

УДК 612.176-053

СЕРЦЕВЕ ВИКИДАННЯ ПРИ СУБМАКСИМАЛЬНОМУ ФІЗИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ У ДІТЕЙ І ПІДЛІТКІВ

В. С. Міщенко, Б. К. Гуняді

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

Як це було неодноразово підкреслено [16, 19—21, 24, 29, 40 та ін.], максимальна працездатність при фізичних навантаженнях субмаксимальної інтенсивності та пов'язане з нею споживання кисню визначаються значною мірою доставкою кисню до працюючих тканин. У свою чергу доставка кисню тканинам визначається кисеньв'язуючими властивостями крові і, переважно, величиною серцевого викидання.

У зв'язку з цим вивчення питання про пристосування організму дитини і підлітка до фізичного навантаження викликає необхідність детального дослідження серцевого викидання.

Літературні дані про серцеве викидання у дорослих людей [16, 24, 29, 30, 34, 38, 39, 45 та ін.], обширний матеріал, одержаний в експерименті в ряді лабораторій, в тому числі у відділі фізіології кровообігу Інституту фізіології АН УРСР [2, 3 та ін.] проливають світло на багато аспектів змін серцевого викидання та його регуляції при різних станах організму, зокрема і при фізичному навантаженні. Проте у віковому аспекті ґрунтовні праці є тільки щодо людей похилого віку та стариків [11, 35, 43 та ін.]. Щодо обраного нами об'єкта досліджень, в літературі є лише поодинокі праці про зміну гемодинамічних параметрів при фізичному навантаженні [1, 5—7, 12, 13, 15, 22, 44 та ін.].

Метою цього дослідження було вивчення хвилинного об'єму кровообігу та деяких інших показників гемодинаміки і кисеньтранспортної функції крові у дітей 8—11 років та у підлітків 13—15 років при фізичному навантаженні (на велоергометрі) і в найближчому відновному періоді після нього.

Методика досліджень

Ми досліджували три групи хлопчиків-школярів: I—11 осіб віком вісім-дев'ять років, вагою 31,7 кг, поверхня тіла 1,09 м²; II—14 хлопчиків віком 10—11 років, вагою 38,0 кг, поверхня тіла 1,23 м²; III—16 школярів віком 13—15 років, вагою 53,7 кг, поверхня тіла 1,54 м².

Фізичне навантаження на велоергометрі полягало у трихвилинній роботі субмаксимальної інтенсивності (за В. С. Фарфелем), яка слідувала за стандартною дво-хвилинною роботою. У статті наводяться результати визначень наприкінці трихвилинної роботи, тобто часу, коли споживання кисню та зрушення в діяльності функціональних систем близькі до граничних. Так само була досліджувана група нетренованих чоловіків (вісім осіб віком 21—29 років, вагою 71 кг, поверхня тіла 1,84 м²). Показники навантаження на третій хвилині перебували в таких межах: 400—550 клм/хв у дітей восьми-дев'яти років; 500—650 клм/хв у дітей 10—11 років; 950—1400 клм/хв у підлітків 13—15 років і 1600—2200 клм/хв у дорослих людей.

Частоту серцевих скорочень (ЧСС) під час роботи та у відновному періоді реєстрували на електрокардіографі.

Водночас із визначенням ХОК (ацетиленовий метод) реєстрували артеріальний тиск аускультативним методом (за Коротковим). Споживання кисню визначали у

відкритій системі за Дуглас—і ацетиленової суміші провід ацетилену був застосований лувалося насичення артеріаль також дані про вміст гемогл кисневу ємкість крові ($C_{\text{max}} O_2$)

При вивченні ХОК при адекватність застосовуваних м востями контингенту обслідува ніше спинимосся на обґрунтува кації ацетиленового методу Гр

В останні роки ряд авто каціях можна усунути відомі



Рис. 1. Схема пристрою для визначення серцевого викидання.

А — мішок для вихідної ацетиленової суміші; Б — за перші 5 сек, Г — за наступні 5 сек. Зонд вставляється в нос. Зонд вставляється в нос. Зонд вставляється в нос.

фізичному навантаженні безпечною. Застосування пристрою дозволяє визначити серцеве викидання з точністю до 10%. У своєму дослідженні ми зважали на можливість виникнення помилок при визначенні об'єму мертвого простору. Для цього ми визначали об'єм мертвого простору за допомогою вихідного ацетилену.

Застосування пристрою дозволяє визначити серцеве викидання з точністю до 10%. У своєму дослідженні ми зважали на можливість виникнення помилок при визначенні об'єму мертвого простору. Для цього ми визначали об'єм мертвого простору за допомогою вихідного ацетилену.

У відновному періоді розв'язання (в межах 10—15 сек) закінчення роботи. У зв'язку з чинюється в крові і тканинах о ності дослідження багаторазове пебажане. Тому ми змушені бу чень. Наприклад, в одному в хвилині відновлення, в іншому першій хвилині і на 10—13-й хв

Результати

Дослідження показали, що до граничного за функціональних систем) фізичном

відкритій системі за Дуглас — Холденом. Аналіз вдихуваного, видихуваного повітря і ацетиленової суміші провадили на модифікованому апараті ГВВ-2. Як поглинач ацетилену був застосований лужний розчин ціанистої ртуті. Оксигеметрично реєструвалось насичення артеріальної крові киснем (вушний датчик). Нами одержані також дані про вміст гемоглобіну (фотоелектроколориметричним методом) та про кисневу ємкість крові ($C_{\text{max}} O_2$) у дітей і підлітків.

При вивченні ХОК при фізичному навантаженні неминуче стає питання про адекватність застосовуваних методик, про приведення їх у відповідність з особливостями контингенту обслідуваних та умов дослідження. У зв'язку з цим ми докладніше спинимось на обґрунтуванні застосованої нами в даному дослідженні модифікації ацетиленового методу Грольмана.

В останні роки ряд авторів [19, 23, 40 та ін.] показав, що при певних модифікаціях можна усунути відомі недоліки даного методу, тоді як його переваги при

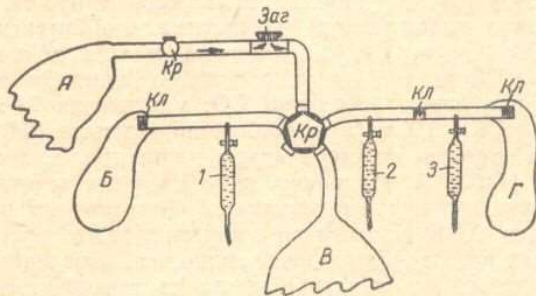


Рис. 1. Схема пристрою для визначення артеріо-венозної різниці за киснем ацетиленовим методом при фізичному навантаженні.

А — мішок для вихідної ацетиленової суміші (8—12% C_2H_2 , 21% O_2 в азоті), Б і Г — мішки (аерозондові об'ємом 10—15 л) для збирання видихуваного повітря під час дихання ацетиленовою сумішшю: Б — за перші 5 сек, Г — за другі 5 сек; В — мішок для збирання видихуваного повітря і визначення споживання кисню перед визначенням артеріо-венозної різниці. 1, 2, 3 — газоприймачі для дробного відбору проб видихуваної ацетиленової суміші: 1 — посередній час дихання сумішшю (на 5—6-й сек), 2 і 3 — наприкінці дихання сумішшю (8—10 сек). Кр — крани, Заг — загубник, Кл — клапани (видихувальні).

фізичному навантаженні безперечні. Цими авторами була показана добра відтворюваність результатів визначення ХОК при фізичному навантаженні цим методом та збіжність з результатами, одержаними методом розведення барвника і методом Фіка. У своєму дослідженні ми зважили на модифікації цього методу [14, 19, 32], які дозволили провадити дослідження без активної участі обслідуваного та скоротити тривалість визначення до 10 сек, тобто до часу, при якому рециркуляція крові вже не може вносити істотної похибки [42]. Крім того ми звернули особливу увагу на зниження об'єму мертвого простору повітряноснової системи і на точність визначення споживання кисню як перед визначенням ($a-v$) O_2 відмінності, так і під час цього визначення.

Застосування пристрою для дробного відсікання трьох-чотирьох порцій видихуваної суміші протягом 10 сек дихання сумішшю (рис. 1) підвищило надійність методу у зв'язку з появою в цьому випадку можливості контролю за змішуванням повітря альвеолярного резервуара з вдихуваною ацетиленовою сумішшю і часом досягнення певної стабільності складу повітря легень. Наведена на рис. 1 схема дослідження дозволяє проводити відбір проб для аналізу вже після закінчення вдихання ацетиленової суміші.

У відновному періоді розглядувані показники визначали у першу хвилину відновлення (в межах 10—15 сек), а також на 2; 4—5; 7—8 і 10—13-й хвилинах після закінчення роботи. У зв'язку з тим, що для вимивання основної маси C_2H_2 , що розчинюється в крові і тканинах організму, потрібно кілька хвилин, для підвищення точності дослідження багаторазове визначення ($a-v$) O_2 відмінності в одному досліді небажане. Тому ми змушені були в одному досліді проводити не більше двох визначень. Наприклад, в одному випадку — визначення при роботі і на сьомій-восьмій хвилині відновлення, в іншому випадку (при обслідуванні цієї самої особи) — на першій хвилині і на 10—13-й хвилині відновлення тощо.

Результати досліджень та їх обговорення

Дослідження показали, що частота серцевих скорочень при (близькому до граничного за фізіологічними зрушеннями основних функціональних систем) фізичному навантаженні у віці від восьми до 15 років

Якщо взяти до уваги, що для дітей уже в стані спокою для забезпечення необхідного рівня газообміну характерні більші величини CO і ХОК при віднесенні їх до ваги або поверхні тіла, з'являється сумнів у тому, чи може аналіз тільки наведених гемодинамічних показників (CO і ХОК) дати більш-менш повну відповідь на питання про суть вікових відмінностей кровообігу при фізичному навантаженні.

Так, розрахунки показують, що незважаючи на те, що відносні показники ХОК на кг ваги тіла з віком знижуються, у процесі росту і розвитку організму спостерігається збільшення ступеня підвищення ЧСС , CO і ХОК при навантаженні субмаксимальної інтенсивності в порівнянні з їх рівнем у стані спокою. Слід, проте, відзначити, що між дітьми і підлітками ця відмінність значно менша, ніж між підлітками і дорослими людьми. Це пов'язано з тим, що у підлітків у спокої спостерігаються порівняно високі і абсолютні і відносні показники ХОК . На це вказують як літературні, так і наші дані [9, 16, 26, 31]. У зв'язку з цим, якщо у дітей ХОК збільшується в 3,43 раза у вісім-дев'ять років і в 3,6 раза в 10—11 років, то у підлітків у 3,72 раза, тоді як у дорослих ХОК в порівнянні з спокоєм підвищується в п'ять разів.

Аналіз ступеня збільшення систолічного об'єму при навантаженні показав, що для дорослих людей збільшення CO — більш важливий фактор збільшення ХОК , ніж для підлітків і, особливо, дітей. Так, якщо у дорослих CO при навантаженні збільшився на 99% від його показника у спокої, то у підлітків — на 65%, а у дітей лише на 58%. За цим показником підлітки також більш близькі до дітей, ніж до дорослих.

Принципальні фактори, що визначають напруження кисню в працюючій м'язовій тканині — це кількість капілярів, напруження кисню в артеріальній крові, вивільнення і перехід у тканину хімічно зв'язаного кисню та швидкість споживання кисню в клітинах. При зниженні pO_2 м'язової тканини нижче певної критичної величини споживання кисню м'язом при роботі і, в кінцевому підсумку, його працездатність стає залежною від доставки кисню. Мабуть, розгляд деяких показників, що характеризують ступінь досягнення цієї основної мети кровообігу при навантаженні має дати ще більш чіткі вікові відмінності. Як показали дослідження кисневих режимів організму [4, 5, 8, 9], такого роду аналіз дозволяє кількісно і якісно визначити роль кровообігу в забезпеченні організму киснем.

Наші дослідження дозволяють вважати, що кількість кисню, яка транспортується артеріальною кров'ю за хвилину ($q_a\text{O}_2$) при навантаженні з віком збільшується. Причому, вона збільшується значніше, ніж ХОК (табл. 2) у зв'язку з віковим збільшенням кисневої ємкості крові.

З іншого боку природне збільшення з віком споживання кисню при навантаженні відбувається швидше, ніж збільшення загального транспорту кисню артеріальною кров'ю. Уже це може свідчити про те, що з віком при навантаженні поліпшується мобілізація механізмів більш повної утилізації кисню із загальної кількості кисню, що приносить до тканин артеріальна кров (рис. 2).

Незважаючи на це, загальна кількість кисню, яку відносить за хвилину змішана венозна кров ($q_v\text{O}_2$), що відтікає від тканин назад до легень, з віком збільшується. Проте, це, як видно з табл. 2, пов'язано лише з більшими відмінностями в масі і поверхні тіла осіб різного віку. Якщо віднесені на 1 м^2 поверхні тіла $q_a\text{O}_2$ і споживання кисню при навантаженні з віком збільшуються (рис. 2), то аналогічна величина $q_v\text{O}_2$ проявляє тенденцію до зниження (рис. 3).

Цікаво, що величина $q_{\bar{v}}O_2$ на m^2 поверхні тіла досить стійка; всередині вікових груп вона коливається в невеликих межах. У зв'язку з цим її значення можуть бути використані для орієнтувальної оцінки ХОК при циклічних субмаксимальних навантаженнях за умов, якщо відомі споживання кисню ($q_t O_2$), насичення артеріальної крові киснем

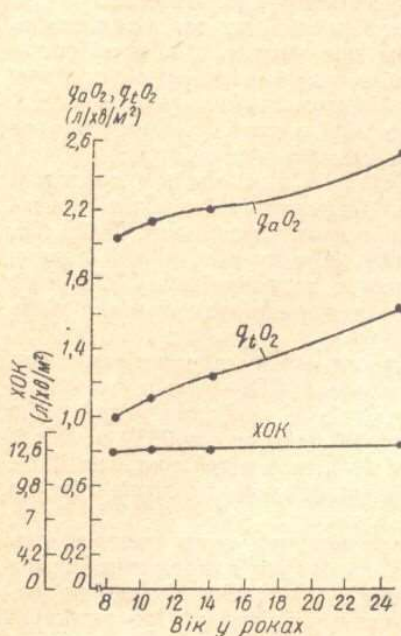


Рис. 2. Споживання кисню ($q_t O_2$), хвилинний об'єм кровообігу (ХОК) та кількість кисню, транспортованого артеріальною кров'ю за хвилину ($q_a O_2$) в розрахунку на m^2 поверхні тіла при фізичному навантаженні у осіб різного віку.

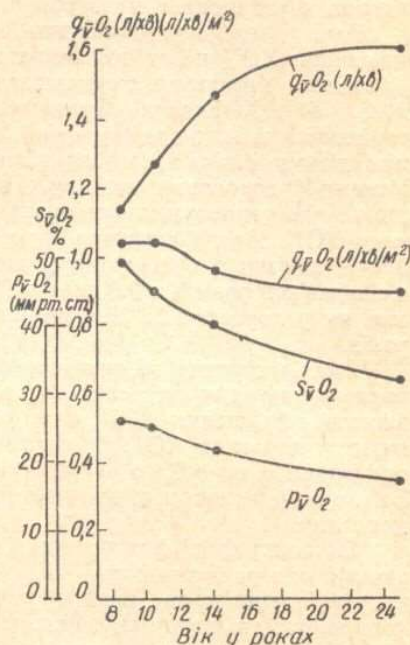


Рис. 3. Кисневі параметри змішаної венозної крові при фізичному навантаженні у осіб різного віку.

Кількість кисню, транспортованого змішаною венозною кров'ю — $q_{\bar{v}} O_2$ в $л/хв$ і в $л/хв/м^2$ поверхні тіла; насичення змішаної венозної крові киснем — $S_{\bar{v}} O_2$ в процентах і парціальний тиск кисню $p_{\bar{v}} O_2$ в мм рт. ст.

($S_a O_2$) і киснева ємкість крові ($C_{\max} O_2$); для 8—11 років $ХОК$ ($л/хв/м^2$) = $\frac{q_t O_2 (л/хв/м^2) + 1,04}{(C_{\max} O_2 \times S_a O_2) : 100}$. Для підлітків 13—15 років у числитель замість 1,04 слід поставити цифру $q_{\bar{v}} O_2 = 0,96 л/хв/м^2$.

Отже, з викладеного видно, що найбільш характерним для зміни з віком (від дитячого віку до зрілого стану) діяльності циркуляторної системи організму при субмаксимальному фізичному навантаженні є як збільшення максимальної величини ХОК, так і ще більш виражене збільшення транспорту кисню артеріальною кров'ю та підвищення ступеня використання цих кількостей кисню, за які відповідальні, насамперед, периферичні фактори.

У зв'язку з цим, ми гадаємо, що у відношенні до дитячого організму лише з відомою часткою вірогідності можна вважати, що максимальний рівень споживання кисню ($МСО_2$) фактично обмежується лише максимальною величиною ХОК.

На значення периферичних факторів у більшому або меншому використанні кисню з артеріальної крові вказують праці по вивченню

реакції на фізичне навантаження. По вивченню впливу тренування показано, що під впливом тренування швидше, ніж ХОК, зростає ступінь утилізації кисню в тканинах. Викладені міркування.

Кількість кисню, транспортованого змішаною венозною ($q_{\bar{v}} O_2$) кров'ю при фізичному навантаженні

Досліджувані показники	8—9 років
$q_a O_2$ ($л/хв$)	$2,23 \pm 0,1$
$q_t O_2$ ($л/хв$)	$1,09 \pm 0,1$
$q_{\bar{v}} O_2$ ($л/хв$)	$1,14 \pm 0,1$
$q_a O_2$ ($л/хв/м^2$)	$2,04 \pm 0,1$
$q_t O_2$ ($л/хв/м^2$)	$1,00 \pm 0,1$
$q_{\bar{v}} O_2$ ($л/хв/м^2$)	$1,04 \pm 0,1$

Так, у дітей, при споживанні приблизно стільки ж його, як у дорослих, літків з артеріальної крові проте незначна (55—60%) використовується близько 80—90% загальної кількості кисню в альна кров [4, 20, 21, 40].

Ступінь збільшення ХОК, $q_{\bar{v}} O_2$ з віком

Вік досліджуваних	Ступінь збільшення
3 8—9 до 10—11 років	2
3 8—9 до 13—15 років	6
3 8—9 до 21—29 років	1

Як видно з наведених даних, підвищення утилізації кисню в тканинах, і особливо дітей, при фізичному навантаженні центральної циркуляції показує, що у дітей відносно менше споживання кисню при фізичному навантаженні пов'язана більшою мірою з підвищенням ХОК, ніж за низьку утилізацію кисню в тканинах. Це можна бачити при навантаженні субмаксимальної крові у досліджуваних від 8 до 15 років підвищується досить швидко ХОК до 13—15 років, що величина ХОК під час роботи могла б

реакції на фізичне навантаження людей похилого віку [35, 43], а також по вивченню впливу тренування на організм [8, 10, 23, 30], в яких показано, що під впливом навіть нетривалого тренування MCO_2 збільшується швидше, ніж ХОК. Наші дані про істотні вікові відмінності ступеня утилізації кисню з крові при навантаженні підтверджують викладені міркування.

Таблиця 2

Кількість кисню, транспортованого за хвилину артеріальною ($q_a\text{O}_2$), змішаною венозною ($q_v\text{O}_2$) кров'ю та спожитого організмом ($q_t\text{O}_2$) у осіб різного віку при фізичному навантаженні

Досліджувані показники	8—9 років	10—11 років	13—15 років	21—29 років
$q_a\text{O}_2$ (л/хв)	$2,23 \pm 0,11$	$2,63 \pm 0,13$	$3,39 \pm 0,18$	$4,62 \pm 0,26$
$q_t\text{O}_2$ (л/хв)	$1,09 \pm 0,09$	$1,36 \pm 0,11$	$1,91 \pm 0,13$	$3,01 \pm 0,20$
$q_v\text{O}_2$ (л/хв)	$1,14 \pm 0,05$	$1,27 \pm 0,06$	$1,48 \pm 0,7$	$1,61 \pm 0,05$
$q_a\text{O}_2$ (л/хв/м ²)	$2,04 \pm 0,1$	$2,14 \pm 0,09$	$2,20 \pm 0,09$	$2,54 \pm 0,10$
$q_t\text{O}_2$ (л/хв/м ²)	$1,00 \pm 0,05$	$1,10 \pm 0,04$	$1,24 \pm 0,05$	$1,63 \pm 0,06$
$q_v\text{O}_2$ (л/хв/м ²)	$1,04 \pm 0,03$	$1,04 \pm 0,02$	$0,96 \pm 0,03$	$0,90 \pm 0,02$

Так, у дітей, при споживанні кисню, близькому до максимального, з притікаючої до тканин крові використовується лише 50% кисню, і приблизно стільки ж його переходить у змішану венозну кров. У підлітків з артеріальної крові використовується хоч і більша, ніж у дітей, проте незначна (55—60%) частина кисню. І лише у дорослих людей використовується близько 70% кисню, який приносить до тканин кров. Водночас відомо, що у тренуваних осіб тканини можуть використовувати 80—90% загальної кількості кисню, що його приносить артеріальна кров [4, 20, 21, 40].

Таблиця 3

Ступінь збільшення ХОК, $\text{C(a-v)}\text{O}_2$ і споживання кисню у осіб різного віку від їх рівня у 8—9 років

Вік обслідуваних	ХОК		$\text{C(a-v)}\text{O}_2$		Споживання кисню	
	л/хв	%	об. %	%	мл/хв	%
3 8—9 до 10—11 років	2,23	16,5	0,6	7,5	270	24,8
3 8—9 до 13—15 років	6,58	49	1,47	18,4	820	75,5
3 8—9 до 21—29 років	11,54	85	4,0	50	1920	176

Як видно з наведених показників, що характеризують можливості підвищення утилізації кисню з крові, ефективність кровоструменя підлітків, і особливо дітей, досить низька. Кількісна оцінка ролі збільшення центральної циркуляції та підвищення утилізації кисню з крові показує, що у дітей відсутність резервних можливостей збільшення споживання кисню при субмаксимальному фізичному навантаженні пов'язана більшою мірою з периферичними факторами, відповідальними за низьку утилізацію кисню з крові, ніж з можливостями центральної циркуляції. Це можна бачити і з наведеної табл. 3, яка показує, що при навантаженні субмаксимальної інтенсивності утилізація кисню з крові у обслідуваних від восьми-дев'яти років до 10—11 і до 13—15 років підвищується досить незначною мірою, тоді як можливість збільшення ХОК до 13—15 років росте майже у півтора раза. Можна припустити, що величина ХОК, наприклад, у дітей восьми-дев'яти років під час роботи могла б ще підвищитися, хоч і не більше, ніж на 2—

3 л/хв, тобто приблизно до 16 л/хв. Це дозволило б збільшити споживання кисню лише на 18% при тій же величині $C(a-\bar{v})O_2$. Збільшення ж $C(a-\bar{v})O_2$ приблизно до того ж рівня, який спостерігається у дорослих, дозволило б дитячому організму підвищити споживання кисню більш ніж у півтора раза. Якщо б у дітей восьми-дев'яти років величина артеріо-венозної різниці ($C(a-\bar{v})O_2$) була б такою ж, як і у дорослих, тобто 12 об. % (табл. 4), то наявний рівень споживання кисню міг би бути забезпечений величиною ХОК 9 л/хв, а не 13 л/хв, як це відзначається дійсно. І навіть у цьому випадку венозний залишок кисню становив би 4,5 об. %, тобто більше того, що спостерігається у тренуваних осіб (2—3 об. %). Отже, робота виконувалась би дитиною без істотного напруження для діяльності серця.

Таблиця 4
Деякі кисневі параметри крові у осіб різного віку при фізичному навантаженні

Досліджувані показники	8—9 років	10—11 років	13—15 років	21—29 років
$C_{\max}O_2$ об. %	17,49±0,1	17,90±0,09	18,23±0,16	20,2±0,3
$C_aO_2^*$ об. %	16,55±0,07	16,66±0,06	16,9 ±0,1	18,4±0,18
$C_{\bar{v}}O_2$ об. %	8,54±0,13	8,05±0,10	7,42±0,12	6,4±0,2
$C(a-\bar{v})O_2$ об. %	8,01±0,12	8,61±0,13	9,48±0,21	12,0±0,36
$p_{\bar{v}}O_2^*$ мм рт. ст.	26	25	22	17

* Величини, одержані розрахунковим способом: $C_{\bar{v}}O_2 = C_aO_2 - (C_a - C_{\bar{v}})O_2$; $p_{\bar{v}}O_2$ обчислювали на підставі розрахункової величини насичення змішаної венозної крові киснем: $S_{\bar{v}}O_2 = (C_{\bar{v}}O_2 : C_{\max}O_2) \times 100$. Припускаючи, що температура крові та її рН істотно не змінюються порівняно з їх значеннями у спокої, $p_{\bar{v}}O_2$ розраховували за допомогою [41].

Які ж з периферичних факторів відповідальні за значно більш низьку утилізацію кисню в організмі дитини?

Мабуть, найбільше значення має досконалість периферичного кровообігу, перерозподіл потоку крові при переході від спокою до фізичного навантаження, спрямований на збільшення кровопостачання м'язів.

Відомо, що у чоловіків при фізичному навантаженні працюючими м'язами утилізується близько 90% і більше кисню з притікаючої до них крові [20, 27]. Середня ж величина $C(a-\bar{v})O_2$ для усього кровотоку в організмі підвищується при цьому значно меншою мірою. Ці дані дозволяють припускати, що майже вся величина відмінностей $C(a-\bar{v})O_2$ дітей, підлітків і дорослих людей при роботі може бути викликана менш досконалим у дітей і підлітків перерозподілом крові, тим більше, що у дорослих більша частина загального кровотоку має доводитися на м'язи вже тому, що м'язи становлять у дорослих значно більшу частину від ваги тіла, ніж у дітей.

Великого значення ми надаємо одержаному в даному дослідженні факту — зниження з віком величини парціального тиску кисню в змішаній венозній крові — $p_{\bar{v}}O_2$ (табл. 4). Незважаючи на те, що загальна величина венозного залишку кисню (л/хв) з віком збільшується, $p_{\bar{v}}O_2$ зменшується чіткіше, ніж відносна величина венозного залишку кисню (л/хв/м²), що видно з рис. 3. Одне з можливих пояснень цього факту полягає в тому, що для працюючих м'язів дітей характерний більш високий, ніж у дорослих «критичний» рівень pO_2 [37], тобто напруження кисню, нижче якого клітинне дихання стає залежним від

доставки кисню [36]. Так, як слідах показники $p_{\bar{v}}O_2$ — у позному кінці капілярів — у 26 мм рт. ст., то це значить найдалішої точки тканини і лише 16 мм рт. ст. у дорослому кисню мітохондріальною су

Отже, низька ефективність організму дітей киснем при татом впливу згаданих м'яз

Питання про те, чи є і кисню і вище $p_{\bar{v}}O_2$ наслідк тканинах або це пов'язано з досконалим у них перерозподілом кровотоку, залишається неясним.

Більш низький по $p_{\bar{v}}O_2$ у дорослих людей в порівнянні з дітьми, крім того, і відбиває крашу утилізації з крові, дає й іншу перевагу організму дорослих людей

Рис. 4. Зміна ХОК, p_aO_2 , $p_{\bar{v}}O_2$, динамічного (ГЕ) і вентиляційного еквівалентів у дітей при фізичному навантаженні різного характеру в ергометрі (1 — стан спокою; 2 — робота протягом 3 хв у стійкому споживанні кисню близько 40% субмаксимального; 3 — робота протягом 3 хв у граничному темпі; 4 — робота протягом 3 хв субмаксимальної інтенсивності живання кисню близько до граничного).

навантаженні. Вона пов'язана з притікає до легень, створює збільшенню здатності легень [17] дітей недонасичення артерій крові нами ступінь не, 1—7%) — більший у дорослих на умовах споживання кисню сенс такого явища. На це свідчення (рис. 4).

З рис. 4 видно, що при спостерігається певний зростання динамічного і вентиляційного еквівалентів при зниженні $p_{\bar{v}}O_2$ знижується також p_aO_2 і вентиляційний еквівалент, що ступінь утилізації кисню особливостей змін не тілі й від характеру циклічності і тривалості. Так, у даній часній інтенсивній роботі артеріо-венозна різниця кисню в роботі (див. підпис до рис. 4) в максимальному

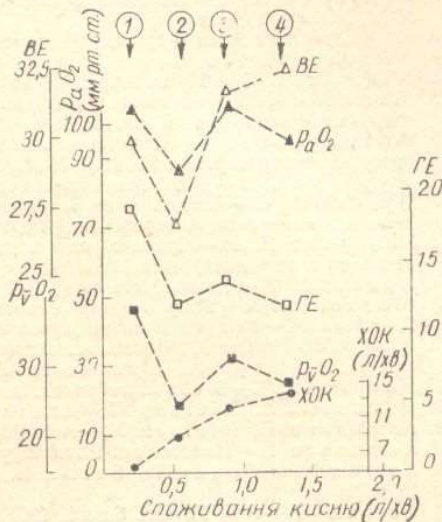
доставки кисню [36]. Так, якщо припустити, що одержані в наших дослідках показники $r\bar{v}O_2$ — це «критичне» напруження кисню на венозному кінці капілярів — у дорослих це 17 мм рт. ст., а у дітей — 26 мм рт. ст., то це значить, що pO_2 відмінність капілярної крові до найдалшої точки тканини не може бути у дітей менше 25 мм рт. ст. і лише 16 мм рт. ст. у дорослих людей (для забезпечення споживання кисню мітохондріальною суспензією достатньо 1 мм рт. ст. [28]).

Отже, низька ефективність кровоструменя щодо постачання м'язів організму дітей киснем при фізичному навантаженні може бути результатом впливу згаданих м'язових та можливо інших факторів.

Питання про те, чи є відносно великий у дітей венозний залишок кисню і вище p_vO_2 наслідком особливостей утилізації кисню в самих тканинах або це пов'язано з менш досконалим у них перерозподілом кровоструменя, залишається неясним.

Більш низький показник $r\bar{v}O_2$ у дорослих людей в порівнянні з дітьми, крім того, що він відбиває кращу утилізацію кисню з крові, дає й іншу перевагу організму дорослих людей при

Рис. 4. Зміна ХОК, p_aO_2 , $r\bar{v}O_2$, гемодинамічного (ГЕ) і вентиляційного (ВЕ) еквівалентів у дітей при фізичному навантаженні різного характеру на велоергометрі (1 — стан спокою; 2 — легка робота протягом 3 хв у стійкому стані, споживання кисню близько 40% від максимального; 3 — робота протягом 1 хв у граничному темпі; 4 — робота протягом 3 хв субмаксимальної інтенсивності, споживання кисню близько до граничного).



навантаженні. Вона пов'язана з тим, що більш низьке pO_2 крові, яка притікає до легень, створює умови для підвищення максимальної дифузійної здатності легень [17], хоч і може бути причиною більшого, ніж у дітей недонасичення артеріальної крові киснем. Але оскільки спостережуваний нами ступінь недонасичення артеріальної крові киснем (на 1—7%) — більший у дорослих людей, ніж у дітей — мало позначається на умовах споживання кисню тканинами, то очевидний фізіологічний сенс такого явища. На це вказують літературні дані [25] і наші дослідження (рис. 4).

З рис. 4 видно, що при фізичних навантаженнях різного характеру спостерігається певний зв'язок у напрямку зміни $r\bar{v}O_2$, p_aO_2 , гемодинамічного і вентиляційного еквівалента. Він полягає в тому, що при зниженні $r\bar{v}O_2$ знижується і гемодинамічний еквівалент. Знижується також p_aO_2 і вентиляційний еквівалент. У зв'язку з цим можна гадати, що ступінь утилізації кисню при фізичному навантаженні має ряд особливостей змін не тільки залежно від рівня споживання кисню, але й від характеру циклічної роботи — різних сполучень її інтенсивності і тривалості. Так, у даному прикладі (рис. 4) видно, що при короткочасній інтенсивній роботі на велоергометрі (максимальний темп) артеріо-венозна різниця кисню збільшується меншою мірою, ніж при легкій роботі (див. підпис до рис. 4), хоч споживання кисню більше при роботі в максимальному темпі.

Дальше вивчення цього аспекту питання може мати певне значення для обґрунтування застосування у фізичному вихованні дітей тих або інших видів циклічної роботи, для спрямованого впливу на організм у процесі спортивного тренування.

Література

1. Васильева В. В.—Труды конфер. по возр. физиол., морфол. и биохимии, М., 1965, 286.
2. Гуревич М. И.—В сб.: Физиол. сердечн. выбр., К., 1968, 24.
3. Ильчевич М. В., Берштейн С. А.—Физиол. журн. АН УРСР, 1969, XVI, 1.
4. Колчинская А. З.—Недостаток кислорода и возраст, К., 1964.
5. Колчинская А. З., Мищенко В. С., Гуняди Б. К.—Мышечная деят. и функции организма при старении, К., 1968, 35.
6. Кузьмина В. Н.—Изучение функц. способн. сердца спортсменов по данным МОК, УО крови, Дисс., М., 1954.
7. Марковская Г. А.—Матер. III научн. конфер. по возрасти. морфол., физиол. и биохимии, М., 1959.
8. Мищенко В. С.—Физиол. журн. АН УРСР, 1969, 15, 1, 46.
9. Мищенко В. С.—Изменения дыхания у подростков и юношей под влиянием спортивной тренировки, Дисс., М., 1969.
10. Мотылянская Р. Е., Стогова Л. И., Кару Т. Э.—Матер. конфер. по пробл. спорт. тренировки, М., 1967, 3, 33.
11. Муравов И. В.—В сб.: Механизмы старения, К., 1963, 355.
12. Пугина Н. С.—Вентил. и ее взаимоотнош. с кровообр. у здоровых детей 7—15 лет и при пневмонии. Автореф. дисс., Л., 1966.
13. Ульбрихт Я. И.—Сравнит. оценка данных функц. способн. сердца юных и взрослых спортсменов, Дисс., М., 1960.
14. Хренов И. И.—Архив биол. наук, 1940, 60, 1 (10), 46.
15. Шалков Н. А.—Вопр. физиол. и патол. дыхания у детей, М., 1957, 120, 292.
16. Гайтон А.—Минутный объем кровообр. и его регуляция, М., 1969, 14.
17. (Comroe J., Forster R., Dubois A., Briscoe W., Carlsen E.) Комро Дж., Форстер Р., Дюбуа А., Бриско В., Карлсен Е.—Легкие, М., 1961, 74.
18. Навратил М.—В сб.: Патофизиол. дыхания, М., 1967, 182.
19. Asmussen E., Nielsen M.—Acta Physiol. Scand., 1952, 27, 217.
20. Asmussen E., Nielsen M.—Acta Physiol. Scand., 1955, 35, 73.
21. Asmussen E.—Handbook of Physiology. Respiration, 1965, 2, 939.
22. Astrand P., Cuddy T., Saltin B., Stenberg J.—J. Appl. Physiol., 1964, 19, 268.
23. Astrand P.—Acta Physiol. Scand., 1960, Suppl. 49, 169.
24. Bevegard S., Holmgren A., Jonsson B.—Acta Physiol. Scand., 1963, 57, 25.
25. Bjure J.—Scand. J. Clin. Lab. Invest., 1965, 17, Suppl. 81.
26. Brotmacher L.—Circulat. Res., 1957, 5, 589.
27. Carlsson L., Pernow B.—Acta Physiol. Scand., 1961, 52, 328.
28. Chance H., Cohen J., Jobsis F., Schoener H.—Science, 1962, 136, 325.
29. Christensen E.—Arbeitsphysiologie, 1932, 5, 479.
30. Ekblom B., Astrand P., Saltin B., Stenberg B.—J. Appl. Physiol., 1968, 24, 4, 518.
31. Emmrich J., Stein H., Klepsig H., Reindell H., Baumgarten B.—Kreislaufforsch., 1958, 47, 326.
32. Espersen T.—Acta Med. Scand., 1941, 106, 108.
33. Forster R.—Oxygen in the Animal Organism, 1964, 393.
34. Gauer O., Throm H.—Handbook of Physiology, Circulation, 1965, 3, 2409.
35. Grimby G., Nilson N., Saltin B.—J. Appl. Physiol., 1966, 21 (4), 1150.
36. Kunze K.—Oxygen Transport in Blood and Tissue, Stuttgart, 1968, 198.
37. Otis A.—The Regulation of Human Respiration, 1963, 111.
38. Reeves J., Grover J., Cohn J.—J. Appl. Physiol., 1967, 22 (3), 546.
39. Rushmer R., Smith O.—J. Physiol. Rev., 1959, 39, 41.
40. Saltin B.—Acta Physiol. Scand., 1964, 62, suppl. 230.
41. Severinghaus J.—J. Appl. Physiol., 1958, 12, 485.
42. Sowton E., Bloomfield D., Jones N., Higgs B., Campbell E.—Cardiovasc. Res., 1968, 2, 4, 341.
43. Strandell F.—Acta Med. Scand., 1963, 174, 4.
44. Tschneider E., Crampton C.—Amer. Physiol. J., 1936, 114, 2, 473.
45. Vogel J., Hansen J., Harris H.—J. Appl. Physiol., 1967, 23 (4), 531.

Надійшла до редакції
10.XII 1969 р.

CARDIAC OUTPUT IN CHILDREN

V. S. MISCHENKO

Department of Age Physiology,
Academy of Sciences of the USSR

The data are presented on the possibilities of the central circulation from blood in this period of the reserve possibilities of a rise with the peripheral factors of circulation of oxygen from blood, than with 13—15 to the adult state both utilization of oxygen from blood.

It is shown that with a suitable utilization of the possibilities of the central circulation from blood in this period of the reserve possibilities of a rise with the peripheral factors of circulation of oxygen from blood, than with 13—15 to the adult state both utilization of oxygen from blood.

**CARDIAC OUTPUT DURING SUBMAXIMAL EXERCISE
IN CHILDREN AND TEEN-AGERS****V. S. Mishchenko, B. K. Gunyadi***Department of Age Physiology, the A. A. Bogomoletz Institute of Physiology,
Academy of Sciences, Kiev***Summary**

The data are presented on the minute volume of circulation (the acetylene method) and other parameters of hemodynamics in children of 8—9, 10—11 years old, teen-agers of 13—15 years and in adult people during submaximal exercise on a bicycle when oxygen consumption and functional shifts of the circulation approach the maximal indices. Besides, the data are analyzed obtained by the authors on the oxygen-transport function of blood with such a kind of load and on efficiency of circulation with respect to supplying the tissues with oxygen.

It is shown that with a submaximal physical load at the age from 8—9 to 13—15 the possibilities of the central circulation grow very considerably, but utilization of oxygen from blood in this period of age development rises insignificantly. In this connection the reserve possibilities of a rise in oxygen at this age are associated to a greater extent with the peripheral factors of circulation, which are responsible for a low utilization of oxygen from blood, than with possibilities of the central circulation. At the age from 13—15 to the adult state both the central circulation, oxygen transport by blood and utilization of oxygen from blood increase.