

До характеристики кисневих режимів організму підлітків і юнаків при фізичному навантаженні

В. С. Міщенко

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

В літературі відзначається ряд особливостей розвитку ростучого організму в період статевого визрівання, пов'язаних, переважно, з перебудовою та ускладненням гормональної і нервової регуляції [12, 15, 21, 28, 32, 38 та ін.]. Цей процес пов'язаний з характерними функціональними зрушеннями в організмі, які позначаються на діяльності його найважливіших систем [9, 10, 11, 17, 27, 31, 33, 36 та ін.].

Дослідження, присвячені вивченню пристосування юнацького організму до умов гіпоксичної гіпоксії [2, 3, 12] і гіпоксемії, яка виникає при руховій діяльності [7] підкреслюють ряд особливостей реакції юнацького організму. Природно, що і реакції юнацького організму на фізичне навантаження і функціональні можливості його при цьому інші, ніж в дитячому, зрілому і старечому віці [6, 8, 13, 20, 22, 23, 24, 26, 29, 30, 31, 41 та ін.].

Фізичне навантаження супроводжується значним підвищенням потреби працюючих тканин у кисні. Тому дані про споживання кисню дозволяють судити про виконану роботу. З віком (до зрілості) максимальне споживання кисню збільшується [13, 18, 25, 26, 31, 40 та ін.]. Однак, як відомо, навіть максимальні величини споживання кисню під час роботи задовольняють тільки частину кисневої потреби організму, внаслідок чого виникає киснева «заборгованість» [5, 37, 42 та ін.].

Досить широко описані в літературі зміни зовнішнього дихання, серцево-судинної системи та інших систем зрілого організму і меншою мірою зміни аналогічних систем юнацького організму, пов'язані з напруженою м'язовою роботою [1, 4, 14, 19, 25, 34, 35, 39], є тими пристосувальними зрушеннями, які забезпечують можливість виконання відповідної роботи. Однак і досі вивчення діяльності систем зовнішнього дихання, кровообігу, крові з точки зору їх ролі в забезпеченні ефективного доставляння адекватних кількостей кисню (при належному його напруженні), які гарантували б відповідність споживання кисню кисневому запиту тканин, привернуло до себе недостатню увагу.

Грунтуючись на уявленні про кисневий режим організму [16], який передбачає вивчення взаємозв'язаних параметрів напруження і кількостей кисню, що надходять за хвилину в легені, і транспортуються артеріальною і венозною кров'ю, ми поставили перед собою завдання вивчити діяльність систем зовнішнього дихання, кровообігу, крові юнацького організму при інтенсивному фізичному навантаженні з точки зору їх конкретної ролі та їх взаємовідношень в процесі доставки кисню працюючим тканинам, забезпечення споживання кисню, з'ясувати, як при цьо-

му співвідносяться одна до одної величини споживання кисню та кисневого боргу, а також визначити, якою мірою спортивне тренування впливає на зміну розглядуваних показників та їх взаємовідношення.

В цьому повідомленні наведені дані дослідження 27 підлітків і юнаків 13—16 років, що починають заняття спортом, в стані спокою та при інтенсивному фізичному навантаженні (веслуванні). З метою більш детального висвітлення цього питання нами наведені відповідні показники по таких вікових категоріях: 13 років, 14 років, 15—16 років.

Були досліджені: а) показники зовнішнього дихання — хвилинний об'єм (ХОД), дихальний об'єм (ДО), частота, характер дихальної кривої, величина фізіологічного «мертвого» дихального простору (ФМДП), альвеолярна вентиляція (АВ), склад видихуваного та альвеолярного повітря, дихальний коефіцієнт; б) споживання кисню; в) киснева ємкість крові (КЕК), насичення артеріальної крові киснем; г) частота серцевих скорочень, систолічний (СТ) і діастолічний (ДТ) тиск, хвилинний об'єм кровообігу (ХОК); д) параметри кисневого режиму організму: парціальний тиск вдихуваного (PiO_2), альвеолярного (PaO_2) повітря, артеріальної (PaO_2) і змішаної венозної (PvO_2) крові; кількості кисню (qO_2), які надходять за хвилину в легені (qiO_2), в альвеоли (qAO_2) та які транспортуються артеріальною (qaO_2), змішаною венозною (qvO_2) кров'ю і споживаються організмом (qiO_2).

Реєстрували темп веслування, а також швидкість подолання гребної дистанції в максимально можливому темпі та в умовах, наближених до тих, що створюються під час змагання. Дослідження проводили на дистанції 200 м. Запис дихальної кривої і гребків проводили на спеціально пристосованому для цього портативному записуючому приладі, встановленому в човні. Видихуване повітря збирали в мішки Дугласа. Проби альвеолярного повітря збирали під час веслування за допомогою невеликого апарата, призначеного для збирання повітря, розробленого А. З. Колчинською, М. М. Середенком і В. Я. Фрідлянським; увімкнення та вимикання запису дії кранів і приладу для автоматичного збирання проб альвеолярного повітря здійснювали на старті і фініші гребних дистанцій. Склад видихуваного та альвеолярного повітря визначали на газоаналізаторі Холдена, кисневу ємкість крові — на апараті Ван-Слайка типу АГК-2.

Реєстрацію частоти серцевих скорочень, артеріального тиску, а також показників зовнішнього дихання і споживання кисню починали негайно після кінця веслування і проводили протягом перших 15 хв відновного періоду.

Була також проведена серія досліджень (10 осіб) в умовах гребного стенду, який моделює характер і порядок спортивного веслування. Це давало можливість одночасно реєструвати на стрічці ЕПП-09 протягом усього періоду досліджень деякі показники зовнішнього дихання, частоту серцевих скорочень і насичення артеріальної крові киснем. Останній показник реєстрували оксигеометрично.

Обчислення досліджуваних нами показників зовнішнього дихання, кисеньотранспортної функції крові і параметрів кисневого режиму організму проводили за спеціально розробленою програмою на ЕОМ «Мінськ-22».

Як і слід було чекати, порівняння даних у підлітків і юнаків 13, 14 та 15—16-річного віку при веслуванні на дистанцію 200 м показує, що старші юнаки скоріше проходять задану дистанцію, розвивають більший темп веслування і виконують при цьому більшу роботу. Ми спостерігали підвищення з віком абсолютної величини кисневого запиту на виконання роботи, а також кисневого запиту, обчисленого на 1 кг ваги тіла за хвилину (наведені значення ($M \pm m$)).

Таблиця 1
Деякі показники працездатності підлітків та юнаків під час веслування (200 м)

Показники	13 років	14 років	15—16 років
Вага (кг)	45,8±0,8	50,8±0,9	59,5±1,0
Тривалість веслування (сек)	70,7±0,5	66,0±0,6	61,5±0,6
Темп (кількість гребків за хвилину)	81,3±0,4	82,0±0,6	93,0±0,7
Кисневий запит (мл)	3360±40	3562±48	4070±60
Кисневий запит (мл/кг/хв)	62,4±0,3	64,0±0,4	68,0±0,45

З віком збільшується також абсолютна величина споживання кисню під час веслування. Найбільша різниця в цих показниках відзначається у підлітків 13 і 14 років. При найбільшому споживанні кисню під час веслування у юнаків 15 і 16 років помічалась найбільша величина кисневого боргу.

Якщо зазначені показники споживання кисню розрахувати на 1 кг ваги тіла, а величину кисневого боргу зіставити з величиною кисневого запиту, то ці співвідношення у юнаків 15—16-річного віку будуть менш сприятливими, ніж у 14-річних підлітків.

Таблиця 2

Зміни газообміну та величини кисневого боргу у підлітків та юнаків при веслуванні (200 м)

Показники	13 років	14 років	15—16 років
Споживання кисню (мл/хв)	1163±29	1422±20	1572±23
Споживання кисню (мл/кг/хв)	25,46±0,2	28,02±0,5	26,40±0,3
Дихальний коефіцієнт	1,13±0,05	1,08±0,04	1,10±0,06
Кисневий борг (мл)	2197±23	2140±25	2498±28
Споживання кисню/кисневий запит (%)	37,0±0,8	38,0±0,85	33,6±0,6

Як же здійснюється надходження і транспортування кисню для забезпечення зазначених потреб споживання кисню і, насамперед, які кількості кисню мають при цьому надходити в легені та альвеоли, за яких умов та якими змінами показників зовнішнього дихання це супроводжується?

Нами зареєстровані найбільші абсолютні кількості кисню, що надходять у легені та альвеоли у 15—16-річних юнаків при загальній закономірності підвищення цих показників з віком.

Таблиця 3

Загальні кількості кисню, що надходить в легені та альвеоли організму підлітків і юнаків під час веслування (200 м)

Показники	13 років		14 років		15—16 років	
	спокій	веслування	спокій	веслування	спокій	веслування
qVO ₂ (мл/хв)	1100±30	6398±92	1245±19	9270±65	1280±20	9720±80
qAO ₂ (мл/хв)	724±23	4648±81	828±18	6603±50	870±17	6845±55

Проте це — абсолютні величини. Якщо ж ці кількості qVO₂ і qAO₂, розрахувати на 1 кг ваги тіла, то ми одержимо таку саму закономірність, як і для кількості споживаного під час веслування кисню, обчисленого на 1 кг ваги тіла, тобто найбільші величини виявляться у 14-річних і найменші — у 13-річних підлітків. Крім того, якщо кількості кисню, який надходить у легені та альвеоли, зіставити з кількістю спожитого при цьому кисню, то переконливо видно, що для споживання кожного мілілітра кисню в легені та альвеоли організму 14-річного підлітка надходить порівняно більше кисню, тобто на цих етапах надходження O₂ в

організм здійснюється найменш ефективно у 14-річних і найбільш ефективно у 13-річних підлітків.

Надходження зазначених кількостей кисню в легені та альвеоли і споживання його організмом супроводжувались змінами показників зовнішнього дихання (всі об'єми наведені в умовах *BTPS*).

Таблиця 4

Відносні величини (на 1 кг ваги тіла) кількості кисню, що надходить в легені та альвеоли, ефективність надходження кисню в організм підлітків та юнаків під час веслування (200 м)

Показники	13 років	14 років	15—16 років
$q\dot{O}_2$ (мл/кг/хв)	139,5±7	182,5±4,5	163,5±5
$qA\dot{O}_2$ (мл/кг/хв)	101,4±4	130,0±4	115,3±2,5
$q\dot{O}_2/q\dot{t} O_2$	5,5±0,15	6,5±0,1	6,2±0,06
$qA\dot{O}_2/q\dot{t} O_2$	4,0±0,08	4,65±0,06	4,37±0,07

В результаті аналізу дихальної кривої при веслуванні у всіх досліджених відзначалась нерівномірність дихання, особливо помітна у 13-річних підлітків. У них же спостерігались найменші величини ДО як в абсолютних показниках, так і щодо життєвої ємкості легень. Найбільші як абсолютна, так і відносна величини ДО були виявлені у 14-річних підлітків (табл. 5).

Таблиця 5

Зміна показників зовнішнього дихання підлітків і юнаків 13—16 років під час веслування

Показники	13 років		14 років		15—16 років	
	спокій	веслування	спокій	веслування	спокій	веслування
ХОД (л/хв)	6,32±0,7	37,8±0,8	6,60±0,05	54,5±0,45	7,38±0,06	57,8±0,6
ХОД/МВЛ (%)	52±2		73±3,4		43±1,5	
ДО (мл)	394±10	931±10	440±9	1345±11	462±9	1270±13
ДО/ЖЕЛ (%)	29,4±0,4		38,0±0,48		30,5±0,3	
Частота дихання	16,1±0,3	40,6±1,1	15,0±0,4	40,5±0,85	16,0±0,6	45,5±1,0
ЧД веслування/ЧД МВЛ (%)	42±1,4		42,7±0,95		50,25±1,2	
АВ (л/хв)	4,17±0,05	27,5±0,52	4,38±0,04	38,9±0,2	5,00±0,04	40,58±0,3
ФМДП (мл)	134±5	253±6	147±4	395±4	148±4	380±5
АВ/ХОД (%)	66,0±1,1	72,8±0,95	66,5±0,9	71,2±0,8	68,0±0,5	70,4±0,7
Кисневий ефект дихального циклу (мл)	12,2±0,3	28,64±0,15	14,3±0,2	35,51±0,2	14,8±0,25	34,86±0,2
Вентил. еквівалент	29,9±0,31	30,12±0,22	28,7±0,25	35,0±0,32	29,13±0,20	34,1±0,2

Крім того, у них спостерігається найвищий ступінь збільшення як глибини дихання (в 3,06 раза), так і легеневої вентиляції (у 8,3 раза) порівняно із збільшенням ДО і ХОД у 13-річних підлітків (у 2,37 раза і в 6 разів) та у 15—16-річних юнаків (у 2,75 раза і в 7,86 раза, відповідно). В наших дослідженнях абсолютна величина ХОД з віком збільшується. За цим показником 14-річні підлітки значно ближчі до 15—16-річних юнаків, ніж до 13-річних підлітків. Аналіз величини ХОД щодо об'єму максимальної вентиляції легень (МВЛ) також виділяє 14-річних

підлітків. У них визначається найбільша величина ХОД при веслуванні щодо МВЛ. Найменша аналогічна відносна величина ХОД спостерігалась у 15—16-річних юнаків.

Як видно з табл. 5, у 15—16-річних юнаків під час веслування на 200 м крім того, відзначена більша частота дихання. Спостережуване нами при веслуванні закономірне збільшення з віком ХОД поширюється також і на альвеолярну вентиляцію. Найбільша величина АВ щодо ХОД, як і найменша величина ФМДП, зареєстровані нами у наймолодших, тобто у 13-річних підлітків. У всіх підлітків і юнаків під час веслування трохи збільшилось співвідношення АВ/ХОД. У 13-річних підлітків при цьому практично не змінювався вентиляційний еквівалент. У 15—16-річних юнаків і, особливо, у 14-річних підлітків вентиляційний еквівалент істотно збільшувався.

Отже, не спостерігалось лінійної залежності між споживанням кисню та легеневою вентиляцією. Так, якщо у підлітків 13 років величина легеневої вентиляції збільшується в шість разів при збільшенні споживання кисню в 5,94 раза, то у 14-річних підлітків та у 15—16-річних юнаків при підвищенні споживання кисню в 6,67 і 6,7 раза легенева вентиляція відповідно збільшилась у 8,3 і 7,86 раза.

Найменші інтенсивності надходження кисню в легені та альвеоли ($q\dot{V}O_2$ і qAO_2 , обчислені на 1 кг ваги) та величина відношення кількостей кисню, що надходить в легені та альвеоли, до споживаного організмом O_2 , як і більш високий коефіцієнт використання кисню, з'явилися однією з основних причин найбільш низького парціального тиску кисню в альвеолах у 13-річних підлітків під час веслування (111,32 мм рт. ст.) і при протилежних значеннях згаданих вище показників — найбільш високого PAO_2 у 14-річних підлітків (114,74 мм рт. ст.). У 15—16-річних підлітків PAO_2 під час веслування становило 112,48 мм рт. ст.

Спільним для всіх обслідуваних є збільшення PAO_2 під час веслування у порівнянні з рівнем його в лежачому положенні (106—109 мм рт. ст.) і деяке зниження $PACO_2$, спостережуване як у підлітків 13 років (з 36,9 до 34,02 мм рт. ст.) так і у 14 і 15—16-річних підлітків і юнаків (з 34,0 до 30,6 мм рт. ст. і з 35,5 до 33,6 мм рт. ст. відповідно). Найбільш низька величина $PACO_2$ під час веслування відзначена у 14-річних підлітків.

Абсолютні і відносні показники легеневої вентиляції, кількості кисню, що надходить у легені та альвеоли, парціальний тиск кисню в альвеолах разом з величиною хвилинного об'єму кровообігу і кисеньв'язуючими властивостями крові при нормальній проникності альвеолярно-капілярних мембран визначають умови переходу кисню з альвеол в кров і транспорт його кров'ю. Вирішальну роль в транспорті кисню кров'ю відіграє хвилинний об'єм кровообігу.

Про зміну ХОК ми вважаємо можливим судити на підставі величини систолічного об'єму, визначуваного за формулою Старра (крім деяких випадків «безкінечного тону»), і за частотою серцевих скорочень, розуміючи наближеність цього методу. Деяке підтвердження правильності одержуваних результатів ми могли дістати, вивчаючи криві відновлення показників гемодинаміки, криві зміни кількості кисню, що надходить в легені, транспортується кров'ю і споживається організмом протягом перших хвилин відновного періоду після веслування.

Величина ХОК виявилась найбільшою у старших підлітків і юнаків. У них же спостерігались найвищі показники систолічного і пульсового тиску, більший «кисневий пульс», більша киснева ємкість крові, найнижчий гемодинамічний еквівалент при недостовірних відмінностях частоти

серцевих скорочень (149—155 за 1 хв), діастолічного тиску (50—66 мм рт. ст.) і насичення артеріальної крові киснем (92—96%).

Які ж кількості кисню транспортуються при цьому артеріальною кров'ю, щоб у зазначених умовах надходження кисню в альвеоли забезпечити необхідний рівень споживання кисню при веслуванні? Найбільші абсолютні кількості кисню, які транспортуються артеріальною кров'ю, так само, як і відзначені раніше найбільші кількості кисню, що надходять в легені та альвеоли і споживаються організмом, спостерігались у 15—16-річних юнаків.

Таблиця 6

Деякі показники гемодинаміки та кисеньтранспортної функції крові підлітків і юнаків під час веслування (200 м)

Показники	13 років	14 років	15—16 років
ХОК (л/хв)	16,65±0,42	16,8±0,46	19,0±0,51
КЕК (об %)	18,21±0,15	18,35±0,21	19,2±0,18
СТ (мм рт. ст.)	170±3	185±1,5	190±2
O ₂ —пульс (мл)	7,74±0,19	9,62±0,11	10,22±0,20
Гемодинамічний еквівалент	14,3±0,13	11,8±0,11	12,2±0,10

Таблиця 7

Кількість кисню, що транспортується артеріальною та змішаною венозною кров'ю, ефективність транспорту O₂ кров'ю у підлітків та юнаків під час веслування (200 м)

Показники	13 років	14 років	15—16 років
q _a O ₂ (мл/хв)	2850±57	2860±61	3450±82
q _a O ₂ (мл/кг/хв)	62,4±0,35	56,5±0,38	58,1±0,50
q _v O ₂ (мл/хв)	1690±60	1440±74	1880±82
q _v O ₂ (мл/кг/хв)	37,0±0,75	28,4±0,80	31,7±0,62
q _a O ₂ /q _t O ₂	2,45±0,06	2,01±0,04	2,2±0,05
q _v O ₂ /q _t O ₂	1,45±0,03	1,01±0,02	1,2±0,03
Альвеолярна вентиляція / легеневий капілярний кровострумін	1,52±0,08	2,20±0,07	1,96±0,06

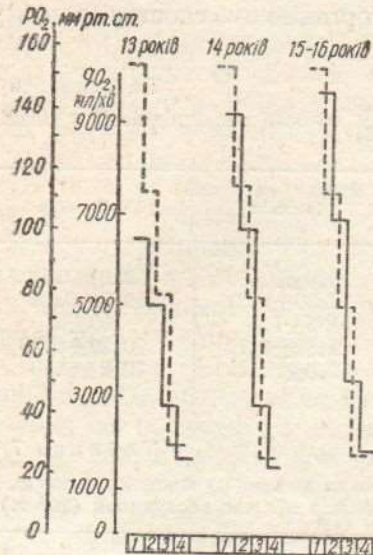
Інша картина відзначається при обчисленні кількостей транспортованого артеріальною кров'ю кисню на 1 кг ваги тіла. В цьому випадку спостерігається закономірність, протилежна тій, яка була встановлена при аналізі відносних величин споживання кисню, і величин q_iO₂ і q_aO₂, тобто найменша величина q_aO₂ у 14-річних підлітків поєднувалася з найбільшою у 13-річних. Маючи на увазі, що у останніх при цьому відзначалась найменша, а у 14-річних підлітків найбільша величина споживання кисню на 1 кг ваги тіла, можна говорити про більшу ефективність транспорту кисню артеріальною кров'ю у 14-річних підлітків. Подібні співвідношення зберігаються і для транспорту кисню змішаною венозною кров'ю.

У 14-річних підлітків під час веслування спостерігається також найбільше співвідношення альвеолярної вентиляції і легеневого капілярного кровоструменя.

Якщо розглядувані нами кількості кисню і показники його парціального тиску зобразити графічно у вигляді каскадів qO₂ і PO₂, то можна наочно бачити різні рівні каскадів в цілому та їх окремих ступенів (рисунк).

Як видно з рисунка, каскад qO_2 дає можливість наочно простежити уже відзначені нами відмінності кількостей кисню, що надходить в легені та альвеоли, транспортується артеріальною та венозною кров'ю і споживається організмом. Це дозволяє відзначити загальний більш високий рівень каскаду qO_2 старших підлітків і юнаків під час веслування.

Відмінності каскаду PO_2 значною мірою відбивають наявні на різних етапах надходження і транспорту кисню кількісні відношення між



надходженням, транспортом і утилізацією кисню. Спостережувані нами величини загального градієнта PO_2 , величини градієнтів — повітряно-альвеолярного, альвеолярно-артеріального, артеріально-венозного, які визначають умови для дифузії кисню, дозволяють говорити про дещо меншу напруженість кисневого режиму організму 14-річних підлітків в цілому при незначних відмінностях напруженості кисневого режиму в окремих його ланках у всіх обслідуваних нами підлітків і юнаків.

Зміни qO_2 (суцільна лінія) і PO_2 (пунктирна лінія) на різних етапах надходження і транспорту кисню в організмі підлітків і юнаків віком від 13 до 16 років при інтенсивному веслуванні:

1 — вдихуване повітря, 2 — альвеоли, 3 — артеріальна кров, 4 — змішана венозна кров.

Усе викладене дає можливість констатувати, що зміни різних показників зовнішнього дихання, гемодинаміки, кисеньотransпортної функції крові під час фізичного напруження передусім відбивають збільшення надходження і транспорту кисню, що, в свою чергу, тісно пов'язано з рівнем споживання кисню та кисневого запиту організму і тому значною мірою визначає здатність підлітків і юнаків різного віку виконувати роботу різної інтенсивності.

У обслідуваних нами підлітків і юнаків здатність виконувати більший об'єм роботи за більш короткий час проходження гребної дистанції з віком збільшується. Спостерігається збільшення кисневого запиту, споживання кисню, величини кисневого боргу, а також зниження співвідношення споживання кисню до кисневого запиту.

Значно підвищуються максимальні можливості систем зовнішнього дихання і кровообігу. З віком збільшується також і кількість кисню, який надходить у легені та альвеоли і транспортується за хвилину артеріальною кров'ю, що свідчить про більші можливості організму старших підлітків і юнаків. На це ж вказує і зростаюча з віком інтенсивність надходження кисню в легені та альвеоли, як і більша ефективність та економічність (за величиною кисневого пульсу, ГЕ, відношень q_a/q_t , q_v/q_t) діяльності серцево-судинної системи, що стосується транспорту кисню кров'ю. Однак вказане підвищення можливостей, збільшення максимальних зрушень в діяльності основних функціональних систем, як і зв'язане з ними підвищення рівня кисневого каскаду qO_2 , юнацького організму, супроводжується невисокою ефективністю та економічністю діяльності системи зовнішнього дихання, надходженням кисню в легені та альвеоли (за відношенням q_i/q_t , q_A/q_t , AV/XOD , BE). Спостерігається також значне збільшення відношення АВ до легеневого капілярного кровоструменя.

Особливо слід сказати про 14-річних підлітків, оскільки цей вік розглядають як початок періоду інтенсивного статевого дозрівання. В цьому віці під час веслування відзначались найбільш високі інтенсивність надходження кисню в легені та альвеоли, відносні (на 1 кг ваги) величини споживання кисню, найбільш сприятливе відношення споживання O_2 до кисневого запиту. Водночас спостерігалось найбільш виражене зниження економічності системи зовнішнього дихання, найнижча ефективність надходження кисню в легені та альвеоли. Величина відношення АВ до показників кровоструменя у 14-річних підлітків найбільша.

Отже, збільшення інтенсивності виконуваної роботи до вказаних раніше рівнів, як і ще більшою мірою виражене збільшення надходження і транспорту кисню, а також утворення все більшого кисневого боргу під час веслування на байдарці (робота руками) супроводжується відхиленням від оптимальних співвідношень між надходженням, транспортом і споживанням кисню, є причиною того, що збільшення споживання кисню під час виконання роботи дедалі зростаючої потужності «коштує» юнацькому організмові дедалі більших і наростаючих зусиль і значною мірою обмежується зниженням результативності діяльності систем, які забезпечують надходження і транспорт кисню, отже вказує на деякі причини, які обмежують подальше підвищення інтенсивності веслування. Це стає можливим в процесі відповідного пристосування та удосконалювання регуляції загального кисневого режиму організму і супроводжується виникненням фізіологічних особливостей, які відрізняють нетренований юнацький організм від тренованого.

Література

1. Абросимова Л. И.—О физиологической оценке влияния физической нагрузки на кровообращение подростка. Дисс., М., 1957.
2. Багдасарова Г. А.—Материалы VIII научной конфер. по возр. морфол., физиол. и биохимии, М., 1967, 32.
3. Брянцева Л. А.—Материалы V научной конфер. по вопросам возр. морфол., физиол. и биохимии, М., 1961, 166.
4. Васильева В. В.—Материалы VI конфер. по возр. морфол., физиол. и биохимии, М., 1965, 286.
5. Волков Н. И.—Физиол. основы соврем. методов тренировки выносливости, М., 1961.
6. Волков В. М.—Материалы VI конфер. по возр. морфол. и биохимии, М., 1965, 289.
7. Гандельсман А. Б., Артынюк А. А., Блохин И. П.—Материалы VIII научной конфер. по возр. морфол., физиол. и биохимии, М., 1967, 90.
8. Гандельсман А. Б., Смирнов К. М.—Физическое воспитание детей школьного возраста, М., 1960.
9. Гельмрейх Э. Обмен энергии у ребенка, М.—Л., 1928, 191.
10. Гельфанд А. М.—Сердечно-сосудистая система в подростковом и юношеском возрасте, Дисс., М., 1944, 328.
11. Израелян Л.—Физиол. даты детского возраста, Тбилиси, 1946, 222.
12. Колчинская А. З.—Недостаток кислорода и возраст, К., 1964.
13. Коробков А. В., Шкурдода В. А., Яковлев Н. Н., Яковлева Е. С.—Физ. культура людей разного возраста, М., 1963.
14. Король В. М.—Материалы VIII конфер. по возр. морфол., физиол. и биохимии, М., 1967, 188.
15. Красногорский Н. И.—Высшая нервная деят. ребенка, Л., 1958, 320.
16. Лауэр Н. В., Колчинская А. З.—Кислородный режим организма и его регулирование, 1966, 3.
17. Лауэр Н. В., Колчинская А. З.—Регуляция вегетативных и анимальных функций в онтогенезе, 1966, 81.
18. Лю Шао-Чжун.—Научн. труды ин-та усоверш. врачей, 1960, 1, 21, 139.
19. Марковская Г. И.—Бюлл. exper. биол. и мед., 1955, 40, 7, 7.
20. Маркосян А. А., Король В. М.—Теория и практика физ. культуры, 1964, 6, 32.
21. Маслов М. С.—Учебник детских болезней, Л., 1953, 512.

22. Мотылянская Р. Е., Стогова Л. И., Иорданская Ф. А.— Физ. культура и возраст, М., 1967.
23. Муравов И. В.— Нейрогуморальная регуляция в онтогенезе, К., 1964, 43.
24. Фарфель В. С.— Физиология спорта, 1960, М., 372.
25. Фарфель В. С., Фрейдберг И. М.— Теория и практика физ. культуры, 1948, 11, 6.
26. Фрейдберг И. М.— Труды I и IV конфер. по возр. морфол., физиол. и биохимии, М., 1954, 210; 1959, 341.
27. Шалков Н. А.— Вопросы физиологии и патологии дыхания у детей, М., 1957.
28. Штефко В. Г.— Основы возрастной морфологии, 1936.
29. Эголинский Я. А.— Труды III научной конфер. по возр. морфол., физиол. и биохимии, М., 1959, 320.
30. Яковлев Н. Н.— Теория и практика физ. культуры, 1962, 7, 25.
31. Astrand P. O.— *Physiol. Reviews*, 1956, 36, 3.
32. Biedl A.— *Innere Sekretion. Ihre physiologischen Grundlagen und ihre Bedeutung für die Pathologie*, 1922, 3.
33. Brody S.— *Bioenergetics and Growth*, N. Y., 1945.
34. Christensen E. H. und Hogberg P.— *Arbeitsphysiol.*, 1950, 14, 292.
35. Ferris B. G. a. Smith C. W.— *J. Amer. Acad. of Pediatrics*, 1953, 12, 4, 341.
36. Jobsis F. F.— *Respiration*, 1964, 1, 66.
37. Margaria R., Edwards H. T. a. Dill D. B.— *Am. J. Physiol.*, 1933, 106, 3, 689.
38. Neurath R.— *Die Pubertät. Physiologie, Pathologie*, Wien, Springer, 1932, 177.
39. Newman F., Smalley B. F. a. Thomson M. L.— *J. Physiol.*, 1961, 161, 1, 9.
40. Nöcker J., Böhlay V.— *Münch. med. Wschr.*, 1955, 97, 46, 15, 17.
41. Nöcker J., Böhlay V.— *Sonderheft «Theorie und Praxis der Körperkultur»*, 1956, 122.
42. Taylor H. Z., Buskirk E. K., Brozek J., Anderson J. T. a. Grande F.— *J. Appl. Physiol.*, 1957, 10, 3, 421.

Надійшла до редакції
27.VII 1967 р.

К характеристике кислородных режимов организма подростков и юношей при физической нагрузке

В. С. Мищенко

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

Резюме

В статье приведены данные об изменении показателей внешнего дыхания, гемодинамики, кислородтранспортной функции крови у подростков и юношей 13—16 лет при физической нагрузке (гребли) с точки зрения их роли в обеспечении доставки адекватных количеств O_2 (при соответствующем напряжении) работающим тканям. Рассматриваются изменения кислородного запроса, потребления O_2 , кислородного долга и их взаимоотношений. Приводятся сведения об изменении при этом всего кислородного режима организма.

Выявлено, что с возрастом увеличивается способность выполнять больший объем работы за более короткое время преодоления гребной дистанции. Наблюдается увеличение кислородного запроса, потребления O_2 кислородного долга, а также снижение отношения потребления O_2 к кислородному запросу.

Значительно увеличивается мощность систем внешнего дыхания и кровообращения. С возрастом увеличивается также и количество O_2 , поступающего в легкие, альвеолы и транспортируемого в минуту артериальной кровью, что указывает на большие функциональные возможности организма старших подростков и юношей. Об этом же говорит и увеличивающаяся с возрастом интенсивность поступления O_2 в легкие и аль-

веолы, большая эффективность и экономичность деятельности сердечно-сосудистой системы. Указанное увеличение возможностей, повышение мощности основных функциональных систем и связанного с этим уровня кислородного каскада qO_2 (см. рисунок) юношеского организма, сопровождается изменением взаимоотношений альвеолярной вентиляции и кровообращения, снижением эффективности и экономичности деятельности системы внешнего дыхания, поступления O_2 в легкие и альвеолы.

Указывается на некоторые особенности 14-летних подростков. В этом возрасте во время гребли отмечались наиболее высокие интенсивность поступления O_2 в легкие и альвеолы, относительные (на 1 кг веса) величины потребления O_2 , наиболее благоприятное соотношение потребления O_2 и кислородного запроса. В то же время наблюдалось наибольшее снижение экономичности деятельности системы внешнего дыхания, низкая эффективность поступления O_2 в легкие и альвеолы.

On Characteristic of Oxygen Regime in Organisms of Teenagers and Youths at Physical Loading

V. S. Mishchenko

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

Summary

The article deals with the data of changing the indices of external respiration, hemodynamics, oxygen transporting function of blood in teenagers and youths at the age of 13—16 in physical loading (rowing) from the view point of their role in providing the transportation of adequate quantities of O_2 (with corresponding tension) to the working tissues. The changes are considered in oxygen requirement, consumption debt and their interrelations. The data are presented on the change of the whole oxygen regime of the organism.

It is found out that the ability to perform a greater volume of work for a shorter period of time in overcoming the rowing distance increases with an age. A growth of oxygen requirement, consumption and debt is observed as well as the decrease of the ratio of O_2 consumption to O_2 requirement.