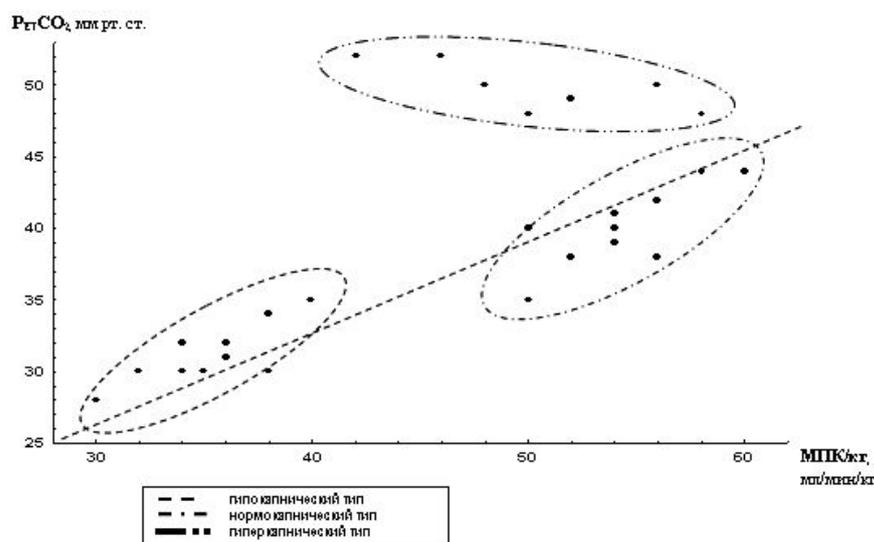


Рис. 1. Взаимосвязь показателей напряжения  $CO_2$  в конце выдоха ( $P_{ET}CO_2$ ) с величиной аэробных возможностей организма студентов (МПК/кг), обладающими различными типами вентиляции.

Как следует из представленных результатов существует ярко выраженная взаимосвязь между уровнем аэробных возможностей и величиной напряжения  $\text{CO}_2$  в выдыхаемом воздухе, которая носит линейный характер в определенном диапазоне изменений  $P_{\text{ETCO}_2}$ . Как правило, лица с гипокапническим типом вентиляции обладают низкими показателями физической работоспособности. В наших исследованиях у этой группы студентов параметры МПК/кг не превышали значений 36,5 мл/мин/кг. С ростом  $p\text{CO}_2$  в выдыхаемом воздухе и переходом вентиляции на нормакапнический тип отмечено увеличение аэробных возможностей до 56,0 мл/мин/кг, ( $p < 0,01$ ). Вместе с тем следует обратить внимание на группу студентов, имеющих гиперкапнический тип вентиляции. Для них характерным являлся достаточно высокий уровень аэробных возможностей – 52,4 мл/мин/кг.

Как известно, брадипное и гиперкапнический тип вентиляции у нетренированных людей является показателем наличия обструктивных нарушений в бронхах. У обследуемых нами студентов третьей группы не выявлено каких-либо изменений, влияющих на бронхиальную проходимость. Анамнестические данные показали, что большая часть из этих студентов является спортсменами, занимающимися циклическими видами спорта, связанными с развитием выносливости.

Очевидно, систематические тренировки с использованием аэробных физических упражнений способствовали перестройке паттерна дыхания в сторону его экономизации, что и проявилось формированием брадипноического типа дыхания. Кроме того, аэробные физические нагрузки сопровождаются ростом продукции метаболической углекислоты, часть которой аккумулируется в организме, повышая напряжение  $\text{CO}_2$  в альвеолярном газе [7].

Таким образом, капнография является информативным методом оценки вентиляторных возможностей системы внешнего дыхания, а также позволяет диагностировать функциональное состояние организма, его приспособительные резервы.

## ВЫВОД

1. Капнография представляет собой один из эффективных методов исследования не только респираторной системы, но и позволяет с высокой степенью надежности диагностировать функциональное состояние организма, его приспособительные возможности.
2. С использованием метода капнографии выявлены различные типы вентиляции. У 12 волонтеров диагностировали нормакапнический тип вентиляции с величинами  $P_{\text{ETCO}_2}$  в пределах  $42,4 \pm 3,1$  мм рт.ст., у 6 – гиперкапнический тип вентиляции, который характеризовался повышением уровня  $P_{\text{ETCO}_2}$  до  $50,7 \pm 2,1$  мм рт.ст. ( $p < 0,01$ ), а у 12 студентов выявлен гипокапнический тип вентиляции со значениями  $P_{\text{ETCO}_2}$ , равными  $31,2 \pm 1,8$  мм рт.ст., ( $p < 0,01$ ). Для лиц с гипокапническим типом вентиляции характерным являлось психоэмоциональное напряжение, о чем свидетельствует высокое значение показателя неравномерности дыхания 32,4 %, ( $p < 0,01$ ).
3. Выявленные типы вентиляции оказывали значительное влияние на приспособительные возможности организма студентов. Наиболее высокими показателями энергетического потенциала обладали лица с нормакапническим и

гиперкапническим типами вентиляции. Для лиц с гипокапническим типом вентиляции свойственным являлось снижение показателей аэробных возможностей до  $36,5 \pm 1,8$  мл/мин/кг, ( $p < 0,01$ ).

#### Список литературы

1. Бяловский Ю.Ю. Капнография в общей врачебной практике / Ю.Ю. Бяловский, В.Н. Абросимов. – Рязань.: Дело, 2007. – 142 с.
2. Агаджанян Н.А. Функции организма в условиях гипоксии и гиперкапнии / Н.А. Агаджанян, А.И. Елфимов. – М.: Медицина, 1986. – 272 с.
3. Агапов Ю.Я. Кислотно-щелочной баланс / Юрий Яковлевич Агапов. – М.: Медицина, 1968. – 184 с.
4. Зуйкова О.А. Капнометрия и исследование функций внешнего дыхания в диагностике дисфункционального дыхания у беременных / О.А. Зуйкова // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. – 2006. – № 4. – С.87–91.
5. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / Игорь Викторович Аулик. – М.: Медицина, 1990. – 192 с.
6. Урбах В.Ю. Биометрические методы / Владимир Юрьевич Урбах. – М.: Наука, 1964. – 415 с.
7. Агаджанян Н.А. Физиологическая роль углекислоты и работоспособность человека / Агаджанян Н.А., Красников Н.П., Полунин И.П. – М.: Из-во Университета Дружбы народов, 1995. – 188 с.

**Буков Ю.О. Капнографія в оцінці респіраторних порушень та поточного функціонального стану студентів / Ю.О. Буков, І.М. Белоусова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 72-77.**

Досліджений зміст вуглекислого газу в повітрі, що видихається у студентів методом капнографії. Виявлено три типи вентиляції, які характеризувалися капнографічними показниками. Показана залежність між рівнем аеробних можливостей організму студентів і напругою  $\text{CO}_2$  в альвеолах легенів.

**Ключові слова:** капнографія, типи вентиляції, студенти.

**Bukov Y. Capnography in the extimation of respiratori disorders and current functional condition in students / Y. Bukov, I. Beloysova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 4. – P. 72-77.**

Carbon dioxide content in student's exhalatise air thas investigated by the method of capnography. According to cahnographic data, three types of ventilation were determined. Dependence between aerobic resacrces and partial pressure of  $\text{CO}_2$  in lund's alveoli was demopetrated.

**Keywords:** capnography, ventilation types, student's.

*Поступила в редакцию 9.12.2010 г.*