

Зміни зовнішнього дихання, кисеньтранспортної функції крові і параметрів кисневого режиму юнацького організму під впливом тренування

В. С. Міщенко

Лабораторія вікової фізіології

Інституту фізіології ім. О. О. Богомольця Академії наук УРСР, Київ

У більшості досліджень, присвячених вивченню впливу тренування на організм, відзначається, що в результаті тривалого спортивного тренування у людей середнього віку зменшується частота серцевих скорочень, збільшується систолічний об'єм, зменшується хвилинний об'єм серця, швидкість кровоструменя, артеріальний тиск, підвищується життєва ємкість легень, уповільнюється і поглиблюється дихання, дещо зменшується легенева вентиляція, споживання O_2 і основний обмін [3, 11, 12, 14, 15, 21, 22, 28, 31, 32, 34, 35, 36, 39].

Деякі автори відзначають відсутність істотних відхилень легеневої вентиляції, більшості гемодинамічних показників, споживання кисню спортсменами [4, 23], інші вказують на підвищення артеріального тиску. Є праці, в яких відзначена залежність згаданих змін від інтенсивності і спрямованості тренування [9, 10, 13].

Водночас в літературі майже нема даних щодо змін зовнішнього дихання, гемодинаміки, енергетичних процесів дитячого та юнацького організмів від ступеня натренованості та спортивної спеціалізації.

Найвні дані щодо змін зовнішнього дихання і кровообігу у дорослих та у юних спортсменів під впливом тренування не висвітлюють того, як саме ці зміни впливають на режим надходження кисню в легені, алвеоли, транспорт його кров'ю і загальне споживання організмом. Іншими словами, літературні дані не відповідають на питання, як в результаті тренування разом зі зміною функції основних систем, які беруть участь в регуляції газообміну, змінюється кисневий режим організму [24, 25].

Згадані питання становлять особливий інтерес для оцінки впливу тренування на юнацький організм в зв'язку з тим, що в період статевого дозрівання адаптація до гіпоксичних умов [18, 19] і гіпоксемії, що виникає при руховій діяльності [6, 7, 41], відбувається інакше, ніж в інші вікові періоди, юнацький організм більш чутливий до гіпоксії, ніж організм дорослого або дитини.

Дослідження гребців становлять особливий інтерес в зв'язку з тим, що юнаки-гребці в 15—16 років іноді в 14 років, в результаті інтенсивного тренування здатні переносити значні тренувальні і змагальні навантаження. Крім того, інтенсивна гребня може створювати гіпоксичні умови, тому що обмежуються можливість максимального збільшення вентиляції і об'єму кожного дихального руху внаслідок складності фор-

мування координаційних взаємовідношень між рухами і диханням [8] (ритм гребні нав'язує певний ритм і частоту дихання).

Мета нашого дослідження, проведеного під керівництвом А. З. Колчинської, з'ясувати, наскільки в юнацькому віці під впливом спортивного тренування змінюється зовнішнє дихання, хвилинний об'єм кровообігу, киснева ємкість крові, як саме ці зміни впливають на режим надходження кисню в легені і альвеоли, транспорт O_2 кров'ю і споживання його тканинами, тобто наскільки в результаті тренування змінюється кисневий режим організму в цілому.

У спортсменів-гребців 14—17 років різного ступеня тренуваності вивчали: а) показники зовнішнього дихання — хвилинний об'єм (ХОД), дихальний об'єм (ДО), частоту, характер дихальної кривої, величину фізіологічного мертвого дихального простору (ФМДП), альвеолярну вентиляцію (АВ), склад вдихуваного і альвеолярного повітря, дихальний коефіцієнт; б) споживання кисню і основний обмін; в) кількість гемоглобіну, кисневу ємкість крові, насичення артеріальної крові киснем; г) частоту серцевих скорочень, систолічний (СТ) і діастолічний (ДТ) тиск, систолічний об'єм (СО), хвилинний об'єм кровообігу (ХОК); д) параметри кисневого режиму організму: парціальний тиск (p_{O_2}) вдихуваного (p_{iO_2}), альвеолярного (p_{AO_2}) повітря, артеріальної (p_{AO_2}) і змішаної венозної крові (p_{vO_2}), кількість кисню (q_{O_2}), що надходить за хвилину до легень (q_{iO_2}), до альвеол (q_{AO_2}), що транспортується артеріальною (q_{AO_2}), змішаною венозною (q_{vO_2}) кров'ю і споживається організмом (q_{tO_2}).

Дослідження провадилися в умовах дитячого спортивного табору в м. Києві. Всього обслідувано 60 осіб, з них: 24 спортсмени 16—17 років, I і II спортивного розряду (I група), 26 спортсменів 14—15 років II і III спортивного розряду (II група), 10 спортсменів-початківців 14—15 років (III група). По показниках росту і ваги обслідувані характеризувалися так:

	I група	II група	III група
Вага (кг)	$68 \pm 4,5$	$60,1 \pm 5,4$	$54,4 \pm 4,3$
Зріст (см)	$176 \pm 3,2$	$171,8 \pm 3,6$	$166,0 \pm 3,9$

Всіх обслідуваних обстежували після добового відпочинку вранці, натще, в умовах, наближених до умов дослідження основного обміну. Вимірювання здійснювалися після попереднього при звичування до умов досліду і до дихальної маски. Дихальну криву, ДО і ХОД реєстрували з допомогою контактного газового водяного годинника із записом на кімографі і на стрічці ЕПП-09М2. Проби альвеолярного повітря забирали автоматично апаратом, розробленим А. З. Колчинською, М. М. Середенком і В. Я. Фридлянським. Склад видихуваного і альвеолярного повітря визначали на газоаналізаторі Холдена. Реєстрували пульс. Кров'яний тиск вимірювали за методом Короткова. Систолічний і хвилинний об'єми кровообігу визначали за методом Старра*. Вміст гемоглобіну визначали з допомогою фотоелектричного колориметра. Насичення артеріальної крові киснем, визначуване оксигеметрично, реєстрували на стрічці ЕПП паралельно з показниками зовнішнього дихання протягом усього часу дослідження.

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

Результати досліджень

Порівняння груп натренованих спортсменів і початківців показує, що загальне споживання O_2 у тренуваних, незважаючи на їх більшу вагу, було меншим, ніж у спортсменів-початківців. Відмінність у споживанні O_2 особливо була виражена при обчисленні загального споживання на kg ваги тіла. Групи натренованих юнаків 16—17 і 14—15 років відрізнялись тим, що значно менша величина загального споживання O_2 у 14—15-річних спортсменів супроводжувалась лише дещо більш високими показниками споживання O_2 на kg ваги тіла:

	I група	II група	III група
загальне споживання O_2 (мл)	254±20	229,5±23	264±25
споживання O_2 на kg ваги (мл)	3,7±0,35	3,82±0,40	4,85±0,52
дихальний коефіцієнт	0,8±0,06	0,83±0,05	0,86±0,06

Тоді як величина споживання O_2 на kg ваги тіла спортсменів-початківців близька до наведених в літературі даних для дітей цього віку, які не займаються спортом [19, 33], споживання O_2 на kg ваги тіла натренованих юнаків значно нижче, ніж у тренуваних та нижче наведених в літературі для юних бігунів і плавців (2, 27, 33) і наближаються до показників дорослих спортсменів (1, 11, 20).

Відповідно до цього ми відзначили більш низькі показники основного обміну у натренованих гребців (I і II групи):

	I група	II група	III група
основний обмін (ккал на добу)	1764±96	1594±84	1837±98
в % від норм Гаріса—Бенедикта	-5,0±3,4	-11,5±4	+10,6±5

Зіставлення одержаних показників з нормами Гаріса-Бенедикта показує, що у тренуваних спортсменів основний обмін перебуває в нижніх межах норми, тоді як у мало тренуваних юнаків — у верхніх її межах. У добре тренуваних 14—15-річних гребців спостерігається значно більше зниження і більш низька абсолютна величина основного обміну.

Як показали наші дослідження, споживання O_2 у 16—17-річних натренованих спортсменів забезпечувалось самим низьким ХОД. Порівняння 14—15-річних натренованих і мало тренуваних юних гребців показує, що при чітко меншій величині ХОД у натренованих юнаків споживання кожного $мл$ O_2 забезпечується практично однаковою кількістю вдихуваного повітря, на відміну від більш економного співвідношення у спортсменів 16—17 років:

	I група	II група	III група
ХОД (мл)	6175±610	6500±630	7400±580
ХОД на kg ваги (мл)	90±9	108±10	137±11
ХОД / $q_t O_2$ (мл)	24,3±2,5	28,1±2,4	28,2±2,5
частота дихань	11,0±2,2	13,0±2,5	16,2±3,2
ДО (мл)	562±145	500±140	456±135
кисневий ефект дихального циклу (мл)	23,1±2,7	17,6±2,0	16,2±2,1
кількість O_2 , що надходить у легені ($q_l O_2$, мл)	1160±130	1220±136	1380±122

Особливо чітко зменшується відносна величина ХОД (на kg ваги) під впливом тренування. У натренованих юнаків вона менше самих низьких показників, наведених в літературі для дітей цього віку [33], у 16—17-річних спортсменів ХОД на kg ваги тіла наближається до наведених для дорослих людей [34, 38]. Одержані показники ХОД натре-

нованих юнаків забезпечувались рідкішим диханням при більшій його глибині, величини яких у 16—17-річних юнаків перебувають в межах показників, спостережуваних у дорослих спортсменів [17, 22], в ряді випадків досягаючи шість—вісім дихань на хвилину.

Як відомо, найважливішим показником зовнішнього дихання є альвеолярна вентиляція, тому що лише з альвеол кисень дифундує в кров.

В літературі майже нема даних щодо змін АВ і ФМДП під впливом спортивного тренування.

Порівняння груп натренованих юнаків по цих показниках показує, що у старших і краще тренованих гребців 16—17-річного віку спостерігаються найсприятливіші співвідношення — менше ФМДП при більшій глибині дихання, дещо більша АВ при меншому ХОД, краще співвідношення АВ і ХОД:

	I група	II група	III група
АВ (мл)	4570±360	4550±320	5100±340
ФМДП (мл)	146±16	150±19	145±14
АВ/ХОД (%)	75±3	71±2,5	69±2,8
кількість O ₂ , що надходить в альвеоли— $q_A O_2$ (мл)	857±71	852±73	950±78

Спортсмени-початківці відрізняються по цих самих показниках від своїх тренованих однолітків, переважно, більшою АВ, пов'язаною із значно більшим ХОД, при гіршому співвідношенні АВ і ХОД, більшою кількістю O₂, що надходить в альвеоли. При меншому ХОД, завдяки більшій щодо ХОД величині АВ, кількість O₂, що надходить в альвеоли, у тренованих гребців 16—17 років дещо більша, ніж у тренованих 14—15-річних юнаків.

Дослідження складу альвеолярного повітря дозволяє відзначити відмінність між тренованими спортсменами і гребцями-початківцями за величиною парціального тиску O₂ і CO₂ в альвеолах:

	I група	II група	III група
$P_A O_2$ (мм рт. ст.)	110,03±3,8	112,1±3,2	118,5±2,9
$P_A CO_2$ (мм рт. ст.)	38,16±1,8	36,5±2	31,71±1,3

Таким чином під впливом тренування відбувається більш швидке наближення парціального тиску кисню і вуглекислоти в альвеолах до норм дорослої людини. Особливо чітко це помітно при порівнянні 14—15-річних тренованих і малотренованих юнаків.

Отже, при тому, що загальна кількість O₂, що надходить у легені (і меншою мірою в альвеоли) з вдихуванням повітрям у тренованих юнаків менша, ніж у спортсменів-початківців, використання O₂ у тренованих виявляється більшим. Таким чином, зовнішнє дихання під впливом тренування стає більш ефективним.

Тренування справляє чітко виражений вплив на найважливіші показники діяльності серцево-судинної системи. Так, для тренованих юнаків обох вікових груп характерна виразна брадикардія — 57±4,4 уд/хв і 58,5±4,7 уд/хв. У окремих добре тренованих гребців частота серцевих скорочень знижувалась до 46—48 уд/хв. Водночас у гребців-початківців 14—15 років частота серцевих скорочень становила 68,7±±5,3 уд/хв, при зареєстрованій найменшій її величині — 54 уд/хв, що також перебуває в нижніх межах норм для цього вікового періоду.

У тренованих юнаків відзначено деяке підвищення як систолічного, так і діастолічного артеріального тиску:

	I група	II група	III група
СТ (мм рт. ст.)	117,3±8,1	106,7±7,3	102,0±5,3
ДТ (мм рт. ст.)	72,2±6,5	64,2±7,1	58,8±4,2

При цьому не відзначено досить чітких відмін у величині систолічного об'єму (58—84 мл) у досліджуваних усіх груп. Середня величина систолічного об'єму близька до показників, спостережуваних у юних бігунів і лижників [29, 33].

Деякі автори у дорослих людей відзначили зниження ХОК у стані спокою під впливом тривалого спортивного тренування [21, 32, 36 та ін.].

У наших дослідженнях у тренуваних юнаків також відзначені менші показники ХОК, пов'язані, переважно, з брадикардією:

	I група	II група	III група
ХОК (мл)	4074±180	4300±195	5250±204
ХОК на кг ваги (мл)	60,0±4,1	70,0±4,8	99,0±6,0
кисневий ефект серцевого скорочення (мл)	4,45±0,4	3,93±0,38	3,83±0,38
ХОК/споживання O ₂	16,0±1,8	18,7±1,6	20,0±1,9

Спостережуваний ХОК як за абсолютною величиною, так і віднесений на кг ваги тіла тренуваних гребців перебуває в межах показників, наведених для дорослих спортсменів, які тренуються на витривалість [4, 28, 30]. Водночас аналогічні показники гребців-початківців близькі до даних, наведених для 14—15-річних бігунів і баскетболістів [16, 29].

У тренуваних юнаків відзначався дещо збільшений вміст Нb, збільшена киснева ємкість крові і вміст O₂ в крові:

	I група	II група	III група
Нb (г%)	14,89±0,45	14,39±0,41	14,22±0,48
киснева ємкість крові (об %)	19,95±0,48	19,28±0,46	19,05±0,51
вміст O ₂ в артеріальній крові (об %)	19,05±0,46	18,42±0,44	18,37±0,49

Незважаючи на кращі кисеньзв'язуючі властивості крові, кількість кисню, що транспортується артеріальною і венозною кров'ю тренуваних юнаків, менша, що пов'язано в першу чергу з великою різницею в ХОК:

	I група	II група	III група
кількість O ₂ в артеріальній крові (мл)	764±64	780±70	920±76
pO ₂ артеріальної крові (мм рт. ст.)	80—100	80—100	80—100
кількість O ₂ венозної крові (мл)	510±56	550±61	656±69
парціальний тиск O ₂ венозної крові (мм рт. ст.)	30—37	31—37	35—44

Особливо велика відмінність у кількостях кисню, що транспортується артеріальною і змішаною венозною кров'ю у тренуваних гребців і спортсменів-початківців 14—15 років. У юного спортсмена-початківця для забезпечення необхідного споживання O₂ порівняно з тренуваним юнаком у стані спокою транспортується значно більший запас кисню.

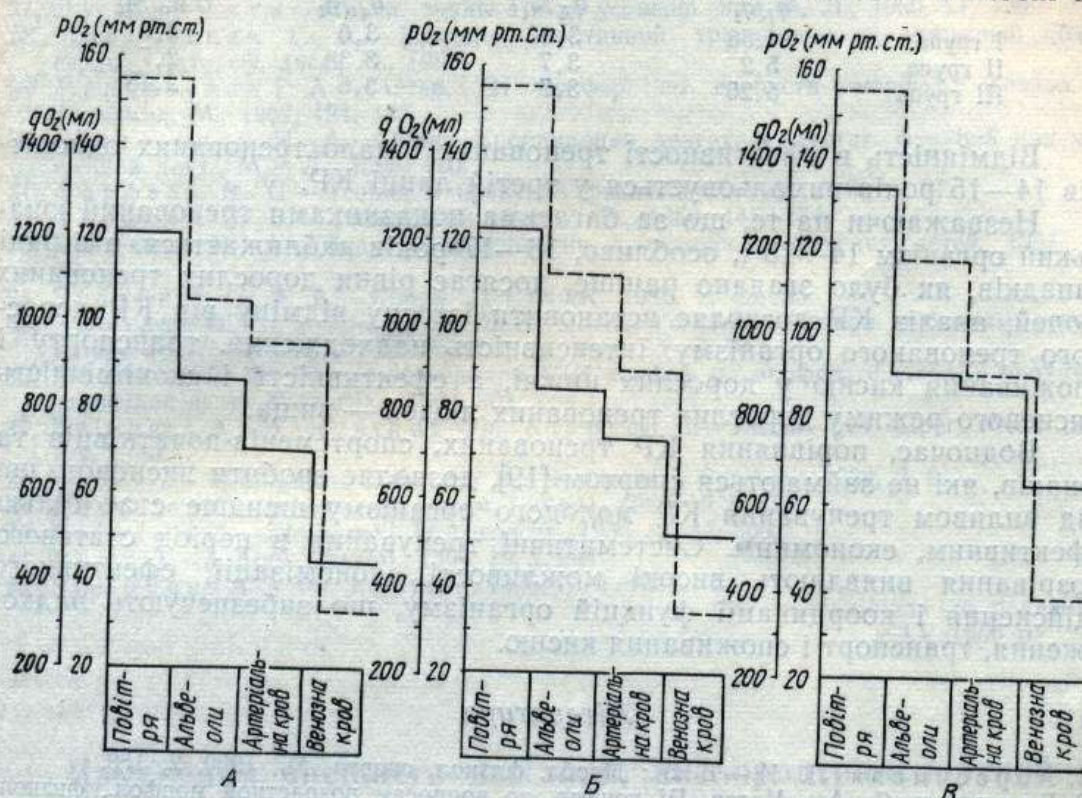
Отже, транспорт O₂ кров'ю значно економніше здійснюється в організмі тренуваних юнаків за рахунок меншого ХОК, тобто менш напруженої роботи серця. Про це свідчить і менша кількість циркулюючої крові, що припадає на одиницю спожитого O₂, і більший кисневий ефект серцевого скорочення.

Насичення артеріальної крові O₂ перебувало в межах нормальних

величин як у тренованих (94,0—97,5%), так і у спортсменів-початківців (96,0—97,5%).

Якщо згадані величини кількостей і парціального тиску O_2 зобразити графічно, то можна побудувати каскади qO_2 і pO_2 , що характеризують загальний кисневий режим організму [24, 25].

Як видно з наведених каскадів, для тренованого юнацького організму характерний менший загальний рівень O_2 , що надходить в легені та



Зміна pO_2 (пунктирна лінія) і qO_2 (суцільна лінія) у різних ланках КР у юнаків різного ступеня натренованості.

А — добре тренований юнак 17 років; Б — добре тренований юнак 15 років; В — спортсмен-початківець 14 років. 1 — повітря, 2 — альвеоли, 3 — артеріальна кров, 4 — венозна кров.

альвеоли або транспортується артеріальною і венозною кров'ю, при тій самій кількості спожитого кисню. Каскади кількостей O_2 у тренованих і гребців-початківців відрізняються меншою відмінністю в кількостях O_2 між ступенями «легені» і «альвеоли». У добре тренованих гребців відзначається також більша артеріо-венозна різниця парціальних тисків, що забезпечує кращу утилізацію кисню кров'ю тканинних капілярів.

Віднесені на кг ваги кількості кисню дозволяють відзначити більш низьку інтенсивність надходження O_2 в легені, альвеоли, транспорт O_2 кров'ю добре тренованих юнаків 16—17 років:

	$q_1/\text{кг}$	$q_A/\text{кг}$	$q_a/\text{кг}$	$q_v/\text{кг}$
I група	17,1	12,6	11,2	7,5
II група	20,0	14,1	12,8	9,1
III група	25,5	17,6	16,9	12,1

Якщо порівняння величин споживання O_2 на кг ваги не виявляє істотних відмінностей між тренованими юнаками 16—17 та 14—15 років, то запропонований аналіз інтенсивності КР в усіх ланках чітко

виявляє ці відмінності. Знижена інтенсивність споживання O_2 та його доставки зумовлює менші енергетичні витрати тренованого організму в спокої.

Співвідношення кількостей кисню у кожній ланці КР з спожитою кількістю O_2 свідчить про те, що ефективність КР у тренованих юнаків підвищується:

	q_1/q_t	q_A/q_t	q_a/q_t	q_v/q_t
I група	4,58	3,36	3,0	2,0
II група	5,2	3,7	3,38	2,7
III група	5,26	3,7	3,5	2,48

Відмінність в ефективності тренованих і мало тренованих однолітків 14—15 років вимальовується у третій ланці КР.

Незважаючи на те, що за багатьма показниками тренований юнацький організм 14—15 і, особливо, 16—17 років наближається, а в ряді випадків, як було згадано раніше, досягає рівня дорослих тренованих людей, аналіз КР дозволяє встановити істотну відміну від КР дорослого тренованого організму: інтенсивність надходження, транспорту і споживання кисню у дорослих нижчі, а ефективність і економічність кисневого режиму дорослих тренованих людей — вища.

Водночас, порівняння КР тренованих, спортсменів-початківців та юнаків, які не займаються спортом [19], дозволяє зробити висновок, що під впливом тренування КР молодого організму швидше стає більш ефективним, економним. Систематичні тренування в період статевого дозрівання виявляють високі можливості економізації, ефективного здійснення і координації функцій організму, що забезпечують надходження, транспорт і споживання кисню.

Література

1. Абросимова Л. И.—В кн.: Пробл. физиол. спорта, М., 1960, 2, 180.
2. Бакулин С. А.—Матер. IV конфер. по вопросам возрастной морфол., физиол. и биохимии, М., 1959, 30.
3. Васильева В. Е.—Спортивная гипотония. Автореф. дисс., М., 1963.
4. Васильева В. В.—В кн.: Физиол. механизмы двигат. и вегетат. функций, М., 1965, 142.
5. Вольнов В. И.—В кн.: Клинико-физиол. методы исслед. спортсменов, Л., 1958, 313.
6. Гандельсман А. Б.—Ученые записки ГДОИФК, 1958, 6, 293.
7. Гандельсман А. Б., Грачева Р. П., Прокопович Н. Б.—Матер. IV конфер. по возрастн. морфол., физиол. и биохимии, М., 1959, 84.
8. Гандельсман А. Б.—В кн.: Координация двигат. и вегетат. функций при мышечной деят., М.—Л., 1965, 59.
9. Гиппенрейтер Б. С.—Матер. VIII конфер. по морфол., физиол. и биохимии мышечной деят., М., 1964, 303.
10. Горкин М. Я.—Конфер. по биол. обоснованию вопросов спорт. тренировки. Тезисы, К., 1966, 16.
11. Горяная Г. А.—Некоторые показатели адаптации спортсменов к горным условиям. Автореф. дисс., К., 1966.
12. Дембо А. Г., Тюрин А. М.—Кардиология, 1961, 4, 74.
13. Єременко Н. П.—Укр. біохім. журн., 1959, 31, 1, 89.
14. Зимкин Н. В.—В кн.: Физиол. основы физич. культуры и спорта, М.—Л., 1955, 140.
15. Карпенко Л. И.—Теория и практика физич. культуры, 1964, 3, 32.
16. Кару Т. Э.—Теория и практика физич. культуры, 1964, 6, 60.
17. Коваленко В. Н.—В кн.: Врачебный контроль, М., 1965, 110.
18. Колчинская А. З.—В кн.: Физиол. и патол. дыхания, гипоксия и оксигенотерапия, К., 1958, 95, 103.
19. Колчинская А. З.—Недостаток кислорода и возраст, К., 1964.
20. Коссовская Э. Б.—В кн.: Физиол. механизмы двигат. и вегетат. функций, М., 1965, 155.

21. Крестовников А. Н.—Ученые записки Ин-та им. П. Ф. Лесгафта, 1944, 2.
22. Крестовников А. Н.—В кн.: Очерки по физиол. физич. упражнений, М., 1951, 190, 200.
23. Кузнецов Ю. И.—В кн.: Совр. методы исслед. в спортивной медицине, Л., 1963, 157, 158.
24. Лауэр Н. В., Колчинская А. З.—В кн.: Кислородный режим организма и его регулирование, К., 1965, 173, 180.
25. Лауэр Н. В., Колчинська А. З.—Фізіол. журн. АН УРСР, 1965, 11, 3, 291.
26. Лауэр Н. В., Колчинская А. З.—Матер. VII конфер. по возрастн. морфол., физиол. и биохимии, М., 1965, 364, 365.
27. Лу Шао-Чжун—Научн. труды Ин-та усоверш. врачей, Л., 1960, 21, 139.
28. Марковская Г. А.—Влияние спортивной тренировки на минутный объем сердца. Автореф. дисс., М., 1953.
29. Марковская Г. А.—Матер. III конфер. по возрастн. морфол., физиол. и биохимии, М., 1957, 124, 125.
30. Степочкина Н. А.—В кн.: Координация двигат. и вегетат. функций при мышечной деят., М.—Л., 1965, 110.
31. Фарфель В. С.—Теория и практика физич. культуры, 1945, 5, 37.
32. Фарфель В. С.—Физиология спорта, М., 1960, 147, 154.
33. Шалков Н. А.—Вопросы физиологии и патологии дыхания детей, 1957, 77, 80, 93.
34. Эголинский Я. А.—Сборн. ЛНИИФК, 1936, 2, 35, 95.
35. Яковлев Н. Н., Коробков А. В., Янанис С. В.—Физиол. и биохим. основы теории и методики спорт. тренировки, Л., 1960, 65, 67, 70.
36. Яхонтов В. И.—В кн.: Материалы VIII конфер. по морфол., физиол. и биохимии мышечной деят., Волгоград, 1964, 303.
37. Beickert A., Mannstadt Ch., Klupsch E.—Ztschr. ges. exper. Med., 1957, 129, 1, 60.
38. Brock J.—Biologische Daten für den Kinderarzt, Springer, 1934, 2, 9.
39. Kessler K.—Internat. Z. angew. Physiol., 1963, 19, 6, 458.
40. Reindell H.—Ztsch. med. Wochenschr., 1956, 81, 17, 660.
41. Rowell—J. Appl. Physiol., 1964, 19, 2, 284.
42. Steinhaus A.—Am. J. Physiol., 1926, 76, 1, 184.

Надійшла до редакції
3.V 1966 р.

Изменения внешнего дыхания, кислородтранспортной функции крови и параметров кислородного режима юношеского организма под влиянием спортивной тренировки

В. С. Мищенко

*Лаборатория возрастной физиологии
Института физиологии им. А. А. Богомольца Академии наук УССР, Киев*

Резюме

В статье приводятся данные об изменении показателей внешнего дыхания, гемодинамики, кислородной емкости, содержания и насыщения крови кислородом у юных гребцов 14—17 лет под влиянием спортивной тренировки и сведения о том, как в результате этого изменяется весь кислородный режим организма.

Выявлено, что спортивная тренировка приводит к следующим изменениям.

Увеличиваются вес и размеры тела. Наряду с этим потребление кислорода на кг веса тела в покое значительно снижается, быстрее достигая нормы взрослых. Основной обмен у тренированных юных спортсменов находится в нижних границах возрастных норм. В большей степени, чем потребление кислорода уменьшается МОД (из расчета на кг веса тела), дыхание становится более редким и глубоким, приближаясь к нормам взрослых тренированных людей. Увеличивается доля альвеолярной вентиляции в минутном объеме дыхания, т. е. дыхание юношей под влиянием тренировки становится более эффективным, энергетические затраты организма в покое более экономными. В соответствии с этим изменяется состав альвеолярного воздуха.

Тренировка оказывает четко выраженное влияние на кровообращение. У тренированных юношей отмечается брадикардия, меньшие величины МОК (при некотором повышении систолического и диастолического давления) более низкий гемодинамический эквивалент. Данные о МОК (как в абсолютных цифрах, так и при расчете на кг веса тела) находятся в границах показателей, приводимых в литературе для взрослых спортсменов, тренирующихся на выносливость.

У тренированных юных спортсменов отмечена несколько большая кислородная емкость крови, чем у их нетренированных сверстников.

Повышение эффективности дыхания и кровообращения приводит к тому, что весь кислородный режим тренированного организма становится более эффективным: при поступлении в легкие меньших количеств кислорода, альвеол достигают его большие количества, коэффициент использования O_2 из вдыхаемого воздуха возрастает. Более экономно осуществляется транспорт кислорода кровью (см. рис. qO_2), использование O_2 из артериальной крови возрастает. Условия (см. каскад pO_2) для использования кислорода тканями улучшаются.

Change in External Respiration, the Oxygen Transport Function of the Blood and Oxygen Regime Parameters of the Youthful Organism under the Effect of Training

V. S. Mishchenko

*Laboratory of age physiology of the A. A. Bogomoletz Institute of Physiology,
Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Kiev*

Summary

The author studied in 60 athletes (rowers), aged 14—17 and trained to various degrees, pulmonary ventilation, frequency of respiration, respiratory volume, the nature of the respiration curve, the magnitude of the physiological respiratory dead space, alveolar ventilation, oxygen volume of blood, saturation of arterial blood with oxygen, frequency of cardiac contractions, systolic and minute circulating blood volume and the parameters of the oxygen regime of the organism (pO_2 of the inspired and alveolar air, arterial and venous blood, the quantity of oxygen entering into the lungs and alveoli per unit of time, transported arterial and venous blood and consumed by the organism during the same time).

The conclusion is drawn that athletic 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 efficacy and economy of the oxygen regime, to a more effective utilization of oxygen by the organism. Along with the rapid increase in body mass in trained athletes, the oxygen consumption per kg of body weight decreases more markedly with age than in untrained subjects, and at the age of 14—15 reaches the level of the adult organism. At the same time the oxygen supply to the tissues is more economical — typical features of the trained youthful organism are: a lower general level of the quantities of oxygen entering into the lungs and alveoli, which are transported by the arterial and venous blood, with a greater utilization of the oxygen of the inspired air and arterial blood.

The more effective oxygen regime of the organism is attained in trained youths by more economic efforts of the respiratory organism and circulation.