

УДК 616.796+613.12(23):796

В. Г. АМАТУНИ, Ю. М. ПОГОСЯН

## О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ АДАПТАЦИИ СПОРТСМЕНОВ К СРЕДНЕГОРНОМУ КЛИМАТУ И ПУТЯХ ОКСИГЕМОМЕТРИЧЕСКОГО ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ

Работа посвящена изучению высотной адаптации у спортсменов во время учебно-тренировочных сборов в среднегорье по данным оксигеметрии. Исследованиями установлено, что проба с задержкой дыхания с оксигеметрической регистрацией может дать важную дополнительную информацию в отношении индивидуальной устойчивости организма спортсмена к гипоксической гипоксии, течения высотной адаптации во время учебно-тренировочных сборов в среднегорье. Авторами предлагаются также два новых оксигеметрических расчетных показателя, с помощью которых можно судить об уровне потребления организмом кислорода, а также более объективно оценить процесс восстановления насыщения артериальной крови кислородом у спортсменов независимо от продолжительности задержки дыхания.

Проблема влияния среднегорного и высокогорного климата на организм человека издавна привлекала внимание широкого круга биологов и медиков. К настоящему времени накоплено большое количество весьма интересных и важных данных, освещающих разные стороны сложной проблемы высокогорной адаптации. Необходимость таких исследований диктуется целым рядом обстоятельств: освоением горных районов, развитием авиационной и космической медицины, постоянным проживанием людей на относительно больших высотах.

В последние 15 лет в плане повышения эффективности спортивных тренировок, расширения функциональных возможностей спортсменов и достижения более высоких результатов этой проблемой стали интересоваться и спортивные физиологи, биохимики и врачи. Тем не менее до сих пор имеются существенные пробелы в наших знаниях о механизмах действия недостатка кислорода на организм спортсмена, особенно когда адаптация к гипоксии протекает в сочетании с большим объемом и интенсивностью физических нагрузок.

В настоящей работе мы изучали течение высотной адаптации и устойчивости к гипоксической гипоксии у приезжих спортсменов и спортсменов-горножителей по данным оксигеметрии. Нами также разработаны новые методы оценки оксигеметрических показателей, позволяющие точнее судить об уровне окислительных процессов в организме и соотношении между вентиляцией и кровотоком в легких.

Исследования проводились на 190 спортсменах во время учебно-тренировочных сборов в среднегорье Цахкадзора (1980 м над уровнем моря) в возрасте от 18 до 31 года со спортивным стажем от 3 до 11 лет

на 2—3-, 7—8-, 14—15- и 21—22-й дни пребывания. Были выделены 3 группы спортсменов: 1) 62 спортсмена высокого класса, тренирующихся на выносливость (32 мужчины и 30 женщин); 2) 66 спортсменов мужского пола II—III спортивных разрядов, тренирующихся на выносливость (30 человек, проживающих на высоте 950 м и 36 горножителей, проживающих на высоте 1765 м); 3) 62 тяжелоатлета высокого класса. Проводилась проба с максимальной задержкой дыхания на выдохе. Перед задержкой дыхания после обычного вдоха испытуемому предлагалось произвести быстрый и глубокий выдох, затем, не напрягая мышц грудной клетки и брюшного пресса, закрыть рот, зажать нос и задержать дыхание. Опыт повторялся 2—3 раза. Оксигеметрия проводилась с помощью оксигеметра модели 057-М. Определялись следующие фазы: 1) А—Б—от начала задержки дыхания до начала отклонения стрелки оксигеметра к более низким цифрам; 2) Б—В<sub>1</sub>—с момента снижения насыщения артериальной крови кислородом до конца задержки дыхания; 3) А—В<sub>1</sub>—время задержки дыхания; 4) В<sub>1</sub>—В<sub>2</sub>—время кровотока от легочных капилляров до уха; 5) В<sub>2</sub>—Д—время полного восстановления насыщения артериальной крови кислородом до исходного уровня.

Проба с задержкой дыхания на выдохе у 30 спортсменов-легкоатлетов невысокого класса показала ясно выраженное уменьшение времени задержки дыхания (на  $8,7 \pm 2,3$  сек,  $P < 0,001$ ) и фазы А—Б ( $4,1 \pm 0,8$  сек,  $P < 0,001$ ) на 2—3-й день после переезда из Еревана в среднегорье Цахкадзора и заметное увеличение этих показателей на 4—5-й день после переезда на равнину (г. Казань), выше исходных цифр в г. Ереване. Время задержки дыхания в Казани увеличилось на  $16,5 \pm 3,8$  сек ( $P < 0,001$ ), а фаза А—Б на  $5,7 \pm 1,1$  сек ( $P < 0,001$ ) по сравнению с данными, полученными на 21—22-й день в среднегорье. Описанные изменения могут быть обусловлены только изменением  $pO_2$  в атмосферном и альвеолярном воздухе (снижением в среднегорье и повышением на равнине).

По мере адаптации в среднегорье у спортсменов всех групп преобладала тенденция к увеличению фазы А—Б. Время задержки дыхания увеличивалось с 7—8-го дня пребывания и достигало максимальных цифр на 14—15, 21—22-й дни (в среднем на 5,2 сек,  $P < 0,05$ ). Увеличение фазы А—Б по мере адаптации связывается с замедлением кровотока от легочных капилляров до уха и уменьшением потребления организмом  $O_2$ . Постепенное восстановление времени задержки дыхания до цифр, близких к исходным, может быть связано со снижением возбудимости дыхательного центра (или раздражимости, хеморецепторов, заложенных в каротидных и аортальных рефлексогенных зонах), а также со снижением потребности организма в  $O_2$ .

Изменения времени задержки дыхания и фазы А—Б мы не обнаружили только у спортсменов-горножителей, адаптированных к среднегорью. Следовательно, наблюдаемые сдвиги фазы А—Б и времени за-

держки дыхания по мере адаптации у приезжих спортсменов связаны с воздействием среднегорного климата и имеют адаптивный характер.

Для оценки окислительных процессов в организме нами был применен расчет средней скорости падения насыщения  $O_2\%$ /сек при задержке дыхания на глубоком выдохе (ССПН  $O_2\%$ /сек) путем деления степени снижения насыщения артериальной крови кислородом в процентах при задержке дыхания на время в секундах, в течение которого происходит это снижение. Для этого от времени задержки дыхания вычитывается время А—Б и к разности прибавляется время кровотока от легочных капилляров до уха:

$$\text{ССПН } O_2 (\%/\text{сек}) = \frac{\text{падение насыщения крови } O_2 (\%)}{\text{вр. зад. дых.} - (A-B) + \text{вр. кровотока легкие} - \text{ухо}}$$

Как показали наши наблюдения, существует высокая корреляционная связь между ССПН  $O_2$  ( $\%/сек$ ) и потреблением кислорода организмом (мл), определяемым методом Дугласа-Холдена на 11 спортсменах ( $r=0,764$ ,  $P<0,01$ ).

Использование этого показателя в наших исследованиях обнаружило, что переезд из Еревана в Цахкадзор приводит вначале к некоторому увеличению его (на  $0,04\%/сек$ ), а затем к постепенному снижению по мере адаптации. У высококвалифицированных спортсменов, тренирующихся на выносливость, наблюдалась аналогичная динамика показателя. Наиболее выраженными оказались изменения у женщин. Снижение ССПН  $O_2$  по мере адаптации, исходя из изложенного, может быть связано со снижением потребления организмом  $O_2$ .

Анализ фаз восстановительного периода оксигеометрической кривой при максимальной задержке дыхания на вдохе и выдохе позволил ряду авторов прийти к выводу, что восстановление оксигенации крови до исходного уровня в течение 1—2 минут говорит о хороших функциональных возможностях организма.

Для объективизации оценки фаз восстановительного периода и для сравнения процесса восстановления насыщения у лиц с различной длительностью максимальной задержки дыхания можно рассчитывать среднюю скорость восстановления насыщения артериальной крови кислородом в  $\%$  за 1 секунду (ССВН  $O_2$ ) путем деления степени снижения насыщения кислородом при задержке дыхания при глубоком выдохе в процентах на время, в течение которого происходит восстановление оксигенации крови до исходного ( $96\%$ ):

$$\text{ССВН } O_2 (\%/\text{сек}) = \frac{\text{падение насыщения крови } O_2 (\%)}{\text{вр. восст. насыщ. крови } O_2 (\text{сек})}$$

У всех спортсменов независимо от пола, вида спорта и спортивной квалификации в период адаптации наблюдается ускорение восстановления насыщения, которое более выражено на 14—15- и 21—22-й дни (от  $0,01 \pm 0,12$ ,  $P>0,05$  до  $0,14 \pm 0,04$ ,  $P<0,01$ , табл. 1). У спортсменов некоторых видов спорта на 7—8-й день наблюдалось определенное ухудшение (удлинение) восстановления оксигенации крови, которое

Таблица

Динамика изменений некоторых оксигеометрических показателей у спортсменов в условиях среднегорья

Вид двигательной деятельности		Оксигеометрические показатели												
		Число испытуемых	Дни обследований	ФАЗА А-В (сек)		Время кровотока от легочных капилляров до уха (сек)		Время задержки дыхания (сек)		Средняя скорость падения насыщения O <sub>2</sub> (%/сек)		Средняя скорость восстановления насыщения O <sub>2</sub> (%/сек)		
				M±m	P	M±m	P	M±m	P	M±m	P	M±m	P	
Спортсмены, тренирующиеся на выносливость	высокого класса	мужчины	32	2-3	11,9	-	6,90	-	30,5	-	0,48	-	0,66	-
			32	7-8	+0,3±0,3	>0,05	+0,69±0,36	>0,05	+3,7±2,0	>0,05	+0,05±0,04	>0,05	+0,06±0,07	>0,05
			32	14-15	+0,8±0,5	>0,05	+0,55±0,25	<0,05	+4,8±2,2	<0,05	+0,10±0,06	>0,05	+0,04±0,06	>0,05
			32	21-22	+1,2±1,1	>0,05	+0,94±0,40	<0,05	+6,6±2,9	<0,05	-0,10±0,06	>0,05	-0,10±0,12	>0,05
	женщины	30	2-3	11,1	-	5,76	-	23,6	-	0,59	-	0,78	-	
		30	7-8	-0,2±0,3	>0,05	+0,03±0,17	>0,05	+2,5±1,8	>0,05	-0,07±0,03	>0,05	-0,09±0,08	>0,05	
		30	14-15	+0,6±0,4	>0,05	+0,06±0,15	>0,05	+4,2±2,0	<0,05	-0,15±0,04	<0,02	-0,15±0,06	<0,05	
	II-III разряда	мужчины (Ереван)	30	2-3	11,9	-	5,83	-	27,2	-	0,48	-	0,54	-
			30	7-8	+0,9±0,4	<0,05	+0,28±0,19	>0,05	+1,1±0,9	>0,05	-0,02±0,11	>0,05	-0,07±0,03	<0,05
			30	14-15	+0,8±0,4	<0,05	+0,28±0,21	>0,05	+4,4±2,1	<0,05	-0,01±0,10	>0,05	-0,06±0,04	>0,05
			30	21-22	+0,9±0,5	>0,05	+0,43±0,14	<0,05	+5,7±2,3	<0,05	-0,07±0,04	>0,05	-0,13±0,06	<0,05
		спортсмены-горножители	36	2-3	11,8	-	6,14	-	27,3	-	0,48	-	0,57	-
	36	7-8	+0,2±0,4	>0,05	-0,03	>0,05	+0,5±2,5	>0,05	-0,01±0,05	>0,05	+0,02±0,04	>0,05		
Тяжелотлеты высокого класса	62	2-3	10,4	-	5,90	-	20,9	-	0,75	-	0,89	-		
	62	7-8	+0,7±0,25	<0,01	+0,15±0,11	>0,05	+2,0±0,9	<0,05	-0,07±0,04	>0,05	+0,03±0,05	>0,05		
	62	14-15	+1,6±0,48	<0,01	+0,36±0,16	<0,05	+5,0±2,4	<0,05	-0,03±0,04	>0,05	-0,14±0,04	<0,01		

может быть связано с неблагоприятным влиянием высотной гипоксии на фоне больших тренировочных нагрузок на организм спортсмена. Постепенное укорочение средней скорости восстановления насыщения артериальной крови кислородом связывается с улучшением координации функций, в первую очередь, дыхания и кровообращения в связи с адаптацией к среднегорному климату.

Таким образом, по данным оксигеометрических исследований, выполнение спортсменами учебно-тренировочной программы, протекающей на фоне воздействия среднегорной гипоксии, приводит к адаптивному снижению потребления организмом кислорода и улучшению координации между функциями дыхания и кровообращения. Описанные нами расчеты показателей ССПН  $O_2$  (%/сек) и ССВН  $O_2$  (%/сек) помогают лучше судить об изменениях уровня окислительных процессов и соотношении между вентиляцией и кровотоком в легких, чем время А—Б, процент падения насыщения крови кислородом при задержке дыхания и время восстановления насыщения после него. Использование этих расчетов в спортивной практике является эффективным средством для суждения об адаптационном процессе и протекании учебно-тренировочных занятий в среднегорье Цахкадзора.

Ереванский мединститут

Поступила 22/III 1976 г.

Վ. Գ. ԱՄԱՏՈՒՆԻ, ՅՈՒ. Մ. ՊՈՂՈՍՅԱՆ

**ՄԱՐԶԻԿՆԵՐԻ ՄԻՋԻՆ ԼԵՌՆԱՅԻՆ ԿԼԻՄԱՅԻՆ ՀԱՐՄԱՐՎԵԼՈՒ ՈՐՈՇ ՀԱՐՑԵՐԻ ԵՎ ԱՅԴ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ ՕՔՍԻԶԵՄՈՄԵՏՐԻԱՅԻ ՄԻՋՈՑՈՎ ԿԱՏԱՐՎՈՂ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ՈՒՂԻՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ**

**Ա մ փ ո փ ու մ**

Աշխատանքը նվիրված է մարզիկների միջին լեռնային պայմաններին հարմարվելու ուսումնասիրության հարցերին՝ օքսիհեմոմետրիայի տվյալների հիման վրա: Դիտումները ցույց են տվել, որ մարզիկներին միջին լեռնային պայմանների տեղափոխվելը ուղեկցվում է А—Б փուլի և շունչը պահելու ժամանակի զգալի կրճատմամբ և հարթավայր տեղափոխվելուց հետո այդ ցուցանիշների արտահայտված երկարացմամբ: Հեղինակները առաջարկում են շունչը պահելու ժամանակ երկու նոր օքսիհեմոմետրիկ ցուցանիշներ, որոնք զգալի չափով ընդլայնում են օքսիհեմոմետրիայի մեթոդի հնարավորությունները և կարող են լրացուցիչ կարևոր ինֆորմացիա տալ միջին լեռնային պայմաններում մարզիկների մոտ բարձրունքային ադապտացիայի վերաբերյալ: