

ВПЛИВ СПОРТИВНОГО ТРЕНУВАННЯ НА ЗМІНУ КИСНЕВИХ РЕЖИМІВ ЮНАЦЬКОГО ОРГАНІЗМУ ПРИ ФІЗИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

В. С. Міщенко

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

Дослідження підлітків і юнаків при напруженій м'язовій роботі становлять значний інтерес в зв'язку з рядом фізіологічних особливостей цього вікового періоду, особливостей, пов'язаних, головним чином з статевим дозріванням.

В раніше опублікованому нашому повідомленні* на основі проведених нами спостережень викладені характеристики кисневих режимів організму підлітків 13—16 років при фізичному навантаженні під час веслування на байдарці на дистанції 200 м в максимальному темпі.

В цьому повідомленні, яке є частиною досліджень впливу фізичного тренування на юнацький організм, що проводяться у відділі вікової фізіології (зав. відділом доктор мед. наук Н. В. Лауер) під керівництвом А. З. Колчинської, наведені дані про зміни функції зовнішнього дихання, серцево-судинної системи, крові та їх ролі в забезпеченні киснем працюючих тканин організму тренуваних підлітків і юнаків. Наведена характеристика кисневих режимів організму тренуваних юнаків 13—16 років, спортивна кваліфікація яких від першого юнацького розряду до першого розряду для дорослих і кандидатів у майстри спорту, під час веслування на 200 м в максимальному темпі в умовах змагання та в найближчий період відновлення. Представлені також дані про співвідношення споживання кисню, кисневого запиту і кисневого боргу.

Відомо, що систематичне тренування здійснює специфічний вплив як на фізичний розвиток [18, 19, 23], так і на пристосувальні реакції найважливіших функціональних систем організму, приводить до підвищення функціональних можливостей юнацького організму в цілому [2, 16, 17, 19, 22, 27, 28].

У тренуваних підлітків і юнаків порівняно з їх нетренованими ровесниками при більшому об'ємі виконуваної роботи відзначаються більші величини максимального споживання кисню [2, 3, 14, 26 та ін.], більш виражене зростання частоти серцевих скорочень, підвищення систолічного тиску, ударного і хвилинного об'єму серця [1, 6, 7, 10, 15], більші величини і ступінь посилення легеневої вентиляції, глибини дихання, проценту споживання кисню [4, 14, 17, 28 та ін.], а також спостерігаються деякі особливості зміни насичення артеріальної крові киснем [8, 29] і відновних процесів після фізичного навантаження [4, 5, 24, 25].

Деякі дослідники підкреслюють, що під час граничного м'язового навантаження тренувані підлітки і юнаки швидше досягають найвищо-

* Див. Фізiol. журн. АН УРСР, 1968, 14, 6.

го рівня відзнак цей рівень довші показників відмінності у порівнянні

Однак, в нав систем, як прави важливої їх ролі

Водночас в ляції під впливо дихальної функці кому віці назмін ням кисню та кн коли робота вик юних гребців в ум

В цій роботі кованому повідо хання і кровообіг лі в забезпеченні кисню (при нале безпечення певно

Ми обслідува тивних тренуван ких групах: I — т на кваліфікація — лих); II — трено спортивна кваліф та в майстри спо сменів високого к манди СРСР по в валість спортивно

Вплив спортивног працездатнос

Показники

Вага (кг)
Час веслування (сек)
Темп веслування (кількість гребків на 1 хв)
Кисневий запит (мл)
Кисневий запит (мл/кг/хв)

В результаті юнаки переборюю темп веслування, ками більшу робо чається збільшені і в обчисленні на віть у 15—16-річн невого запиту дор го запиту (на 1 к місце між доросл ми ровесниками (т

го рівня відзначуваних пристосувальних зрушень і можуть утримувати цей рівень довше, ніж нетреновані підлітки і юнаки [9, 16, 20]. По ряду показників відмінності між юними і дорослими тренованими спортсменами у порівнянні з нетренованими ровесниками відносно менші [11, 26].

Однак, в наведених дослідженнях діяльність основних фізіологічних систем, як правило, розглядається ізольовано, без аналізу найбільш важливої їх ролі — забезпечення працюючих тканин киснем.

Водночас в літературі нема даних про зміни альвеолярної вентиляції під впливом, тренування, складу альвеолярного повітря, зміни дихальної функції крові, недосить з'ясовано вплив тренування в юнацькому віці на зміну кисневого запиту та його співвідношень із споживанням кисню та кисневим боргом при тих видах фізичного навантаження, коли робота виконується переважно руками. Майже нема досліджень юних гребців в умовах природної спортивної діяльності.

В цій роботі мета і завдання якої сформульовані в раніше опублікованому повідомленні, ми вивчали зміну показників зовнішнього дихання і кровообігу під час фізичного навантаження з точки зору їх ролі в забезпеченні ефективної доставки тканинам відповідних кількостей кисню (при належному його парціальному тиску), необхідних для забезпечення певного рівня споживання кисню тканинами.

Ми обслідували 25 юних спортсменів 13—16 років із стажем спортивних тренувань від одного до п'яти років. Дані аналізуються по таких групах: I — треновані підлітки середнього віку 13,8 року (спортивна кваліфікація — перший юнацький розряд, третій розряд для дорослих); II — треновані юнаки 15—16 років (середній вік — 15,7 року, спортивна кваліфікація від другого розряду для дорослих до кандидата в майстри спорту). Для порівняння були обслідувані дев'ять спортсменів високого класу 24—28 років, що входять до складу збірної команди СРСР по веслуванню на байдарці (середній вік — 26 років, тривалість спортивного стажу — 6—12 років).

Таблиця 1

Вплив спортивного тренування в юнацькому віці на зміни деяких показників працездатності під час веслування (200 м). Наведені значення $M \pm m$

Показники	13—14 років нетреновані	13—14 років треновані	15—16 років нетреновані	15—16 років треновані	24—28 років треновані
Вага (кг)	48,3±0,8	51,0±0,6	59,5±1	67,03±0,85	82,2±0,95
Час веслування (сек)	68,3±0,5	60,7±0,6	61,5±0,6	56,2 ±0,7	52,5±0,5
Темп веслування (кількість гребків на 1 хв)	81,6±0,5	90,4±0,35	93,0±0,7	94,5 ±0,6	106±0,8
Кисневий запит (мл)	3461±51	4483±42	4070±60	5700±58	8220±82
Кисневий запит (мл/кг/хв)	63,2±0,40	87,0±0,65	68,0±0,45	91,0 ±0,3	114,2±0,84

В результаті досліджень встановлено, що треновані підлітки та юнаки переборюють задану дистанцію швидше, розвиваючи більший темп веслування, виконують у порівнянні з малотренованими ровесниками більшу роботу. З віком, а також з кращою тренованістю відзначається збільшення показників кисневого запиту як абсолютних, так і в обчисленні на 1 кг ваги тіла. Проте величина кисневого запиту навіть у 15—16-річних добре тренованих юнаків не досягає величини кисневого запиту дорослих спортсменів. За відносною величиною кисневого запиту (на 1 кг ваги за 1 хв) треновані юнаки займають проміжне місце між дорослими тренованими спортсменами і своїми нетренованими ровесниками (табл. 1).

В залежності від ступеня тренуваності в наших дослідженнях виявилось виразне збільшення споживання кисню під час веслування у тренуваних підлітків і юнаків, причому абсолютна величина споживання кисню у юнаків більша.

Відносна величина спожитого кисню на 1 кг ваги тіла була найбільшою у 13—14-річних підлітків. Однак навіть найбільші як відносна, так і, особливо, абсолютна величини споживання кисню, зареєстровані у тренуваних підлітків і юнаків, значно менші, ніж ті, що спостерігаються у дорослих тренуваних спортсменів. Поряд із збільшенням загального кисневого запиту на виконувану роботу збільшуються абсолютні і відносні (на 1 кг ваги тіла) величини кисневого боргу. Особливо, велике збільшення кисневого боргу відзначено у 15—16-річних юнаків.

Таблиця 2

Вплив спортивного тренування в юнацькому віці на зміни газообміну під час веслування та величини кисневого боргу

Показники	13—14 років нетренувані	13—14 років тренувані	15—16 років нетренувані	15—16 років тренувані	24—28 років тренувані
Споживання кисню (мл/хв)	1292±34	1886±42	1572±23	2073±51	4072±76
Споживання кисню (мл/кг/хв)	26,74±0,5	37,0 ±0,75	26,40±0,34	30,92±0,65	49,53±0,78
Дихальний коефіцієнт веслування	1,10±0,04	1,00±0,03	1,10±0,06	1,11±0,03	0,97±0,04
Дихальний коефіцієнт перших 5 хв від- новлення	1,30±0,06	1,29±0,07	1,46±0,07	1,43±0,06	1,29±0,04
Кисневий борг (мл)	2168±29	2712±38	2498±28	3740±51	4932±78
Відношення спожи- вання кисню до кисневого запиту (%)	37,5 ±0,7	39,6 ±0,6	33,6 ±0,6	34,4 ±0,3	40,2 ±0,5

Аналіз величин споживаного під час веслування кисню у відношенні до кисневого запиту показав, що у тренуваних підлітків спостерігаються дещо кращі співвідношення цих величин у порівнянні з нетренованими ровесниками. Однак найбільш сприятливі співвідношення відзначаються у 13—14-річних підлітків та у дорослих тренуваних спортсменів. Найменш сприятливі співвідношення між кількістю кисню, спожитого під час веслування і кисневим запитом у тренуваних і, особливо, у малотренуваних юнаків в наших дослідженнях поєднувались з найбільшими величинами дихального коефіцієнта під час веслування і в перші хвилини відновлення після неї, що може свідчить про більший ступінь у них ацидемії при роботі.

Споживання різних кількостей кисню організмом нетренуваних і тренуваних підлітків, юнаків і дорослих людей під час веслування забезпечувалось відповідними змінами надходження в організм кисню. Найбільші абсолютні величини споживання кисню, відзначені в тренуваних підлітків і юнаків забезпечувались найбільшими кількостями кисню, що надходить в легені ($q\dot{V}O_2$) й альвеоли ($qA\dot{O}_2$). Цікаво, що в легені й альвеоли тренуваних підлітків надходить більше кисню, $11,02 \pm 0,1$ л/хв), ніж у нетренуваних юнаків 15—16 років ($9,72 \pm 0,07$ л/хв).

У тренуваних підлітків і юнаків, як правило, спостерігалось найбільш інтенсивне надходження кисню в легені й, особливо, в альвеоли, тобто найбільші відносні величини $q\dot{V}O_2$ і $qA\dot{O}_2$ (на 1 кг ваги тіла). У

тренуваних підлітків і юнаків інтенсивність і лише незначно в дорослих тренуваних людей.

Проте ця інтенсивність людей забезпечує значне споживання кисню, що надходить до кисню в дорослих тренуваних людей.

Підвищення під впливом тренування інтенсивності надходження кисню в легені й альвеоли одного літра кисню в дорослих тренуваних людей для цього надходження (табл. 3).

Зміни під впливом тренування (на 1 кг ваги тіла) та ефективності надходження кисню

Показники	13—14 років нетренувані
$q\dot{V}O_2$ (мл/кг/хв)	161
$qA\dot{O}_2$ (мл/кг/хв)	115
$q\dot{V}O_2/qA\dot{O}_2$	6
$qA\dot{O}_2/q\dot{V}O_2$	4

Надходження в легені й альвеоли кисню під час веслування зовнішнього дихання в дорослих спортсменів

Зміни показників в дорослих спортсменів під впливом тренування

Показники	13—14 років нетренувані
ХОД (л/хв)	46
ХОД/МВЛ (%)	62
ДО (мл)	11
ДО/ЖЕЛ (%)	33
Частота дихання	40
ЧД веслування/ЧД МВЛ (%)	42
АВ (л/хв)	33
ФМДП (мл)	3
АВ/ХОД (%)	72
Кисневий ефект дихального циклу	32
Вентиляційний еквівалент при веслуванні	32
Вентиляційний еквівалент за 15 хв відновлення	45

Примітка. Всі об'єкти в таблиці в дорослих спортсменів

тренуваних підлітків 13—14 років порівняно з 15—16-річними тренуваними юнаками інтенсивність надходження кисню в альвеоли була більша і лише незначно відрізнялась від відповідних показників у дорослих тренуваних людей.

Проте ця інтенсивність надходження кисню у дорослих тренуваних людей забезпечує значно більші як абсолютні, так і відносні величини споживання кисню, що може вказувати на значно вищу ефективність надходження кисню в легені й альвеоли.

Підвищення під впливом тренування в 13—14 і 15—16 років ефективності надходження кисню в альвеоли значно менш виражене, ніж збільшення інтенсивності його споживання. Якщо у підлітків споживання одного літра кисню забезпечувалось надходженням в легені 5,89—5,98 л, в альвеоли 4,41—4,49 л кисню, то у дорослих спортсменів для цього надходить в легені тільки 4,4, а в альвеоли 3,43 л кисню (табл. 3).

Таблиця 3

Зміни під впливом спортивного тренування в юнацькому віці відносних (на 1 кг ваги тіла) кількостей кисню, що надходить в легені й альвеоли та ефективності надходження кисню в організм під час веслування (200 м)

Показники	13—14 років нетреновані	13—14 років треновані	15—16 років нетреновані	15—16 років треновані	24—28 років треновані
$\dot{V}O_2$ (мл/кг/хв)	161,0 ± 7	216,0 ± 8	163,5 ± 5	185,2 ± 4	217,6 ± 8
$\dot{V}AO_2$ (мл/кг/хв)	115,7 ± 4	163,5 ± 5	115,3 ± 2,5	139,0 ± 3	170,0 ± 6
$\dot{V}O_2/\dot{V}AO_2$	6,0 ± 0,05	5,89 ± 0,04	6,2 ± 0,06	5,98 ± 0,04	4,40 ± 0,1
$\dot{V}AO_2/\dot{V}AO_2$	4,32 ± 0,05	4,41 ± 0,03	4,37 ± 0,04	4,49 ± 0,03	3,43 ± 0,05

Надходження в легені та альвеоли і споживання вказаних кількостей кисню під час веслування досягалося різними змінами показників зовнішнього дихання у тренуваних і нетренованих підлітків, юнаків і дорослих спортсменів (табл. 4).

Таблиця 4

Зміни показників зовнішнього дихання підлітків і юнаків 13—16 років під впливом тренування під час веслування

Показники	Веслування (200 м)				
	13—14 років нетреновані	13—14 років треновані	15—16 років нетреновані	15—16 років треновані	24—28 років треновані
ХОД (л/хв)	46,15 ± 0,7	65,02 ± 0,9	57,8 ± 0,6	73,51 ± 1,1	102,3 ± 1,8
ХОД/МВЛ (%)	62,5 ± 2,5	59,2 ± 0,9	43,0 ± 1,5	49,5 ± 0,8	53,0 ± 0,8
ДО (мл)	1138 ± 24	1477 ± 16	1270 ± 13	1580 ± 21	2352 ± 36
ДО/ЖЕЛ (%)	33,7 ± 0,3	44,2 ± 0,6	30,5 ± 0,3	32,3 ± 0,5	35,7 ± 0,4
Частота дихання	40,55 ± 0,9	44,0 ± 0,9	45,5 ± 1,0	46,5 ± 1,2	43,5 ± 0,6
ЧД веслування/ЧД МВЛ (%)	42,35 ± 1,2	51,8 ± 0,7	50,2 ± 1,2	52,6 ± 0,9	49,0 ± 0,8
АВ (л/хв)	33,2 ± 0,3	49,32 ± 0,6	40,58 ± 0,3	54,96 ± 0,65	79,97 ± 0,9
ФМДП (мл)	324 ± 6	348 ± 9	380 ± 5	401 ± 6	521 ± 9
АВ/ХОД (%)	72,0 ± 0,6	75,85 ± 0,6	70,4 ± 0,7	74,77 ± 0,3	77,85 ± 0,4
Кисневий ефект дихального циклу	32,07 ± 0,35	42,86 ± 0,2	34,86 ± 0,2	44,6 ± 0,3	93,6 ± 0,6
Вентиляційний еквівалент при веслуванні	32,56 ± 0,2	32,74 ± 0,16	34,1 ± 0,26	32,12 ± 0,15	23,60 ± 0,21
Вентиляційний еквівалент за 15 хв відновлення	45,0 ± 0,32	44,8 ± 0,22	41,0 ± 0,32	38,3 ± 0,26	33,30 ± 0,23

Примітка. Всі об'єми наведені в умовах BTPS.

Аналіз дихальної кривої показав, що під впливом тренування і в 13—14 і в 15—16 років разом зі збільшенням ДО дихання під час веслування стає більш рівномірним, спостерігається покращання його узгодженості з рухами. Проте, на початку веслування дихання навіть у тренуваних юнаків недосить узгоджене з рухами (рис. 1).

Дихальний об'єм нетренованих підлітків і юнаків становив меншу частину ЖЕЛ у порівнянні з тренуваними. Менший дихальний об'єм при незначних відмінах частоти дихання призводив до значно менших величин легеневої вентиляції у нетренованих підлітків і юнаків порів-

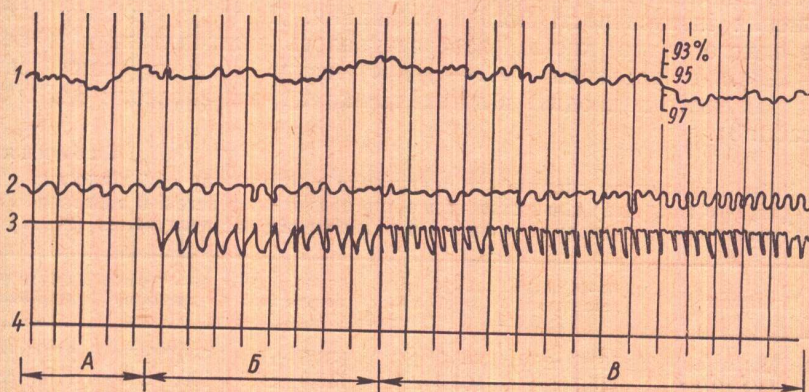


Рис. 1. Зміни дихальної кривої, насичення артеріальної крові киснем при веслуванні у юного спортсмена Р-на (15 р., II спорт. розряд, веслуванням займається два роки). ДО = 1400 мл, ХОД = 51 л/хв, P_{aO_2} = 111,5 мм рт. ст., P_{aCO_2} = 34,4 мм рт. ст., ВЕ = 33,1, відношення АВ до ХОД = 76%.

1 — насичення артеріальної крові киснем; 2 — дихальна крива; 3 — веслування; 4 — відмітка часу (1 поділка — 3,76 сек). А — спокій, сидячи в байдарці; Б — початок веслування; В — веслування в темпі 75 гребків за хвилину.

няно з тренуваними ровесниками (див. табл. 4, рис. 2). Виявилось, що тільки у нетренованих юнаків під час веслування не використовується і половина максимальної легеневої вентиляції. Найбільшою мірою наближаються до максимальної можливих для них величин легеневої вентиляції нетреновані підлітки, що, можливо, пояснюється відносно невеликими величинами їх МВЛ.

Як відомо, найважливішим показником зовнішнього дихання є альвеолярна вентиляція, оскільки тільки з альвеол кисень дифундує в кров.

Як видно з табл. 4, порівняння груп тренуваних і нетренованих підлітків і юнаків показує, що у тренуваних юних спортсменів, незважаючи на збільшення ДО, ФМДП збільшується незначно. Як абсолютна величина АВ, так і частка її в хвилинному об'ємі дихання у тренуваних підлітків і юнаків більша, причому у підлітків співвідношення АВ/ХОД дещо більш сприятливе, ніж у юнаків. У всіх обстежуваних спостерігалось різною мірою виражене збільшення відношення АВ/ХОД під час веслування порівняно з аналогічним показником в стані спокою. Найбільший ступінь збільшення АВ, а також відношення АВ/ХОД зареєстровані у тренуваних підлітків і юнаків.

Під час веслування у всіх підлітків і юнаків спостерігалось збільшення вентиляційного еквіваленту (ВЕ). Найменші величини ВЕ відзначені у тренуваних юнаків. Значно більшою мірою ВЕ збільшується в найближчому відновному періоді після веслування. Найменш сприят-

лива його величини найбільш сприятливі.

Тренування дихального циклу крім того, що покращує його, також змінює його частоту. Дослідження показує, що частота дихання змінюється під час тренування.

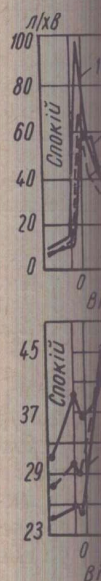


Рис. 2. Зміни вентиляційного еквіваленту (ВЕ) та частоти дихання (f) та у малотренованих підлітків при веслуванні.

чатківцями. В дорослих людей частота дихання змінюється під час тренування, але не так значно, як у дітей, крім того, частота дихання змінюється під час тренування.

Спільним для всіх груп тренуваних і нетренованих підлітків і юнаків було збільшення частоти дихання під час тренування. Найменша частота дихання була у малотренованих підлітків, а найбільша — у тренуваних підлітків і юнаків.

Навіть у тренуваних спортсменів частота дихання змінюється під час тренування. Найменша частота дихання була у малотренованих підлітків, а найбільша — у тренуваних підлітків і юнаків.

лива його величина в цей період відзначена у нетренованих підлітків, найбільш сприятлива — у тренуваних юнаків (рис. 2).

Тренування приводить до значного збільшення кисневого ефекту дихального циклу, причому це збільшення виражено сильніше, ніж вікові відміни цього показника у нетренованих підлітків і юнаків.

Дослідження складу альвеолярного повітря також дозволяє відзначити відміни між тренуваними юними спортсменами і гребцями-по-

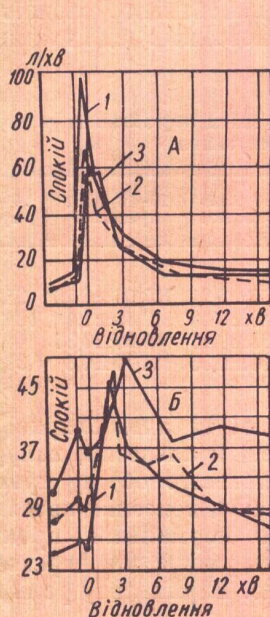


Рис. 2. Зміни ХОД (А) та вентиляційного еквівалента (Б) у спортсмена Г-на, 27 р. заслуженого майстра спорту (1) та у добре тренуваних (2) і малотренованих (3) юнаків 15 років при веслуванні на дистанцію 200 м.

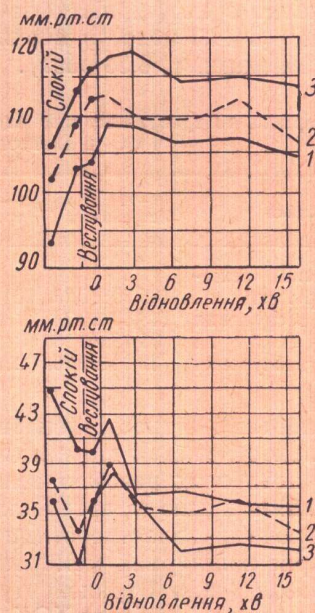


Рис. 3. Зміни парціального тиску кисню (вгорі) та вуглекислого газу (внизу) в альвеолах у добре тренуваного спортсмена Г-на 27 р., (1) та у тренуваних (2) і нетренованих (3) юнаків 15 р. під впливом веслування на дистанцію 200 м.

чатківцями. В стані спокою, лежачи у тренуваних підлітків, юнаків і дорослих людей зареєстровані більш низькі величини парціального тиску кисню в альвеолах. У 15—16-річних тренуваних юнаків і дорослих людей, крім того, відзначені і найбільш високі показники напруження CO_2 в альвеолах.

Спільним для всіх підлітків, юнаків і дорослих людей під час веслування було збільшення PAO_2 і зниження PACO_2 порівняно з показниками в стані спокою лежачи (табл. 5). Найбільший ступінь підвищення PAO_2 відзначався у тренуваних підлітків, юнаків і дорослих спортсменів. Найменша абсолютна величина PAO_2 і найбільша PACO_2 під час веслування та після нього спостерігалась у дорослих спортсменів. Найбільш низьке напруження CO_2 під час веслування, відзначено у тренуваних підлітків і юнаків (рис. 3).

Навіть у тренуваних підлітків і юнаків у порівнянні з дорослими спортсменами спостерігались значно менші величини легеневої вентиляції, ДО, АВ, кисневого ефекту дихального циклу, менш сприятливі співвідношення АВ і ХОД, а також ХОД і споживання кисню як під час веслування, так і в період ліквідації кисневого боргу. На відміну

від підлітків і юнаків у дорослих спортсменів під час веслування порівняно з показниками в стані спокою вентиляційний еквівалент не збільшується, а дещо знижується або ж залишається незмінним. Величина вентиляційного еквіваленту у них, збільшуючись як і у підлітків та юнаків в період ліквідації кисневого боргу, все ж залишається значно нижчою (див. рис. 2). Крім того, у дорослих тренуваних людей під час веслування спостерігається особливо великий ступінь збільшення основних показників зовнішнього дихання порівняно з рівнем спокою, що пов'язано з необхідністю забезпечення найбільшого споживання у них кисню (в 14,3 раза) у порівнянні з тренуваними підлітками (у 9,4 раза) та юнаками (у 8,38 раза).

Таблиця 5
Вплив спортивного тренування в юнацькому віці на зміни парціального тиску кисню і CO_2 в альвеолах під час веслування

Показники	13—14 років нетреновані	13—14 років тренувані	14—16 років нетреновані	15—16 років тренувані	24—28 років тренувані
PAO_2 — спокій лежачи (мм рт. ст.) . . .	$105,59 \pm 0,18$	$104,96 \pm 0,16$	$105,80 \pm 0,21$	$103,06 \pm 0,26$	$95,75 \pm 0,2$
PAO_2 — веслування	$113,33 \pm 0,74$	$113,67 \pm 0,65$	$112,48 \pm 0,86$	$112,56 \pm 1,1$	$104,18 \pm 0,6$
PACO_2 — спокій . . .	$35,45 \pm 0,15$	$34,90 \pm 0,2$	$35,38 \pm 0,41$	$36,56 \pm 0,36$	$40,77 \pm 0,41$
PACO_2 — веслування	$32,01 \pm 0,35$	$28,40 \pm 0,42$	$33,60 \pm 0,36$	$32,70 \pm 0,3$	$39,93 \pm 0,42$

Абсолютні і відносні показники легеневої та альвеолярної вентиляції, кількості кисню, що надходять у легені й альвеоли, напруження кисню в альвеолах разом з величиною хвилинного об'єму кровообігу, напруженням кисню в артеріальній і змішаній венозній крові та кисеньв'язуючими властивостями крові при нормальній проникності альвеолярно-капілярних мембран визначають умови для переходу кисню з альвеол в кров і транспорту його кров'ю. Вирішальну роль в транспорті кисню крові відіграє ХОК.

Величина визначеного нами ХОК виявилась найбільшою у дорослих спортсменів ($24,3 \pm 0,8$ л/хв). Найменша величина ХОК спостерігалась у 13—14-річних нетренованих підлітків. ($16,7 \pm 0,4$ л/хв). У їх тренуваних ровесників під час веслування була відзначена приблизно така ж величина ХОК, як у 15—16-річних юнаків. Збільшення ХОК у підлітків, на відміну від тренуваних юнаків, у більшому ступені зв'язано із збільшенням частоти серцевих скорочень, ніж із збільшенням систолічного об'єму. З цим пов'язана і менша величина систолічного і пульсового тиску у підлітків порівняно з тренуваними юнаками. Найбільші показники систолічного і пульсового тиску, частоти серцевих скорочень зареєстровані у дорослих спортсменів. Відновлення цих показників після веслування здійснювалось у них більш інтенсивно (рис. 4).

Під впливом тренування спостерігається збільшення кисневого ефекту серцевого скорочення. Так, якщо у нетренованих юнаків 15—16 р. він становив $10,2 \pm 0,2$ мл, то у їх тренуваних ровесників — $14,0 \pm 0,25$ мл, а у дорослих спортсменів — $24,1 \pm 0,4$ мл. Стає сприятливішим співвідношення ХОК і споживання кисню. Якщо споживання 1 л кисню у тренуваних юнаків і підлітків забезпечується циркуляцією 9,17—10,42 л крові, то у дорослих спортсменів для цього циркулює тільки 5,98 л крові.

Дослідження кисневої ємкості крові дозволяє відзначити дещо більшій транспортній можливості крові тренуваних підлітків і юнаків порівняно з нетренованими. КЕК як нетренованих ($18,23 \pm 0,16$ і $19,2 \pm 0,18$ об%), так і тренуваних підлітків і юнаків ($18,58 \pm 0,14$ і $19,60 \pm$

$\pm 0,12$ відпові
ваних людей

Відмінності
вантаженні у т
портом кров'ю
лізації. Якій ж
для забезпечен
вання?

Найбільші
альною кров'ю

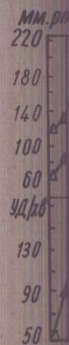


Рис. 4
частот

А — Гр
розряд
Білі тр

у дорослих спо
літків під впли
ваги тіла велич
вірних відмін з
личини qaO_2 (т
сменів при най
низька величин

У тренуван
нами та у трен
спостерігаються
тованого веноз
 qaO_2 і qvO_2 суп
можуть свідчит
ганізмі тренова
меншу ефектив
рослими людьми

В наших д
стерігались так
ції та легеневог

Представле
нами кількості
очно бачити різ
дуваних нами п

$\pm 0,12$ відповідно), проте значно менша відзначеної у дорослих тренуваних людей ($21,82 \pm 0,21$ об %).

Відмінності основних показників гемодинаміки при фізичному навантаженні у тренуваних і нетренуваних людей тісно пов'язані з транспортом кров'ю різних кількостей кисню при неоднакових умовах їх утилізації. Які ж кількості кисню транспортуються артеріальною кров'ю для забезпечення необхідного рівня споживання кисню під час веслування?

Найбільші і найменші кількості кисню, транспортованого артеріальною кров'ю (qaO_2), як і спожитого організмом, були зареєстровані

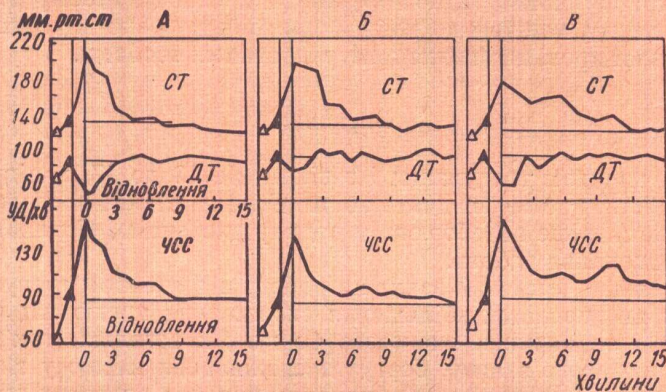


Рис. 4. Зміни систолічного (СТ) та діастолічного тиску (ДТ), частоти серцевих скорочень (ЧСС) при веслуванні на дистанцію 200 м.

А — Гр-н, заслужений майстер спорту, 27 р., 87 кг, Б — Н-ний І спорт, розряд, 15 р., 61,5 кг, В — Т-р, юнацький спорт, розряд, 15 р., 59 кг. Білі трикутники — спокій основного обміну, чорні трикутники — спокій, сидячи в байдарці.

у дорослих спортсменів та у нетренуваних підлітків відповідно. У підлітків під впливом тренування як абсолютна, так і обчислена на 1 кг ваги тіла величина qaO_2 збільшується. У юнаків при відсутності достовірних відмін абсолютної величини відзначено зниження відносної величини qaO_2 (при збільшенні споживання кисню). У дорослих спортсменів при найбільшій абсолютній величині зареєстрована порівняно низька величина qaO_2 на кг ваги тіла.

У тренуваних підлітків і юнаків порівняно з дорослими спортсменами та у тренуваних юнаків порівняно з нетренуваними, як правило, спостерігаються менші абсолютні і відносні кількості кисню, транспортованого венозною кров'ю до легень ($q\bar{v}aO_2$). Більш низькі величини qaO_2 і $q\bar{v}aO_2$ супроводжуються значними величинами споживання кисню, можуть свідчити про більшу ефективність транспортування кисню в організмі тренуваних підлітків у порівнянні з нетренуваними і про значно меншу ефективність транспортування кисню у юнаків порівняно з дорослими людьми.

В наших дослідженнях під час веслування у тренуваних осіб спостерігались також більші показники відношення альвеолярної вентиляції та легеневого капілярного кровоструменя.

Представлені графічно у вигляді каскадів qO_2 а PO_2 розглядувані нами кількості і показники парціального тиску кисню дозволяють наочно бачити різні рівні каскадів у цілому та окремі їх ступені у облідуваних нами підлітків, юнаків і дорослих спортсменів.

Значно більший рівень кількостей кисню, які надходять в легені й альвеоли організму тренуваних підлітків, юнаків і дорослих людей під час веслування. При менш виражених відмінах у кількостях кисню, транспортуваних артеріальною кров'ю, відзначається менший рівень кількостей кисню, транспортуваних венозною кров'ю організму тренуваних осіб, як і сприятливіше відношення згаданих кількостей з киснем, що його споживає організм.

Спостережувані нами під час веслування у тренуваних людей більші величини загального градієнта PO_2 , збільшення артеріально-венозного градієнта за рахунок більшого зниження PO_2 венозної крові, свідчать про кращі умови у них для дифузії кисню на всьому шляху його проходження від повітря до клітин, про більш повне використання резерву венозної крові порівняно з нетренованими особами.

Висновки

1. Під впливом тренування і з віком від 13 до 17 р. підвищується працездатність, про що свідчить збільшення здатності посилювати темп веслування, скоріше переборювати задану дистанцію, більший кисневий запит на виконання роботи.
2. Загальний кисневий запит на роботу під впливом тренування підвищується як внаслідок збільшення споживання кисню під час веслування, так і за рахунок кисневого боргу. Як загальні, так і відносні величини кисневого запиту, боргу та споживання кисню у юних спортсменів не досягають показників, характерних для дорослих спортсменів.
3. Якщо збільшення споживання кисню під час веслування в процесі вікового розвитку під впливом тренування проходить в більшій мірі в 13—14 р., то в 15—16 р. підвищується здатність працювати «в борг».
4. Більші величини споживання кисню у юних спортсменів порівняно з їх нетренованими ровесниками забезпечувались і більшими вентиляційними об'ємами ДО, ХОД, АВ. Економічність зовнішнього дихання також була більшою у юних спортсменів. У них відзначені менший ФМДП порівняно з ДО, більше відношення АВ до ХОД, більший кисневий ефект дихального циклу. Водночас вентиляційний еквівалент під час веслування збільшувався порівняно з станом спокою у всіх підлітків та юнаків, тоді як у дорослих спортсменів він дещо знижувався. Решта показників ефективності дихання у дорослих спортсменів були більш сприятливими.
5. У всіх підлітків та юнаків при веслуванні відзначено збільшення PAO_2 та зниження $PACO_2$ порівняно зі спокоєм лежачи, що в даному випадку може бути пов'язано з відносною гіпервентиляцією альвеол і низькою ефективністю утилізації кисню з альвеол. Під час веслування спостерігалось збільшення $PA-Pa/O_2$ — градієнта без достовірних відмін його величини у тренуваних та нетренованих юнаків.
6. Збільшення під впливом тренування в підлітковому та юнацькому віці кількісних показників діяльності системи зовнішнього дихання при веслуванні виражено значно більше, ніж збільшення його ефективності та економічності, тобто якісних показників діяльності. В цьому одна з найбільш істотних відмін юнацького організму від зрілого.
7. Для тренуваних підлітків при веслуванні характерні більші величини систолічного та пульсового тиску, кисневого ефекту серцевого скорочення і, можливо, як про це свідчать деякі посередні методи, систологічного об'єму та хвилинного об'єму кровообігу. У юнаків ці показники були меншими, ніж у дорослих спортсменів.

8. Збільшення кількості кисню у підлітків порівняно з дорослими, що відбувається під час веслування, підвищувалась внаслідок збільшення парціального тиску кисню в оптимального спостереження.

Це вказує на підвищення інтенсивності веслування «коштують» зниження між ними, відчуваючи постачання кисню.

9. Отже, в процесі тренування підлітків та юнаків регуляції кисневого обміну основних фізіологічних процесів.

1. Абрисимова В. В. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1962, 274.
2. Абрисимова В. В. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1962, 274.
3. Бакулин С. А. Биохимия, М., 1965, 274.
4. Бакулин С. А. Биохимия, М., 1965, 274.
5. Бахрах И. И. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1962, 274.
6. Бирюкович В. В. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1962, 274.
7. Васильева В. В. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1965, 274.
8. Гандельсман В. В. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1965, 274.
9. Горкин М. Я. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1965, 274.
10. Кару Г. Э. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1965, 274.
11. Коробков А. В. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1965, 274.
12. Лауер Н. В. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1965, 274.
13. Лауер Н. В. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1965, 274.
14. Лу Шао-чжун. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1965, 274.
15. Марковская В. В. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1965, 274.
16. Маркосян А. В. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1965, 274.
17. Маркосян А. В. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1965, 274.
18. Милицерова В. В. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1965, 274.
19. Мотылянская В. В. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1965, 274.
20. Пешков В. В. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1965, 274.
21. Пугина Н. С. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1965, 274.
22. Пулькина И. В. Влияние нагрузки на кровообращение. М., 1965, 274.

8. Збільшення дистанції веслування (до 300, 500 м) супроводжувалось у підлітків збільшенням кисневого запиту, боргу та споживання кисню. Ще в більшій мірі посилювалось виділення CO_2 . Збільшувалась порівняно з дистанцією 200 м частина кисневого запиту, що задовольняється під час веслування. Водночас, перед зниженням темпу веслування, підвищувалась частота дихання і більше, ніж споживання кисню вище ХОД. Внаслідок цього значно збільшувався ВЕ. Підвищувався парціальний тиск кисню в альвеолах, що відображало відхилення від оптимального співвідношення АВ та легеневого капілярного кровоструменя.

Це вказує на те, що навіть у тренуваних юнаків даліше збільшення інтенсивності роботи, споживання кисню при збільшенні дистанції веслування «коштує» організму все більших зусиль і насамперед обмежується зниженням результативності діяльності систем, що забезпечують постачання тканинам кисню.

9. Отже, в процесі розвитку під впливом тренування системи дихання підлітків та юнаків не досягають перш за все тієї досконалості регуляції кисневого режиму, яка забезпечує таку узгоджену діяльність основних фізіологічних систем у дорослих добре тренуваних спортсменів.

Література

1. Абросимова Л. И.—О физиологической оценке влияния физиологических нагрузок на кровообращение подростка, дисс., М., 1957.
2. Абросимова Л. И.—Матер. V конфер. по возр. морфол. физиол. и биохимии, М., 1962, 274.
3. Бакулин С. А.—Матер. IV научной конфер. по возр. морфол. физиол. и биохимии, М., 1959, 29.
4. Бакулин С. А.—Изменение газообмена и некоторых других функций при мышечной работе у различно тренированных подростков 14—17 лет; автореф. дисс., Л., 1960.
5. Бахрах И. И.—Физическая культура детей и подростков, М., 1966, 235.
6. Бирюкович А. А., Король В. М.—Матер. VI научной конфер. по возр. морфол. физиол. и биохимии, М., 1965, 283.
7. Васильева В. В.—Матер. VI научной конфер. по возр. морфол., физиол. и биохимии, М., 1965, 286.
8. Гандельсман А. Б., Артынюк А. А., Блохин И. П.—Матер. VIII конфер. возр. морфол., физиол. и биохим., М., 1967, 90.
9. Горкин М. Я., Шуржик С. Б., Бойко К. К.—Теория и практика физ. культуры, 1956, 19, 63.
10. Кару Г. Э.—Теория и практика физ. культуры, 1964, 6, 57.
11. Коробков А. В., Шкурдова В. А., Яковлев Н. Н., Яковлев Е. С.—Физкультура людей разного возраста, М., 1963, 220.
12. Лауер Н. В., Колчинська А. З.—Фізіол. журн. АН УРСР, 1965, XI, 3, 289.
13. Лауэр Н. В., Колчинская А. З.—Кислородный режим организма и его регулирование, К., 1966, 3.
14. Лу Шао-чжун — Научн. труды Института усовершенств. врачей, Л., 1960, 21 (1), 139.
15. Марковская Г. А.—Матер. III научной конфер. по возр. морфол., физиол. и биохимии, М., 1957.
16. Маркосян А. А.—Труды Института физ. воспитания и школьной гигиены, М., 1958, 5.
17. Маркосян А. А., Король В. М.—Теория и практика физ. культуры, 1964, 6, 32.
18. Милицерова Г.—Физическое воспитание и спорт, Варшава, 1951, 5, 4, 461.
19. Мотылянская Р. Е., Стогова Л. И., Иорданская Ф. А.—Физическая культура и возраст, М., 1967, 31.
20. Пешков В. П.—Кровообращение, дыхание и работоспособность у юношей во время работы субмаксимальной мощности, Автореф. дисс., М., 1963.
21. Пугина Н. С.—Вентиляция и ее взаимоотношения с кровообращением у здоровых детей 7—15 лет и при пневмонии, Автореф. дисс. Л., 1966.
22. Пулькина И. Е., Суркина И. Д.—Матер. V конфер. по возр. морфол., физиол. и биохим., М., 1962, 294.

23. Смирнов К. М. и др.—Научн. труды Института усовершенств. врачей им. Кирова, Л., 1960, 21 (1), 149.
24. Сорокин В. Ф.—Проблемы физиологии спорта, М., 1960, 2, 220.
25. Ульбрих Я. М.—Физиол. механизмы двигательных и вегетативных функций, М., 1965, 164.
26. Фарфель В. С.—Доклады VII Всесоюзного съезда физиологов, М., 1947, 616; 1949, 668.
27. Фарфель В. С., Раскин М. В.—Матер. I научной конфер. по возр. морфол., физиол. и биохимии, М., 1952.
28. Фарфель В. С.—Физиология спорта, М., 1960, 369.
29. Чернов К. Л.—Проблемы возрастной физиологии и патофизиологии сердечно-сосудистой системы, М., 1966, 150.

Надійшла до редакції
4.XI 1967 р.

ВЛИЯНИЕ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ КИСЛОРОДНЫХ РЕЖИМОВ ЮНОШЕСКОГО ОРГАНИЗМА ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

В. С. Мищенко

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

Резюме

В статье приводятся данные об изменении под влиянием тренировки показателей внешнего дыхания, гемодинамики, кислородтранспортной функции крови у подростков и юношей 13—16 лет (для сравнения приведены также показатели у взрослых спортсменов высокого класса) при физической нагрузке (гребля) с точки зрения их роли в обеспечении доставки адекватных количеств кислорода работающим тканям.

Установлено, что под влиянием тренировки в юношеском возрасте повышается способность выполнять больший объем работы за более короткое время. У тренированных подростков и юношей наблюдаются большие кислородный запрос на работу, потребление O_2 и кислородный долг. Увеличивается отношение потребления O_2 ко всему кислородному запросу.

Тренировка благоприятно сказывается на деятельности системы внешнего дыхания. У тренированных подростков и юношей наблюдаются большие величины ЖЕЛ, МВЛ, большие абсолютные величины и степень увеличения во время гребли МОД, АВ, ДО. Увеличивается общее и отнесенное на 1 кг веса тела количество O_2 , поступающего в легкие и альвеолы. Повышается экономичность внешнего дыхания, увеличивается эффективность поступления O_2 в легкие.

У тренированных подростков и юношей отмечаются более благоприятные сдвиги в деятельности сердечно-сосудистой системы. Кровообращение становится более экономичным, увеличивается эффективность транспорта O_2 артериальной кровью, лучше используется кислородный резерв венозной крови, создаются более благоприятные условия потребления O_2 тканями (см. каскад PO_2).

Тренированные подростки отличались от тренированных юношей прежде всего меньшим объемом и мощностью выполняемой ими работы, меньшим потреблением O_2 , кислородным долгом. У них отмечаются меньшие общие количества O_2 , поступающие в легкие и альвеолы, меньшая эффективность транспорта O_2 кровью.

Повышение под влиянием тренировки экономичности внешнего дыхания и кровообращения, эффективности поступления и транспорта O_2 в юношеском возрасте отстает от увеличения мощности функциональных систем, участвующих в доставке O_2 работающим тканям во время гребли. В этом одно из существенных отличий юношеского организма от зрелого.

В процессе развития под влиянием тренировки возможностей аппарата легоч-

ного дыхания, кровообращения, совершенствования и эффективности работы спортсменов.

EFFECT OF TRAINING

Department of

The data are of external respiration at the age of teenagers for the sake of their role in supply of work.

It is established that teenagers perform a greater work, O_2 consumption and O_2 consumption.

Teenagers' body control more perfect.

ного дыхания, кровообращения, крови подростки и юноши, однако, не достигают того совершенства системы регулирования кислородного режима, такой экономичности и эффективности его, которые наблюдаются у взрослых хорошо тренированных спортсменов.

EFFECT OF TRAINING ON TEENAGERS' BODY OXYGEN REGIMEN IN EXERCISE

V. S. Mishchenko

Department of Age Physiology, the A. A. Bogomoletz Institute of Physiology,
Academy of Sciences, Ukrainian SSR, Kiev

Summary

The data are presented on the change under the effect of training in the indices of external respiration, hemodynamics, oxygen-transport function of blood in teenagers at the age of 13—16 (indices in adult sportsmen of a high class are also presented for the sake of comparison) in exercise (rowing) from the view-point of their role in supply of working tissues with adequate amounts of oxygen.

It is established that under the effect of training at the youthful age the ability to perform a greater volume of work for a shorter time increases. Oxygen demand for work, O_2 consumption and oxygen debt are greater in trained teenagers. The ratio of O_2 consumption to the total oxygen demand increases.

Teenagers' body oxygen regimens become more effective and economic and their control more perfect in the process of training.