

УДК 615.816+612.2+612.127

В. Г. АМАТУНИ, Ю. М. ПОГОСЯН

О ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗБУДИМОСТИ  
ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА МЕТОДОМ ОКСИГЕМОМЕТРИИ

В статье предлагается простой способ определения состояния возбудимости дыхательного центра с помощью метода оксигеметрии при задержке дыхания. Исследования проводились во время учебно-тренировочных сборов в Цахкадзоре (1980 м над уровнем моря) на 190 спортсменах. Авторы пришли к выводу, что ПВДЦ может дать полезную информацию о функциональном состоянии дыхательного центра, тренированности и течении высотной адаптации у спортсменов.

Длительность времени задержки дыхания на глубоком выдохе определяется, с одной стороны, гуморальными факторами (соотношением между степенью снижения  $pO_2$  и повышения  $pCO_2$ , увеличением концентрации водородных ионов), а с другой — нервными факторами, в совокупности определяющими возбудимость дыхательного центра. Изменения в сфере гуморальных факторов находятся в зависимости от парциального давления  $O_2$  в атмосферном воздухе и в легких, от объема воздуха в легких в момент задержки дыхания и от уровня газообмена. Возбудимость дыхательного центра может варьировать также в зависимости от пола, вида двигательной деятельности, спортивной квалификации и тренированности спортсменов. В отличие от времени задержки дыхания среди факторов, определяющих продолжительность периода А-Б, полностью отсутствует компонент функционального состояния дыхательного центра. С другой стороны, время А-Б находится в прямой зависимости от комплекса вышеперечисленных условий —  $pO_2$  и объема воздуха в легких перед задержкой дыхания (запас кислорода) и уровня газообмена (потребление  $O_2$  организмом). В связи с этим, пользуясь методом оксигеметрии при задержке дыхания, мы предлагаем простой способ определения состояния возбудимости дыхательного центра.

Показатель возбудимости дыхательного центра (ПВДЦ) определяется нами путем деления фазы А-Б оксигевограммы на время задержки дыхания:

$$\text{ПВДЦ} = \frac{\text{фаза А-В (сек)}}{\text{время задержки дыхания (сек)}} 100\%$$

Степень накопления в крови  $CO_2$  в периоде задержки дыхания, которая отражается только на времени задержки дыхания, соответствует уровню потребления  $O_2$  (при отсутствии существенных изменений ДК) и поэтому может в расчет не приниматься. Остальные вышеизложенные



условия в равной степени отражаются как на времени задержки дыхания, так и на продолжительности периода А-Б.

Зависимость ПВДЦ от уровня газообмена может быть понята с позиций взаимосвязи между возбудимостью центра как чисто нервного явления и уровнем его гуморальных возбудителей—гипоксемии и гиперкапнии, возникающих во время задержки дыхания. В методике определения возбудимости дыхательного центра с вдыханием газовой смеси с повышенной концентрацией  $\text{CO}_2$  гуморальным возбудителем является только  $\text{CO}_2$ , который дополнительно вводится в организм извне. В пробе с задержкой дыхания он соответствует уровню газообмена и увеличению  $\text{pCO}_2$  за счет собственной углекислоты. Однако в этой пробе присоединяется также возбуждающее на дыхательный центр действие второго мощного гуморального фактора—гипоксемии, что выгодно отличает ее от метода с ингаляцией  $\text{CO}_2$  большей физиологичностью. Время задержки дыхания в изучаемом методе соответствует приросту легочной вентиляции в ингаляционной пробе.

Для выяснения влияния изменений газообмена на время задержки дыхания в период А-Б были проведены соответствующие сопоставления у 11 пловцов. Результаты показали, что корреляционной связи между ними нет ( $r=0,09$  и  $0,07$ ).

Наш опыт работы по определению ПВДЦ у спортсменов показал, что при задержке дыхания на вдохе, как и следовало ожидать, разные объемы воздуха в легких (соответствующие различия в ЖЕЛ) четко отражаются на времени А-Б и в меньшей степени на времени задержки дыхания. Это обстоятельство в известной степени снизило адекватность показателя при его определении у разных спортсменов. При определении же ПВДЦ после быстрого и глубокого выдоха прямая зависимость между ЖЕЛ, с одной стороны, и временем задержки дыхания, А-Б и ПВДЦ, с другой—исчезает. Естественно думать, что это вызвано значительно меньшими различиями в остаточном объеме воздуха в легких у разных спортсменов в сравнении с различиями в ЖЕЛ. Поэтому все определения оксигеметрических показателей мы проводили в стандартных условиях при глубоком выдохе.

Изменения  $\text{pO}_2$  в атмосферном воздухе и в легких после переезда спортсменов из Еревана в Цахкадзор и из Цахкадзора в Казань вызывают изменения А-Б и времени задержки дыхания в равной степени, в связи с чем ПВДЦ не меняется. Этим подтверждается отсутствие зависимости изменений показателя от уровня  $\text{pO}_2$  в легких.

Исследования проводились нами с помощью оксигеметра модели 057-М во время учебно-тренировочных сборов в Цахкадзоре (высота над уровнем моря 1980 м) на 190 спортсменах в возрасте от 18 лет до 31 года со спортивным стажем от 3 до 11 лет на 2—3-й, 7—8-й, 14—15-й и 21—22-й дни пребывания. Были выделены три группы спортсменов: 1) 62 спортсмена высокого класса, тренирующихся на выносливость (мужчин—32, женщин—30); 2) 66 спортсменов второго и третьего разрядов, тренирующихся на выносливость, в том числе мужчин, про-



живающих на высоте 950 м (Ереван),—30, мужчин-горножителей (1765 м—Раздан)—36; 3) тяжелоатлеты высокого класса (62 чел.). Проводилась проба Генчи с максимальной задержкой дыхания на выдохе. Перед задержкой дыхания испытуемому предлагалось после обычного вдоха сделать быстрый и глубокий выдох ртом, не напрягая мышц грудной клетки и брюшного пресса, закрыть рот, зажать нос и задержать дыхание. Опыт повторялся два-три раза. Определялись все основные фазы оксигеометрии.

Определения ПВДЦ показали, что у спортсменов разной квалификации, вида спорта и пола эта величина различна. Самый низкий показатель был у спортсменов высокой квалификации, тренирующихся на выносливость (41,7%), а самый высокий—у тяжелоатлетов (52,6%, табл. 1). У мужчин ПВДЦ оказался ниже, чем у женщин той же квалификации (49,2%).

Таблица 1  
Зависимость ПВДЦ от вида двигательной деятельности, спортивной квалификации и пола

Вид двигательной деятельности		Число исследований	$M \pm m$	t	P
Спортсмены, тренирующиеся на выносливость	Высокий класс	32	41,7 $\pm$ 1,2	—	—
	мужчины	30	49,2 $\pm$ 1,6	3,75	0,001
	женщины				
II—III разряды	мужчины (Ереван)	30	47,7 $\pm$ 1,4	3,27	0,01
	мужчины-горножители	36	45,3 $\pm$ 1,2	2,40	0,05
Тяжелоатлеты высокого класса		62	52,6 $\pm$ 1,1	6,70	0,001

Как следует из табл. 1, различия при сопоставлении с группой спортсменов-мужчин высокого класса, тренирующихся на выносливость, достоверны.

На основании анализа результатов определения ПВДЦ спортсмены были распределены на 3 группы (табл. 2): 1) с низким показателем—от 26,0 до 45,0%, 2) со средним показателем—от 46,0 до 65,0%, 3) с высоким показателем—от 66,0 до 85,0%.

Как видно из табл. 2, на 2—3-й день пребывания в среднегорье у 69,0% спортсменов-мужчин высокого класса, тренирующихся на выносливость, обнаруживается низкий ПВДЦ и только у 3,4% исследованных имелся высокий показатель. У спортсменов, тренирующихся на силу, низкий показатель наблюдался только в 29,4% случаев, а у 22,4% имелся высокий показатель. Таким образом, чем выше мастерство и специальная выносливость спортсмена, тем ниже изучаемый показатель. Это, очевидно, обусловлено тем, что механизмы повышения выносливости к нагрузке во многом аналогичны повышению устойчивости организма к гипоксемическому воздействию. Несомненно, между низкой величиной ПВДЦ, характеризующей относительно низкую воз-



Таблица 2  
Динамика изменения ПВДЦ по мере адаптации в условиях среднегорья (число спортсменов в процентах)

Вид двигательной деятельности		Число иссл.	Дни обследования	Группы			
				I	II	III	
Спортсмены, тренирующиеся на высоте	Высокий класс	мужчины	32	2—3	3,4	27,6	69,0
				7—8	—	28,6	71,4
	14—15	3,6		28,0	68,4		
	21—22	—		30,0	70,0		
	женщины	30	2—3	6,9	51,4	41,7	
			7—8	16,4	39,9	46,7	
II—III разряды	мужчины (Ереван)	30	исх.*	15,0	50,0	35,0	
			2—3	16,7	36,6	46,7	
	7—8		13,3	30,0	56,7		
	14—15		16,7	26,6	56,7		
мужчины-горножители	36	2—3	14,3	26,9	58,8		
		7—8	15,1	27,4	57,5		
Тяжелоатлеты высокого класса		58	2—3	22,4	48,2	29,4	
			7—8	26,4	40,3	33,3	
			14—15	19,0	40,9	40,1	

Исх.\* — данные, полученные в Ереване.

будимость дыхательного центра, высокой резистентностью к гипоксии и высоким уровнем тренированности и мастерства спортсмена существует внутренняя связь.

Изучение показателя в процессе высотной адаптации показало, что у спортсменов-легкоатлетов невысокого класса нет существенных различий в ПВДЦ между ереванскими данными и результатами обследования в Цахкадзоре на 2—3-й день, а также между последующими цифрами в Цахкадзоре и 4—5-ым днями на уровне моря (в Казани после спуска с гор, рис. 1). Ввиду того, что изменения  $pO_2$  в легких и в крови на глубоком выдохе существенно не влияют на ПВДЦ, очевидно, существенно не меняются также нейрогуморальные условия возбуждения дыхательного центра—ее возбудимость,  $pCO_2$  и pH крови.

В однотипных условиях в Джермуке (2200 м над уровнем моря) при переезде туда жителей Еревана (950 м над уровнем моря) в первые дни пребывания не было установлено изменений  $pCO_2$  в альвеолярном воздухе ввиду отсутствия реакции гипервентиляции, а также существенных изменений потребления  $O_2$  при небольшом увеличении продукции  $CO_2$  и ДК [1]. Эти исследования подтверждают заключение об отсутствии изменений условий возбуждения дыхательного центра у спортсменов, приехавших в Цахкадзор из Еревана. С другой стороны, эти сопоставления говорят в пользу изучаемого нами показателя, кото-



рый при отсутствии изменений условий возбуждения дыхательного центра не обнаруживает никаких сдвигов, несмотря на довольно большие перепады  $pO_2$  в альвеолярном воздухе.

Для спортсменов, приезжающих в Цахкадзор из местностей, расположенных на уровне моря, условия возбуждения дыхательного центра будут измененными, так как  $pCO_2$  на высоте 2000 м ниже, чем на уров-

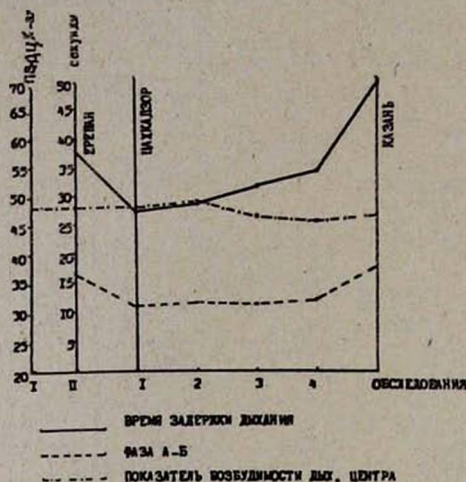


Рис. 1.

не моря в среднем на 6—8 мм рт. ст. (гипервентиляция), что свидетельствует о снижении порога возбудимости дыхательного центра.

В процессе дальнейшего пребывания спортсменов в Цахкадзоре происходит постепенное уменьшение ПВДЦ после незначительного увеличения на 7—8-й день. Это связано с тем, что до конца срока адаптации увеличение фазы А-Б незначительно и, в основном, недостоверно, в то время как увеличение времени задержки дыхания выражено и достоверно. Это может свидетельствовать о том, что в процессе адаптации происходит некоторое понижение возбудимости дыхательного центра, возможно, связанное с усилением коркового торможения на дыхательный центр. Незначительное понижение  $pCO_2$  в альвеолярном воздухе при адаптации в Джермук говорит о том, что возбудимость дыхательного центра в среднегорье Армении у жителей гор. Еревана не сопровождается существенными изменениями гуморальных условий его возбуждения. Это находит объяснение в том, что снижение газообмена в Джермук идет параллельно со снижением вентиляции легких без особых изменений дыхательного эквивалента по  $CO_2$ .

Таким образом, одновременно с адаптационным процессом в среднегорье происходит также постепенное закономерное снижение ПВДЦ, что, несомненно, надо рассматривать как явление положительное, поскольку, как следует из вышеизложенного, более низкие его показатели характерны для группы спортсменов-мужчин высокого класса, тренирующихся на выносливость. У спортсменов этой группы, по на-



шим данным, все основные показатели, характеризующие их более высокую устойчивость к гипоксии, работоспособность, функциональные резервы представлены в лучшем виде, чем у спортсменов-женщин той же квалификации и у спортсменов II—III разрядов и тяжелоатлетов. Это является наилучшим практическим подтверждением высокой информативности предлагаемого показателя, отражающего степень тренированности спортсмена и функциональное состояние его дыхательного центра.

### В Ы В О Д Ы

1. ПВДЦ может дать полезную информацию о функциональном состоянии дыхательного центра, тренированности и течении высотной адаптации у спортсменов.
2. В зависимости от вида двигательной деятельности, спортивной квалификации и пола ПВДЦ различен.
3. Изменения ПВДЦ непосредственно не связаны с изменением  $pO_2$  в атмосферном воздухе при переезде спортсмена в среднегорье.
4. По мере адаптации к условиям среднегорья ПВДЦ постепенно уменьшается, что связано со снижением возбудимости дыхательного центра.

Кафедра факультетской  
терапии Ереванского  
медицинского института

Поступила 13/III 1974 г.

Վ. Գ. ԱՄԱՏՈՒՆԻ, ԶՈՒ Մ. ՊՈՂՈՍՅԱՆ

ՕՔՄԻՀԵՄՈՄԵՏՐԻԱՅԻ ՄԵԹՈԴԻՎ ՇՆՋԱՌԱԿԱՆ ԿԵՆՏՐՈՆԻ ԳՐԳՌԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՈՐՈՇՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐ ԵՂԱՆԱԿ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հորվածում առաջարկվում է արտաշնչումից հետո շունչը պահելիս օքսի-մետրիայի մեթոդով շնչառական կենտրոնի ֆունկցիոնալ վիճակի որոշման հնարավոր եղանակ: Հեղինակների շնչառական կենտրոնի գրգռականության ցուցանիշը (ՇԿԳՑ) որոշել են հետևյալ բանաձևով.

$$\text{ՇԿԳՑ} = \frac{\text{փուլ A—B վրկ}}{\text{շունչը պահելու տևողությունը վրկ}} \cdot 100\%$$

Ուսումնասիրությունները կատարվել են Մաղկաձորում (բարձրությունը 1980 մ ծովի մակերևույթից), 3-ից 11 տարվա մարզական ստաժ ունեցող 18-ից 31 տարեկան 190 մարզիկների վրա՝ ուսումնամարզական հավաքների ժամանակ, Մաղկաձոր գալու 2—3, 7—8, 14—15, 21—22-րդ օրերին:

Հեղինակները եկել են այն եզրակացության, որ ՇԿԳՑ-ն կարող է տալ օգտակար ինֆորմացիա մարզիկների շնչառական կենտրոնի ֆունկցիոնալ վի-

ձակի, նրանց սպորտային մարզվածության, ինչպես նաև միջին լեռնային պայ-  
մաններին հարմարվելու մասին:

ՇԿԳՑ-ի որոշման արդյունքները ցույց են տվել, որ կախված մարզական  
որակավորումից, մարզվածությունից և սեռից, այդ ցուցանիշները տարբեր են:  
Միջին լեռնային պայմաններին հարմարվելուն զուգնթաց ՇԿԳՑ-ն աստիճա-  
նաբար փոքրանում է, որը կարելի է կապել շնչառական կենտրոնի զրգովածու-  
թյան իջեցման հետ:

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Амагуни В. Г. Биолог. журн. Армении. АН Арм. ССР, 1967, 4, стр. 99.
2. Дембо А. Г., Тюрин М. М. Оксигеометрия в функциональном исследовании. М., 1970.
3. Крепс Е. М. Оксигеометрия. Л., 1959.
4. Маршак М. Е. Регуляция дыхания у человека. М., 1961.
5. Плохинский Н. А. Биометрия. М., 1961.
6. Франкштейн С. И., Сергеева З. Н. Саморегуляция дыхания в норме и патологии. М., 1966.
7. Холден Дж. С., Пристли Дж. Г. Дыхание. М., 1937.