

ьтатов
га

жологи

ивається сво-
на вещество
иет диагно-
в частности,
татов гисто-
ное изучение
ных живот-
возможность
е гистологи-
жала к изго-
достоверности
зватно отра-
ливки; при
ой мозговой
аскулярных
упомянутые
ает необхо-
ого анализа.
е эффектив-
х методик).
скопического
ботке одного

3

on the brain
his conditions
material (the
a number of
of microscopic
phasized to be
with the follo-

Зміни зовнішнього дихання, кисеньтранспортної функції крові і параметрів кисневого режиму юнацького організму при гіпоксичній гіпоксії

В. С. Міщенко

Відділ вікової фізіології Інституту фізіології
ім. О. О. Богомольця АН УРСР, Київ

Функціональна лабільність організму підлітка й юнака зумовлена фізіологічними особливостями періоду статевого дозрівання — бурхливим ростом, цілим рядом фізіологічних перебудов, пов'язаних з нейроендокринними зрушеннями, змінами механізмів регуляції функціональних систем організму [9, 10, 16, 29, 32 та ін.].

Збільшення потреби тканин і органів у кисні в процесі їх росту і розвитку [36, 39, 40, 42, 44, 45, 46, 48], а також зміни кисневих режимів організму [24, 25] зумовлюються максимальним розвитком в цьому віці серцево-судинної системи і органів зовнішнього дихання. Однак регулювання кисневих режимів у підлітків і юнаків значно менш досконале і точне, ніж у дорослих людей [16, 25] а це є однією з головних причин того, що пристосування до недостатчі кисню в пубертатному віці здійснюється гірше, ніж в інші вікові періоди [16, 17, 26]. Навіть у зрілому віці ступінь адекватності і швидкості пристосування до гіпоксичних умов у різних людей неоднакові. Наявні літературні дані вказують на те, що у дорослих фізично добре підготовлених людей в результаті попереднього спортивного тренування відзначається зміна реакції органів дихання і кровообігу на недостатчу кисню у вдихуваному повітрі [1, 20, 21, 38, 43]. Тепер вважають встановленим, що спортсменам властива підвищена стійкість до гіпоксичних умов [4, 11, 18, 23, 28, 31, 34, 37, 41].

Значення м'язової діяльності як специфічного фактора, який підвищує стійкість до гіпоксії, виявлено і при експериментальному «тренуванні» тварин [2, 14]. Відзначається схожість змін енергетики, діяльності серцево-судинної і дихальної систем в онтогенезі при м'язовому та гіпоксичному тренуванні [27, 35].

На жаль, в юнацькому віці зміни реакції на кисневу недостатність, вплив спортивного тренування привертати до себе ще дуже мало уваги. Період статевого дозрівання, вік, в якому адаптація до гіпоксичних умов [19, 22] і гіпоксемії, що виникає при руховій діяльності [5, 47], здійснюється менш ефективно, ніж в інші вікові періоди, становить з цієї точки зору особливий інтерес, зокрема в зв'язку з існуванням думки про те, що ростучий організм являє собою гнучку систему, в тому числі і щодо пристосування до гіпоксемії [30].

Велика частина досліджень і висновки з робіт, присвячених вивченню пристосування тренуваного юнацького організму до гіпоксич-

них умов, оснований на оксигеметричних даних і зводяться до того, що діти-спортсмени краще переносять гіпоксемічні зрушення, ніж їх однолітки, що не займаються спортом [3, 8, 13, 33 та ін.].

Мета нашого дослідження, проведеного під керівництвом А. З. Колчинської, полягала в тому, щоб з'ясувати, наскільки в умовах, що наближаються до умов основного обміну, в юнацькому віці (12—16 років) під впливом спортивного тренування (гребня на байдарці і каное) змінюються зовнішнє дихання, хвилинний об'єм кровообігу (ХОК), кисеньотransпортна функція крові, як саме ці зміни впливають на режим надходження кисню в легені та альвеоли, транспортування кисню кров'ю і його споживання тканинами, як змінюється кисневий режим організму юнаків різного ступеня тренуваності при диханні атмосферним повітрям і при короткочасному вдиханні газових сумішей з 11—12% і 14—15% кисню.

Нами були обстежені: 1) гребці-початківці 12—13 років — 18 чол. (середній вік 12,6 року, поверхня тіла — 1,52 м², вага 49 кг); 2) гребці-початківці 14—16 років — 28 чол. (середній вік — 14,6 року, поверхня тіла — 1,61 м², вага — 54 кг); 3) тренувані гребці такого ж віку — 62 чол. (середній вік — 15,3 року, поверхня тіла — 1,79 м², вага — 65 кг); 4) дорослі спортсмени-гребці — 30 чол. (середній вік — 21,0 рік), поверхня тіла — 1,98 м², вага — 73 кг.

Крім того, частина (14 чол.) юних спортсменів віком 14—15 років була нами обстежена в динаміці на протязі двох років.

Обстеження проводилось після добового відпочинку вранці натще, після попереднього привикання до умов досліду і в дихальній масці. Дихальну криву, дихальний об'єм (ДО) і хвилинний об'єм дихання (ХОД) реєстрували за допомогою контактного газового водяного годинника із записом на кімографі та на стрічці ЕПП-09М2. Взяття проб альвеолярного повітря проводили автоматично (за методом, розробленим А. З. Колчинською, М. М. Середенком і В. Я. Фридлянським). Склад видихуваного та альвеолярного повітря визначали на газоаналізаторі Холдена. Реєстрували пульс. Кров'яний тиск вимірювали за методом Короткова. Систолічний і хвилинний об'єм кровообігу визначали за методом Старра*.

Вміст гемоглобіну встановлювали за допомогою фотоелектричного калориметра. Насичення артеріальної крові киснем, визначуване оксигеметрично, реєстрували на стрічці ЕПП паралельно з показниками зовнішнього дихання протягом усього періоду дослідження. Кисневу ємкість крові визначали на апараті Ван-Слайка.

Обчислення проведені на ЕОМ «Мінськ-22».

Порівняння показників у нетрениованих підлітків 12—13 і юнаків 14—16 років у стані спокою показує, що при близьких величинах загального споживання кисню величина його споживання на 1 кг ваги була трохи більшою у підлітків при практично однаковій величині споживання кисню на 1 м² поверхні тіла (табл. 1).

У нетрениованих підлітків спостерігається також менша абсолютна величина ХОД, дещо більша частота дихання, менші ДО, кількість кисню, що надходить в легені та альвеоли. Крім того, у них відзначаються: більша величина альвеолярної вентиляції щодо ХОД, менше напруження кисню і більше — вуглекислоти в альвеолах, а також більш низький вентиляційний еквівалент.

При диханні сумішшю азоту з 11,5—12,2% кисню у нетрениованих підлітків збільшення ХОД і в меншому ступені альвеолярної вентиляції супроводжувалось чітко вираженим зниженням споживання кисню. Проте відносні величини споживання кисню на 1 кг ваги і на 1 м² поверхні тіла при цьому були не нижче від показників, спостережуваних

* В лабораторіях М. О. Шалкова та І. І. Ліхницької (Н. С. Пугіна, 1966) останнім часом встановлено, що застосування цього методу для визначення ХОК у юнаків і дітей добре корелює з результатами, одержаними за методом Грольмана, якщо замінити коефіцієнти у формулі Старра так, щоб ХОК визначався за формулою: $CO = 40 + 0,5 \text{ ПТ} - 0,6 \text{ ДТ} + 3,2 \text{ віку}$, де CO — систолічний об'єм, ПТ — пульсовий тиск, ДТ — діастолічний тиск.

Таблиця 1
Зміна показників зовнішнього дихання і споживання кисню при вдиханні суміші азоту з 11,5—12,2% кисню (наведені значення $M \pm m$)

Показники	Нетрениовані		Трениовані	
	12—13 років	14—16 років	14—16 років	дорослі

Таблиця 1

Зміна показників зовнішнього дихання і споживання кисню при вдиханні суміші азоту з 11,5—12,2% кисню
(наведені значення $M \pm m$)

Показники	Нетреновані				Треновані			
	12—13 років		14—16 років		14—16 років		дорослі	
	норма	суміш	норма	суміш	норма	суміш	норма	суміш
ХОД ($мл/хв$)	7600 ± 76	9850 ± 140	8350 ± 80	9550 ± 130	6650 ± 72	9780 ± 121	6050 ± 69	7850 ± 108
ХОД ($мл/кг/хв$)	156 ± 3	203 ± 4	154 ± 3	176 ± 4	102 ± 2	150 ± 3	83 ± 2	107,5 ± 3
Частота дихання	17,1 ± 0,4	17,15 ± 0,45	15,3 ± 0,5	16,5 ± 0,4	12,8 ± 0,4	11,8 ± 0,3	8,9 ± 0,3	8,0 ± 0,3
ДО ($мл$)	445 ± 13	570 ± 16	547 ± 12	578 ± 13	520 ± 12	830 ± 14	680 ± 10	983 ± 15
Альвеол. вентил. ($мл$)	4620 ± 62	5000 ± 60	5310 ± 58	5720 ± 53	4380 ± 55	6000 ± 53	4030 ± 49	5650 ± 50
Кількість O_2 , що надійшла в легені ($мл/хв$)	1298 ± 16	915 ± 13	1440 ± 17	960 ± 14	1150 ± 13	940 ± 10	1044 ± 13	723 ± 11
Кількість O_2 , що надійшла в альвеоли ($мл/хв$)	788 ± 10	470 ± 9	910 ± 9	580 ± 8	750 ± 9	581 ± 8	690 ± 9	521 ± 8
Дихальний коефіцієнт	0,85 ± 0,02	1,62 ± 0,08	0,89 ± 0,02	1,36 ± 0,05	0,80 ± 0,02	1,28 ± 0,04	0,84 ± 0,02	1,11 ± 0,04
Споживання O_2 ($мл/хв$)	226 ± 4	152 ± 5	233 ± 5	160 ± 6	230 ± 4	211 ± 5	216 ± 3	203 ± 4
Споживання O_2 ($мл/кг/хв$)	4,65 ± 0,10	3,13 ± 0,11	4,29 ± 0,10	2,95 ± 0,12	3,54 ± 0,08	3,25 ± 0,09	2,96 ± 0,07	2,79 ± 0,08
Споживання O_2 ($мл/м^2/хв$)	149 ± 3	100 ± 3,5	145 ± 3	99,5 ± 4,0	128,5 ± 2	118 ± 2,4	109,5 ± 2	103 ± 2,2
Вентил. еквівалент	31,2 ± 0,7	60,0 ± 1,0	33,0 ± 0,6	54,7 ± 1,1	26,8 ± 0,35	42,5 ± 1,0	26,0 ± 0,3	35,7 ± 0,9
O_2 —ефект дихального циклу, $мл$	13,2 ± 0,4	8,9 ± 0,4	15,2 ± 0,45	9,7 ± 0,4	18,0 ± 0,35	17,9 ± 0,35	24,3 ± 0,45	25,5 ± 0,46
P_{IO_2} ($мм рт. ст.$)	153	84	152	88	152	85,5	152	82
P_{AO_2} ($мм рт. ст.$)	106,2 ± 1,0	53,0 ± 0,75	110,7 ± 1,05	61,3 ± 0,8	102,6 ± 0,75	51,9 ± 0,6	100 ± 0,7	48,4 ± 0,5
P_{ACO_2} ($мм рт. ст.$)	34,1 ± 0,62	31,4 ± 0,55	31,6 ± 0,70	28,8 ± 0,52	36,2 ± 0,54	33,8 ± 0,53	38,6 ± 0,51	34,4 ± 0,50

Примітка: всі об'єми наведені в умовах BTPS.

у дорослих тренуваних людей в стані спокою. В цьому ж випадку у нетрениваних юнаків ми відзначали порівняно менший ступінь збільшення ХОД, деяке почастищення дихання при незначному збільшенні ДО, а також меншу величину P_{aCO_2} і більшу P_{aO_2} .

Організм тренуваних юнаків при диханні атмосферним повітрям споживає стільки ж, або більше кисню, ніж організм їх нетрениваних однолітків. Але розрахунок загального споживання кисню на 1 кг ваги тіла показав, що інтенсивність споживання кисню у тренуваних помітно нижче, ніж у нетрениваних юнаків. Однакове загальне споживання кисню тренуваними підлітками та юнаками і особливо дорослими людьми забезпечувалось найнижчим ХОД при найбільш ощадливому співвідношенні його із спожитим киснем. Під впливом тренування виразно зменшуються: величина ХОД (в розрахунку на 1 кг ваги тіла), частота дихання, парціальний тиск кисню в альвеолах і збільшується P_{aCO_2} .

При диханні гіпоксичною сумішшю показники зовнішнього дихання нетрениваних і тренуваних юнаків також істотно відрізнялись. Відзначалась знижена і менш ефективна реакція зовнішнього дихання по всіх розглядуваних показниках у нетрениваних юнаків, що призводить до більшого зниження споживання кисню при зниженому напруженні CO_2 в альвеолах, незначному поглибленні дихання, відносно невеликому збільшенні альвеолярної вентиляції у порівнянні з тренуваними однолітками (див. табл. 1). Відносні ж кількості ХОД і в меншому ступені альвеолярної вентиляції, як і кількості кисню, що надходить в легені і альвеоли (на 1 кг ваги і 1 м² поверхні тіла), при диханні гіпоксичною сумішшю (як і в стані спокою) лишаються більшими у нетрениваних підлітків і юнаків.

Незважаючи на те, що при диханні гіпоксичною сумішшю у нетрениваних юнаків спостерігається більш виразне зниження споживання кисню, ніж у тренуваних юнаків і дорослих, відносні величини споживання кисню у нетрениваних також лишаються порівняно високими, хоч вони і менші, ніж у тренуваних юнаків.

Різниця в інтенсивності споживання кисню між тренуваними та нетрениваними юнаками і дорослими при диханні атмосферним повітрям та гіпоксичною сумішшю з 11,5—12,2% кисню значною мірою зменшуються.

Як у тренуваних, так і у нетрениваних юнаків при диханні гіпоксичною сумішшю спостерігались «вставні» вдихи. Після дихання сумішшю у всіх обстежуваних, але більшою мірою у менш тренуваних юнаків протягом 2—5 хв спостерігалось зменшення ХОД, частоти і глибини дихання, пов'язане переважно з різним зниженням P_{aCO_2} наприкінці дихання гіпоксичною сумішшю. В зв'язку із значним вимиванням CO_2 і зниженням споживання кисню у нетрениваних підлітків 12—13 і юнаків 14—16 років значно підвищувався дихальний коефіцієнт.

Тренування здійснює чітко виражений вплив на найважливіші показники діяльності серцево-судинної системи підлітків і юнаків. Для тренуваних юних спортсменів, як і для дорослих людей, характерним є повільний ритм серцевих скорочень. У окремих добре тренуваних юних спортсменів частота серцевих скорочень знижувалась до 44—46 ударів на хвилину. У тренуваних юнаків ми відзначали також деяке підвищення як систолічного, так і діастолічного тиску.

В наших дослідженнях у тренуваних підлітків, юнаків і дорослих людей спостерігались менші абсолютні і відносні величини ХОК, пов'язані в основному з брадикардією (табл.2).

Реакція серцево-судинної системи на вдихання суміші азоту

Таблиця 2
Зміна деяких показників гемодинаміки і кисеньтранспортної функції крові при диханні сумішшю азоту з 11,5–12,2% кисню

Показники	Нетреновані				Треновані			
	12–13 років		14–16 років		14–16 років		дорослі	
	норма	суміш	норма	суміш	норма	суміш	норма	суміш
Частота серцевих скорочень	73,4±2,0	95,5±2,6	69,2±1,8	82,0±2,5	58,2±1,6	78,2±2,1	51,0±1,4	56,0±1,5
ХОК (мл/хв)	4480±48	5770±51	4280±45	5610±48	3970±40	5010±47	3190±34	3640±40
ХОК (мл/кг/хв)	92±3	118±4	79±2,5	103±3,4	61±2,6	77±3,2	44±1,8	50±2,5
Серцевий індекс	2,95±0,08	3,79±0,09	2,66±0,07	3,49±0,11	2,22±0,06	2,80±0,08	1,62±0,04	1,84±0,05
Киснева ємкість крові (об.%)	18,36±0,15	18,36	18,84±0,20	18,84	19,45±0,21	19,45	21,50±0,30	21,50
Процент НвО ₂ в артер. крові	96,9±0,35	84,6±0,4	97,0±0,3	89,5±0,5	95,6±0,2	83,2±0,4	94,0±0,18	79,0±0,3
Вміст кисню в артер. крові	17,9±0,12	15,6±0,15	18,24±0,18	16,86±0,21	18,5±0,2	16,15±0,23	20,1±0,24	16,9±0,3
Кількість кисню в артер. крові (мл/хв)	800±10	897±12	780±9	945±13	735±8	812±10	600±9	570±8
Кількість кисню у венозній крові (мл/хв)	574±8	745±9	547±7	785±9	505±7	601±8	385±5	367±5
Гемодинам. еквівалент	19,9±0,3	38,0±0,35	18,4±0,31	35,0±0,39	17,3±0,2	23,8±0,23	14,85±0,2	17,9±0,31
Кисневий ефект серцевих скорочень (мл)	3,08±0,07	1,59±0,04	3,38±0,08	1,95±0,03	3,95±0,09	2,70±0,05	4,25±0,09	3,63±0,07
Відношення альвелярної вентиляції і легеневого кровотоку	0,91±0,03	0,74±0,02	1,14±0,03	0,84±0,03	1,0±0,03	1,05±0,04	1,1±0,04	1,4±0,04

з 11,5—12,2% кисню у підлітків, юнаків і дорослих людей була різною. Як абсолютна, так і відносна величина ХОК, кількості кисню, транспортовані артеріальною і венозною кров'ю, а також частота серцевих скорочень були найбільшими у нетренованих підлітків і юнаків. У них же спостерігався більший гемодинамічний еквівалент, більше зниження кисневого ефекту серцевого скорочення, як і нижче співвідношення альвеолярної вентиляції і легеневого кровоструменя. Водночас найменші показники частоти серцевих скорочень, ХОК, кількостей кисню, транспортованих артеріальною і венозною кров'ю, серцевого індексу і гемодинамічного еквівалента під час дихання гіпоксичною сумішшю були зареєстровані у дорослих тренуваних людей та добре тренуваних юнаків.

У тренуваних юнаків і дорослих спортсменів відзначалось більше зменшення оксигенації артеріальної і венозної крові, яке супроводжується меншим зниженням споживання кисню. При цьому добре підтримується артеріо-венозна різниця, але на більш стрімкій частині кривої дисоціації оксигемоглобіну.

Отже, при диханні гіпоксичною сумішшю з 11,5—12,2% O_2 ефективна вентиляторна реакція організму тренуваних юнаків супроводжувалась аналогічною реакцією серцево-судинної системи. Найбільш ощадливою та узгодженою, а тому і більш ефективною була реакція зовнішнього дихання і кровообігу організму дорослих спортсменів, що й забезпечувало практично незмінний рівень споживання кисню.

Проведене в динаміці на протязі тривалого часу вивчення змін показників зовнішнього дихання, гемодинаміки, а також параметрів кисневого режиму організму в стані спокою і при диханні гіпоксичною сумішшю з 11,5—12,2% кисню в групі юнаків, які систематично тренувались протягом цього періоду, підтвердило одержані нами результати, а також дозволило дістати деяке уявлення про темпи розвитку змін показників зовнішнього дихання, гемодинаміки та енергетичних процесів організму під впливом тренування (табл. 3).

Порівняння реакції організму тренуваних і нетренованих підлітків 14 років на вдихання різних гіпоксичних сумішей вказує на істотну відмінність спостережуваних змін зовнішнього дихання і гемодинаміки (рис. 1).

Так, при диханні гіпоксичною сумішшю з 14,8% кисню у нетренованих підлітків спостерігається значне збільшення ХОД, трохи менше — альвеолярної вентиляції, а також збільшення ХОК і частоти серцевих скорочень, що супроводжується помітним збільшенням споживання кисню. Спостережувана нами реакція збільшення ХОД і альвеолярної вентиляції на більш гостру гіпоксичну суміш (11,6% кисню) у цієї групи обслідуваних дітей була трохи менш вираженою, тоді як частота серцевих скорочень і ХОК збільшилися значно у порівнянні з реакцією на гіпоксичну суміш з 14,8% кисню. Така недосить координована реакція зовнішнього дихання і кровообігу супроводжувалась зменшенням споживання кисню.

Значно більш адекватна та узгоджена реакція систем зовнішнього дихання і кровообігу при вдиханні газових сумішей з різним вмістом кисню спостерігалась у тренуваних юнаків, у яких в обох випадках величина споживання кисню була більш близькою до вихідної.

Якщо кількості (qO_2) і величини парціального тиску кисню (PO_2) зобразити графічно, як це запропонували Н. В. Лауер і А. З. Колчинська (24), то можна побудувати каскади qO_2 і PO_2 , які характеризують загальний кисневий режим організму (рис. 2).

Як видно з наведених каскадів (qO_2) для тренуваного юнацького

організму в стані спокою та альвеоли, тривалості та співвідношенні з

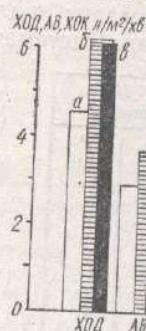


Рис. 1. Зміна показників дихання при вдиханні гіпоксичної суміші.

Відмінності в реакції організму при диханні гіпоксичною сумішшю на різних етапах надходження кисню.

Зміни основних показників кисневого режиму організму при вдиханні суміші азоту з киснем.

Показники

Вік (роки)	...
Поверхня тіла (m^2)	...
Вага (кг)	...
Споживання кисню (ml/kg)	...
Споживання кисню (ml/min)	...
ХОД (ml)	...
ХОД (ml/m^2)	...
ХОД (ml/kg)	...
Альвеол. вентиляція (ml/min)	...
Альвеол. вентиляція (ml/m^2)	...
Частота дихання (дих./хв.)	...
ХОК (ml)	...
ХОК (ml/kg)	...
Частота серцевих скорочень	...
Серцевий індекс	...
Гемодинамічний еквівалент	...
Вентиляційний еквівалент	...
Дихальний коефіцієнт	...
P_{IO_2} (мм рт. ст.)	...
P_{AO_2} (мм рт. ст.)	...
P_{aO_2} (мм рт. ст.)	...
P_{vO_2} (мм рт. ст.)	...
P_{ACO_2} (мм рт. ст.)	...

організму в стані спокою і при диханні гіпоксичною сумішшю характерна значно більш низька інтенсивність надходження кисню в легені та альвеоли, транспорту кисню кров'ю при найбільш ефективному співвідношенні з кількістю споживаного тканинами кисню.

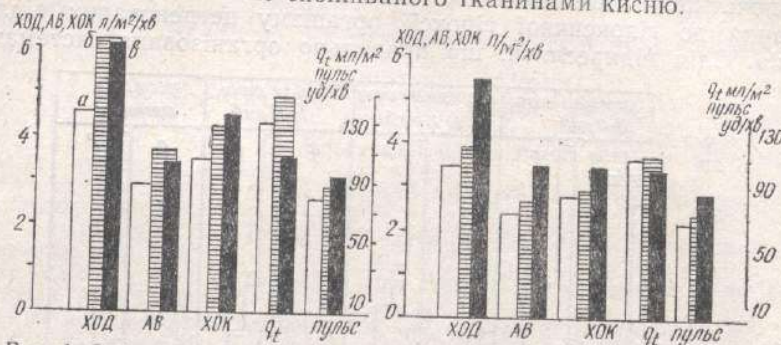


Рис. 1. Зміна під впливом тренування деяких показників зовнішнього дихання, гемодинаміки і споживання кисню:

а — в стані спокою, б — при диханні сумішшю азоту з 14,8% кисню, в — при диханні сумішшю з 11,6% кисню. Ліворуч — нетреновані юнаки 14 років, праворуч — треновані юнаки такого ж віку.

Відмінності в парціальному тиску кисню як в стані спокою, так і при диханні гіпоксичною сумішшю відображають існуючі на різних етапах надходження і транспортування кисню кількісні співвідношен-

Зміни основних показників зовнішнього дихання, гемодинаміки і параметрів кисневого режиму організму юнаків-спортсменів в стані спокою і при диханні сумішшю азоту з 11,5—12,2% кисню під впливом спортивного тренування протягом року

Таблиця 3

Показники	Листопад 1965 р.		Листопад 1966 р.	
	Норма	Суміш	Норма	Суміш
Вік (роки)	14,7		15,7	
Площа тіла (м²)	1,68		1,76	
Вага (кг)	58,2		62,5	
Споживання кисню (мл/кг/хв)	4,29±0,08	2,94±0,04	3,40±0,07	3,12±0,03
Споживання кисню (мл/м²)	134±6	102±4	120±5	110±3
ХОД (мл)	7600±90	8960±121	6450±84	9990±130
ХОД (мл/м²)	4500±64	5320±92	3670±54	5680±98
ХОД (мл/кг)	130±3	154±4	103±2	159±3
Альвеол. вентиляція (мл/хв)	5040±67	5720±42	4090±60	5980±43
Альвеол. вентиляція (мл/м²)	3000±40	3400±29	2320±34	3410±25
Частота дихання (дих/хв)	13,2±0,19	13,4±0,2	12,8±0,2	12,6±0,18
ХОК (мл)	4300±45	4980±49	4170±40	5300±46
ХОК (мл/кг)	74±3	86±3,6	67±2	85±3
Частота серцевих скорочень	63,7±1,0	74,7±1,6	61,3±0,7	81,5±2,0
Серцевий індекс	2,56±0,06	2,96±0,07	2,37±0,04	2,98±0,05
Гемодинамічний еквівалент	19,3±0,2	29,0±0,3	19,5±0,15	27,0±0,2
Вентиляційний еквівалент	31,3±0,6	48,2±0,7	28,3±0,55	47,4±0,75
Дихальний коефіцієнт	0,91±0,03	1,37±0,05	0,81±0,02	1,34±0,06
P _{IO₂} (мм рт. ст.)	153	90,1	152	85
P _{AO₂} (мм рт. ст.)	108,7±1,1	60,9±0,8	102,8±0,9	52,5±0,8
P _{aO₂} (мм рт. ст.)	92±1,0	58±1,3	88±1,1	50±1,5
P _{vO₂} (мм рт. ст.)	36,5±0,6	38,5±0,65	36,4±0,5	33,0±0,7
P _{ACO₂} (мм рт. ст.)	33,1±0,65	30,0±0,50	36,0±0,70	33,7±0,40

ня і свідчать про інші умови надходження, транспортування і споживання кисню в організмі тренуваних юнаків і дорослих людей.

Отже, порівняння кисневих режимів у тренуваних та юних спортсменів-початківців дає можливість відзначити знижену здатність пристосування до гіпоксичної гіпоксії організму нетренираних підлітків і юнаків. Слід підкреслити, що правильно організоване систематичне

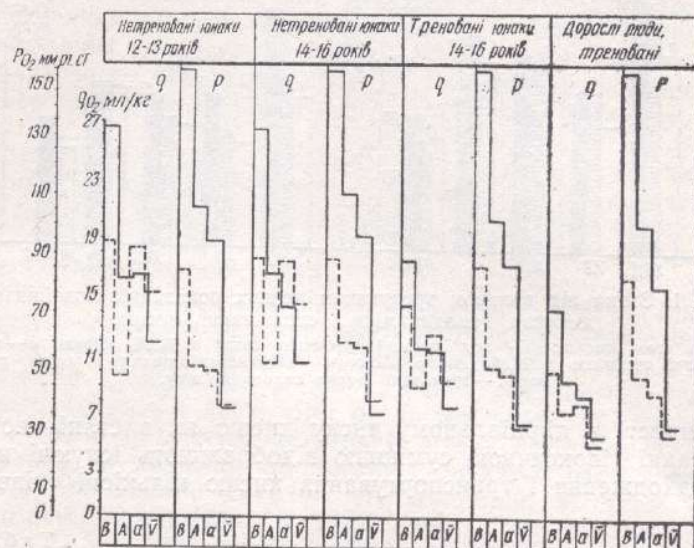


Рис. 2. Зміна парціального тиску кисню (PO_2), а також кількості кисню (qO_2) на 1 кг ваги тіла в різних ланках системи регулювання кисневого режиму організму тренуваних і нетренираних підлітків і юнаків 12—16 років, а також дорослих тренуваних людей в стані спокою (суцільна лінія) і при диханні гіпоксичною сумішшю азоту з 11,6—12,2% кисню (пунктирна лінія)
В — вдихуване повітря, А — альвеолярне повітря, а — артеріальна кров, в — змішана венозна кров.

спортивне тренування в період статевого дозрівання виявляє високі темпи розвитку і великі можливості економізації ефективного перебігу і координації функцій зовнішнього дихання і кровообігу в стані спокою і при гіпоксичних умовах.

Література

1. Александров А. Ф., Егоров П. И.—Труды Воен.-мед. академии, Л., 1938, 16; В сб.: «Кислородное голодание», Л., 1939.
2. Аллик Т. А., Коробков А. В.—Материалы симпозиума: Гипоксия при мышечной деятельности, Алма-Ата, 1965.
3. Волков В. М., Кузьмин В. В.—Труды Смоленского ин-та физ. культуры, 1958, 2, 86.
4. Гандельсман А. Б.—Пленум комиссии по вопр. физиол. спорта, К., 1957, 28.
5. Гандельсман А. Б., Грачева Р. П., Прокопович Н. Б.—Физиол. журн. СССР, 1960, 46, 7, 851.
6. Гандельсман А. Б., Прокопович Н. Б.—Журн. высшей нервной деят., 1962, 2, 223.
7. Гандельсман А. Б.—Координация двигат. и вегет. функций при мышечной деят. человека, М.—Л., 1965, 44.
8. Гандельсман А. Б., Грачева Р. П., Прокопович Н. Б.—Труды 4-ой научн. конфер. по возр. морфол., физиол. и биохимии, М., 1960, 150.
9. Гельман И. Г., Браун С. Б.—В кн.: Материалы клиники по возр. патофизиол., М., 1937, 43.

10. Гельфа 328.
11. Дембо А. 1958, 77.
12. Дембо А. 1958, 77.
13. Дмитриев 1966.
14. Зимкин 1966.
15. Зимкин 1966.
16. Колчинс 1966.
17. Колчинс 1966.
18. Колчинс 1966.
19. Колчинс 1966.
20. Коробков 1966.
21. Крепс Е. 1966.
22. Лауэр Н. 1966.
23. Лауэр Н. 1966.
24. Лауэр Н. 1966.
25. Лауэр Н. 1966.
26. Лауэр Н. 1966.
27. Ли Л. А.— 1966.
28. Летунов 1966.
29. Маслов М. 1966.
30. Мешалкин 1966.
31. Сиротинин 1966.
32. Советов С. 1966.
33. Соснауск 1966.
34. Стрельцо 1966.
35. Уголбаев 1966.
36. Шалков Н. 1966.
37. Яковлев Н. 1966.
38. Armstrong 1966.
39. Brody S.— 1966.
40. Du Bois E. 1966.
41. Grandpierre 1966.
42. Holt u. Fal 1966.
43. Hurtado A. 1966.
44. Jöbsis F. F. 1966.
45. Kaup J. u. 1966.
46. Kleiber M.— 1966.
47. Rowell L. F. 1966.
48. Talbot F. B. 1966.

10. Гельфанд А. М.—Серд.-сосуд. сист. в подростк. и юнош. возр. Дисс., М., 1944, 328.
11. Дембо А. Г., Бутченко Л. А.—Труды 14 Всесоюзн. съезда терапевтов, М., 1958, 77.
12. Дембо А. Г., Тесленко Ж. А., Тюрин А. М.—Кислородный режим организма и его регулирование, 1966, 93.
13. Дмитриев Е. И.—Матер. 8-й научн. конфер. по возр. морфол., физиол. и биохимии, 1967, 124.
14. Зимкин Н. В.—Физиол. журн. СССР, 1961, 47, 6, 741.
15. Зимкин Н. В., Коробков А. В.—Теор. и практ. физ. культ., 1960, 23, 5, 348.
16. Колчинская А. З.—Недост. кислор. и возраст, 1964, 92, 94.
17. Колчинская А. З.—в кн.: Новое в физиол. и патол. дых., М., 1961, 102; в кн.: Кислор., недост., К., 1963, 42.
18. Колчинская А. З.—в сб.: Акклимат. и тренировка спортсменов в горной местности, 1965, 53.
19. Колчинская А. З.—Труды 5-ой научн. конфер. по возр. морфол., физиол. и биохимии, 1962, 172.
20. Коробков А. В. и сотр.—в кн.: 10-й съезд Всесоюзн. физиол. об-ва им. И. П. Павлова, М.—Л., 1964.
21. Крепс Е. М.—Оксигеометрия, 1959, 222.
22. Лауэр Н. В.—в кн.: Кислородная недост., 1963, 34; Матер. 8 научн. конфер. по возр. морфол., физиол. и биохимии, 1967, 222.
23. Лауэр Н. В.—в сб.: Акклимат. и тренировка спортсменов в горной местности, 1965, 56.
24. Лауэр Н. В., Колчинская А. З.—Физиол. журн. АН УРСР, 1965, 7, 289.
25. Лауэр Н. В., Колчинская А. З.—Регул. вегет. и анимальн. функций в онтогенезе, 1966, 81.
26. Лауэр Н. В., Колчинская А. З.—Матер. 7-й конфер. по возр. морфол., физиол. и биохимии, М., 1965, 364.
27. Ли Л. А.—Матер. 8-й научн. конфер. по возр. морфол., физиол. и биохимии, 1967, 234.
28. Летунов С. П.—в сб.: Акклимат. и тренировка спортсменов в горной местности, 1965, 81.
29. Маслов М. С.—Учебник детских болезней, 1953, 512.
30. Мешалкин Е. Н., Окунева Г. Н., Кириченко М. Н., Илюхина Л. Б., Вологодская М. Е., Аверко Н. Н.—в сб.: Пробл. возр. физиол. и патофизиол. серд.-сосуд. сист., М., 1966, 130.
31. Сиротинин Н. Н.—в сб.: Акклимат. и тренировка спортсменов в горной местности, 1965, 81.
32. Советов С. Е.—Анатомо-физиол. особ. и индивид. гигиена детей и подростков, М.—Л., 1948, 166.
33. Соснаускайте Е. П.—Применение оксигеомгр. пневмогр. в оценке функций. сост. орг. школьников, Автореф. дисс., Л., 1959.
34. Стрельцов В. В.—Клин. мед. 1941, 17, 19.
35. Уголбаева И. С.—Матер. 8-й научн. конфер. по возр. морфол., физиол. и биохимии, 1967, 403.
36. Шалков Н. А.—Вопросы физиол. и патол. дых. у детей, М., 1957.
37. Яковлев Н. Н.—Очерки по биохимии спорта, М., 1955.
38. Armstrong H. G.—Principles and Practice of Aviation medicine, 1943, 271.
39. Brody S.—Bioenergetics and growth, New-York: Reinhold, 1945.
40. Du Bois E. F.—Basal Metabolism in Health and Disease, Philadelphia, 1936.
41. Grandpierre J., Lemaire R., Baquenier-Desormeaux L.—Med. Aeronaughtique, Paris, 1952, 1, 3, 7.
42. Holt u. Fales.—Amer. J. Dis. Childr., 1921, 21.
43. Hurtado A.—Am. J. Med. Sc., 1937, 194, 708.
44. Jöbsis F. F.—Respiration, 1964, 1, 66.
45. Kaup J. und Fürst Th.—Körperverfassung und Leistungskraft jugendlicher., 1930, 310.
46. Kleiber M.—The Fire of Life, New-York, 1961.
47. Rowell L. B., Taylor H. L., Wang J., Carlson W.—J. Appl. Physiol., 1964, 2, 19, 284.
48. Talbot F. B.—Physiol. Review, 1925, 5, 477.

Надійшла до редакції
3.V 1967 р.

Изменения внешнего дыхания, кислородтранспортной функции крови и параметров кислородного режима юношеского организма при гипоксической гипоксии

В. С. Мищенко

Отдел возрастной физиологии Института физиологии
им. А. А. Богомольца АН УССР, Киев

Резюме

По показателям внешнего дыхания, гемодинамики и кислородтранспортной функции крови в статье рассматриваются особенности реакции организма периода полового созревания (12—16 лет) на кратковременное вдыхание гипоксической смеси азота с 11—12% и 14—15% кислорода, изменения реакции на кислородную недостаточность под влиянием систематической спортивной тренировки в этом возрасте. Приводятся данные о том, как при этом изменяется общий кислородный режим организма.

Выявлены различия реакции на кислородную недостаточность юношей и взрослых людей, а также зависимость этой реакции от степени физической тренированности. Подчеркнута зависимость степени изменения изучаемых показателей при вдыхании гипоксических смесей от их уровня в состоянии покоя.

Показатели внешнего дыхания нетренированных и тренированных юношей и взрослых людей при дыхании смесью азота с 11,5—12,2% O_2 существенно отличались. Для нетренированных юношей была характерна сниженная и менее эффективная реакция внешнего дыхания по всем рассматриваемым показателям, что приводило к большему снижению потребления O_2 при более низком напряжении CO_2 в альвеолах, незначительном углублении дыхания, относительно небольшом увеличении альвеолярной вентиляции по сравнению с тренированными сверстниками. Относительные величины минутного объема дыхания и в меньшей степени альвеолярной вентиляции, как и количества O_2 , поступающего в легкие и альвеолы (на 1 кг веса и 1 м² поверхности тела), при дыхании гипоксической смесью, как и в покое, остаются большими у нетренированных подростков и юношей. При этом различия в потреблении O_2 между тренированными и нетренированными юношами и взрослыми по сравнению с состоянием покоя в значительной степени уменьшаются.

При вдыхании гипоксической смеси как абсолютная, так и относительные величины МОК, количества O_2 , транспортируемые артериальной и венозной кровью, а также частота сердечных сокращений были наибольшими у нетренированных подростков и юношей. У них же наблюдался больший гемодинамический эквивалент, большая степень снижения кислородного эффекта сердечного сокращения, как и более низкая величина альвеолярной вентиляции по отношению к легочному капиллярному кровотоку по сравнению с тренированными сверстниками и, особенно, взрослыми тренированными людьми.

Изучение рассматриваемых показателей у одной и той же группы юношей 14—16 лет в покое и при дыхании гипоксической смесью в динамике в течение года позволило получить некоторое представление о темпах развития наблюдаемых под влиянием тренировки изменений.

Сравнение реакции организма подростков 14 лет на вдыхание гипоксических смесей с различным содержанием O_2 (рис. 1) указывает на значительно более адекватную и согласованную реакцию систем внешнего дыхания и кровообращения тренированных подростков, во всех случаях сопровождающуюся наиболее близкой к исходной величиной потребления O_2 .

Более высокая эффективность дыхания и кровообращения, как и более высокая емкость крови, приводят к тому, что весь кислородный режим тренированного организма как в покое, так и при дыхании гипоксическими смесями, становится более эффективным. Для тренированного юношеского организма при гипоксических условиях, как и в состоянии покоя, характерна значительно более низкая интенсивность поступления O_2 в легкие и альвеолы, транспорта кислорода кровью (см. рис. 2, каскад qO_2), при наиболее экономном соотношении с количеством потребляемого тканями кислорода. Условия (см. рис. 2, каскад PO_2) поступления, транспорта O_2 и его использование тканями улучшаются.

Change in the External Respiration, Oxygen Transport Function of the Blood and Oxygen Regime Parameters of Youthful Organism at Hypoxial Hypoxia

V. S. Mishchenko

Division of age physiology, the A. A. Bogomoletz Institute, Academy of Sciences, Ukrainian SSR, Kiev

Summary

The author studied in 138 youths aged 12—16 and adult people trained to various degree under the dormancy and respirating hypoxial mixtures with various oxygen content, the pulmonary ventilation, frequency and depth of respiration, alveolar ventilation, oxygen volume of blood, saturation of arterial blood with oxygen, frequency of cardiac contractions, minute circulating blood volume and parameters of oxygen regime of the organism (PO_2 of the inspired and alveolar air, arterial and venous blood, the quantity of oxygen entering into the lung and alveoli, transported by arterial and venous blood per unit of time and consumed by the organism during the same time).

The conclusion is drawn that the training leads to a more rapid development of the physiological systems involved in the regulation of the oxygen regime of the organism, to an earlier rise in the efficiency and economy of the oxygen regime, to a more effective utilization of oxygen for the trained youthful and adult organism the great magnitude is also typical of the alveolar ventilation in relation to the pulmonary capillary blood flow, as well as somewhat lower magnitudes of PO_2 in the alveolar air, arterial and venous blood, in all the cases being accompanied by more close magnitude of oxygen consumption to initial one.

ной
ма
сии

ной функ-
иода поло-
смеси азота
статочность
Приводятся
изма.
ей и взрос-
рованности.
и вдыхании

юношей и
отличались.
активная ре-
приводило к
альвеолах,
альвеоляр-
ные вели-
иляции, как
поверхности
ми у нетре-
между тре-
состоянием

ные вели-
ью, а так-
подростков
т, большая
более низкая
ному крово-
ми трениро-

еюшей 14—
те года по-
и под влия-

ических сме-
адекватную
нированных
одной вели-

более высокая
инного орга-
ся более эф-
их условиях,
ость поступ-
каскад (qO_2),
ми кислоро-
использование