

Отже, збільшення об'єму крові, що протікає через судини частки легені, приводить до зменшення пресорного ефекту магістрального кров'яного тиску, або навіть перетворення пресорної реакції на депресорну при тих самих умовах подразнення. Це дає підставу припускати, що зміна перфузійного об'єму викликає зрушення у рівні збудливості подразнюваних ділянок мозку, а саме, збільшення кровонаповнення судин частки легені супроводжується гальмівними впливами на судиноруховий центр мозку. Оскільки цей ефект дещо зменшується через 5 хв посиленої перфузії судин частки легені, видимо, в механізмі його має місце процес адаптації.

З наших даних випливає, що сам по собі початок перфузії судин частки легені адекватним об'ємом крові з допомогою резистографа викликає деяке зменшення пресорного ефекту на подразнення судинорухових пунктів середнього мозку і гіпоталамуса. Безперервний регулюючий вплив на всю систему кровообігу з рецепторів судин легені виявляється і в спеціальних умовах досліду. Так, виключення рецепторного поля судин легень новокаїнізацією або денервацією викликає депресорну реакцію з боку великого кола [3]. Постійний аферентний вплив з механорецепторів легень виявляється і електрофізіологічними спостереженнями [9, 11 та ін.].

Отже, постійні аферентні впливи з механорецепторів легеневих судин подібно впливам з основних рецепторних зон великого кола кровообігу беруть участь у рефлекторній саморегуляції кровообігу. Доказом цьому служать не тільки порушення серцевої діяльності і зрушення магістрального кров'яного тиску при підвищенні тиску в судинах малого кола [4, 5, 15 та ін.], але й, як видно з наших дослідів, зміни реакції серця і судин при прямому електричному подразненні судинорухових пунктів мозку. Цей останній вплив виявляється навіть у тих випадках, коли зміна умов перфузії частки легені не викликала чітких змін загального кров'яного тиску. Проте при цьому, видимо, змінюється функціональний стан судинорухового центра головного мозку, що в кінцевому підсумку й виявляє регулюючий вплив на систему кровообігу в цілому.

Висновки

1. Збільшення об'єму перфузії судин частки легені виявляє гальмівний ефект на судинорухові пункти ретикулярної формації середнього мозку і гіпоталамуса.
2. Гальмівний вплив виявляється і в тому випадку, коли саме по собі збільшення об'єму перфузії ізольованої частки легені не викликає істотних змін в магістральному кров'яному тиску.
3. При тривалішому впливі збільшеного об'єму перфузованої рідини на судини ізольованої частки легені настає адаптація.

Література

1. Адрианов О. С., Меринг Т. А.— Атлас мозга собаки, М., 1959.
2. Водоп'янова М. А.— Физиол. журн. СССР, 1968, 54, 6, 697.
3. Маринеску В., Сараджа Т., Гицеску Т. и др.— Журн. мед. наук АН Румын. Народн. Респ., 1956, 1, 1, 144.
4. Парин В. В.— Бюлл. exper. биол. и мед., 1941, 11, 4, 340.
5. Парин В. В.— Роль легочных сосудов в рефлекторной регуляции кровообр., М., 1946.
6. Черниговский В. Н.— Тез. докл. V совещ. по физиол. проблемам, М., 1939, 88.
7. Черниговский В. Н.— Физиол. журн. СССР, 1940, 29, 3, 15, 526.
8. Черниговский В. Н.— Интероцепторы, М., 1960.

9. Bianconi R., Green J.—Arch. ital. biol., 1959, 97, 4, 305.
10. Churchill E., Cope O.—J. Exper. med., 1959, 49, 531.
11. Coleridge I., Kidd C.—J. Physiol., 1961, 158, 1, 197.
12. Heymans C., Bouckaert J.—C. R. Soc. Biol., 1933, 112, 1240.
13. Gammon G., Bronk D.—Amer. J. Physiol., 1933, 105.
14. Latschenberger F., Deahna A.—Pfl. Arch., 1878, 12, 157.
15. Schwiegk H.—Arch. ges. Physiol., 1935, 236, 2, 206.

Надійшла до редакції
12.XII 1968 р.

CHANGE IN EXCITABILITY OF VASOMOTOR CEREBRAL CENTRE WHEN STIMULATING THE MECHANORECEPTORS OF THE LUNG LOBE VESSELS

M. A. Vodopyanova

Department of Normal Physiology, Medical Institute, Rostov

Summary

In acute experiments on dogs different points of vasomotor centre were stimulated by electric current. The level of an increase in magistral blood pressure in response to this stimulation fell with an increase in the volume of blood, perfused through the vessels of the lung lobe. On this basis the inhibitory effect is supposed on the vasomotor centre from the mechanoreceptors of the lung vessels.

ЗМІНА ЗОВНІШНЬОГО ДИХАННЯ І ПАРАМЕТРІВ КИСНЕВИХ РЕЖИМІВ ДИТЯЧОГО ОРГАНІЗМУ ПРИ М'ЯЗОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Б. К. Гуняді

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

Фізичне навантаження, при якому діяльність функціональних систем організму, які забезпечують доставку кисню тканинам, може посилюватися до максимуму, є однією з найкращих моделей для вивчення функціональних можливостей дихання і кровообігу [1, 3, 7, 10—13, 22, 26, 27]. Хоч вікові особливості зміни деяких показників дихання і кровообігу описані багатьма авторами [4, 5, 6, 8, 12, 13, 15, 16, 21—25, 27, 29, 30, 31, 32, 34, 35], особливості зміни надходження, транспорту кисню кров'ю у дітей молодшого шкільного віку досі не висвітлені. У дослідженнях, проведених нами під керівництвом доктора мед. наук А. З. Колчинської, модель м'язової діяльності була використана поряд з гіпоксичною [9] для виявлення особливостей зміни дихання, кровообігу, транспорту кисню кров'ю та особливостей кисневих режимів організму і їх регулювання у дітей молодшого шкільного віку.

Для цього у 76 дітей 8—11 років і 31 особи середнього віку різного ступеня тренуваності (включаючи велосипедистів високої спортивної кваліфікації — членів збірної команди СРСР з велоспорту на треку) у спокої, під час роботи на велоергометрі і в найближчому відновному періоді після неї визначали: хвилинний (ХОД) і дихальний (ДО) об'єми, частоту дихання (ЧД), величину мертвого фізіологічного дихального простору (ФМДП), альвеолярну вентиляцію (АВ), склад видихуваного і альвеолярного повітря, дихальний коефіцієнт (ДК), споживання кисню, насичення артеріальної крові киснем, вміст гемоглобіну, хвилинний об'єм крові (ХОК), систолічний (СТ) і діастолічний (ДТ) тиск, частоту серцевих скорочень (ЧСС) і параметри кисневих режимів організму — парціальний тиск кисню вдихуваного ($p_i O_2$), альвеолярного повітря ($p_A O_2$), напруження кисню в артеріальній ($p_a O_2$), змішаній венозній крові ($p_v O_2$), кількість кисню, що надходить за хвилину в легені ($q_l O_2$), альвесли ($c_A O_2$), транспортується артеріальною ($q_a O_2$), змішаною венозною ($q_v O_2$), кров'ю і споживається організмом за той самий час ($q_t O_2$).

Дихальну криву, насичення артеріальної крові киснем і частоту обертів педаль велосергометра реєстрували на стрічці оксигемографа. Видихуване повітря збирали безперервно під час навантаження і в найближчому відновному періоді в систему аерозондів. Проби альвеолярного повітря брали автоматично за методом А. З. Колчинської, М. М. Середенка, В. Я. Фридлянського. Хвилинний об'єм крові визначали за Грольманом в модифікації Хренова — Парина. Паралельно ХОК обчислювали за формулою Н. С. Пугіної (модифікація формули Старра [23]). Склад вдихуваного, видихуваного і альвеолярного повітря аналізували на апараті Холдена. Артеріальний тиск вимірювали за Коротковим. Частоту серцевих скорочень реєстрували на електрокардіографі. Вміст гемоглобіну визначали на фотоелектроколориметрі. Розрахунок досліджуваних параметрів кисневих режимів організму здійснювали на ЕОМ «Мінськ-22» за програмою, складеною Міщенком і Гордієнко [21]. Побудовання і аналіз кисневих каскадів здійснювали за методом Лауер і Колчинської [18].

Оскільки діти навіть при максимальних зусиллях не можуть виконувати ті навантаження, які без помітної напруги виконують дорослі [5, 6, 7, 17, 21], зі-

ставлення зрушень при м'язовій діяльності у різні вікові періоди натрапляє на ряд ускладнень. Для можливості порівняння ми провели чотири серії досліджень, в яких визначали функціональні зрушення організму під час роботи на велоергометрі при: 1) максимальному темпі роботи; 2) максимальному споживанні кисню (МСК) [29]; 3) м'язовому навантаженні, супроводжуваному споживанням 65—70% кисню від МСК; 4) дозований м'язовій діяльності із споживанням кисню, що становить 40—50% від МСК.

Таблиця 1

Деякі антропометричні дані обслідуваних осіб

Досліджувані показники	Діти		Дорослі	Велосипедисти збірної СРСР
Вік, у роках	8—9	10—11	20—22	20—25
Зріст, у см $M \pm m$	134 $\pm$ 1,2	147 $\pm$ 0,8	173 $\pm$ 1,2	178 $\pm$ 1,1
Вага, у кг $M \pm m$	30,5 $\pm$ 1,0	38,0 $\pm$ 1,2	69,1 $\pm$ 0,8	80,4 $\pm$ 1,1

Як показали наші дослідження, у дітей восьми-дев'яти років максимальний темп роботи на велоергометрі становив 60—70% від максимального темпу осіб середнього віку. Розвинута потужність виконаного навантаження у дітей досягла лише 15—20% від потужності дорослих людей. З віком потужність виконаної роботи підвищується, очевидно, не строго пропорціонально вазі тіла і становить у дітей тільки половину (при розрахунку на кг ваги тіла) від потужності дорослих осіб.

Незважаючи на те, що за своїм зростом, вагою та іншими фізіологічними даними діти набагато відрізняються від дорослих, такий важливий інтегральний показник працездатності організму як МСК [26, 27, 29] при розрахунку на кг ваги тіла був майже однаковим у дітей і дорослих; і тільки у велосипедистів високої спортивної кваліфікації майже в півтора раза перевищував МСК у дітей.

Ми наводимо результати однієї з серії дослідів — дані досліджень функціональних зрушень організму при м'язовій діяльності, супроводжуваній споживанням 65—80% кисню від МСК, при роботі субмаксимальної інтенсивності, виконаної в максимально можливому темпі протягом 60 сек. У зв'язку з тим, що потужність виконаного дітьми фізичного навантаження становила лише одну п'яту — сьому частину потужності дорослих осіб, кисневий запит на роботу у дітей

Таблиця 2

Деякі показники працездатності хлопчиків 8—11 років і чоловіків середнього віку під час роботи на велоергометрі ($M \pm m$)

Досліджувані показники	Діти		Дорослі	
	8—9 р.	10—11 р.	20—22 р.	Велосипедисти міжнародного класу 20—25 р.
Максимальний темп роботи (обертів за хв)	144,0 $\pm$ 1,41	155,2 $\pm$ 1,22	196,4 $\pm$ 1,41	236,3 $\pm$ 1,23
Потужність навантаження при максимальному темпі:				
кгм/хв	698 $\pm$ 6,8	1050 $\pm$ 8,1	3540 $\pm$ 25,0	5668 $\pm$ 28,8
кгм/хв/кг ваги тіла	22,8 $\pm$ 0,20	27,6 $\pm$ 0,25	51,3 $\pm$ 0,30	70,5 $\pm$ 0,30
МСК:				
мл/хв	1413 $\pm$ 45,0	1803 $\pm$ 59,6	3306 $\pm$ 50,6	5035 $\pm$ 43,0
мл/хв/кг ваги тіла	46,4 $\pm$ 1,07	47,5 $\pm$ 1,12	48,0 $\pm$ 0,7	62,8 $\pm$ 0,5

був меншим, ніж у дорослих. В порівнянні із спокоєм кисневий запит дитячого організму підвищувався в 12—15 раз, тоді як у дорослих — в 35—50 раз. При цьому споживання кисню під час роботи у дітей становило менше половини споживання кисню дорослими малотренованими особами і лише четверту частину від споживання кисню під час згаданої роботи організмом велосипедистів високої кваліфікації.

При розрахунку на кг ваги тіла кисневий запит на роботу у дітей виявився у півтора рази меншим, ніж у чоловіків середнього віку і майже у два рази меншим, ніж у велосипедистів високих спортивних розрядів.

Відмінною рисою дитячого організму є те, що у дитини обмежена здатність працювати «в борг». При навантаженні субмаксимальної інтенсивності кисневий борг дітей становить лише одну четверту-п'яту частину кисневого боргу дорослих осіб.

Таблиця 3

Кисневий запит, споживання кисню і кисневий борг у дітей і дорослих під час роботи субмаксимальної інтенсивності в максимально можливому темпі на велоергометрі ($M \pm m$)

Досліджувані показники	Діти		Дорослі	
	8—9 р.	10—11 р.	20—22 р.	Велосипедисти міжнародного класу 20—25 р.
Темп роботи (обертів за хв)	105,2±1,35	115,3±1,40	150,1±1,54	190,2±1,30
Потужність навантаження, кГм/хв	509±6,6	745±9,1	2710±27,7	4560±31,2
Кисневий запит організму: мл/хв	2100±60,2	2925±80,4	7605±158,0	10505±180,0
мл/хв/кг ваги тіла	68,0±1,7	77,2±1,8	112,2±1,95	131,4±2,1
Споживання кисню: мл/хв	888±38,0	1129±45,7	1835±70,0	4031±56,9
мл/хв/кг ваги тіла	29,1±1,07	29,7±1,00	26,6±0,90	50,1±0,62
Кисневий борг: мл/хв	1213±32,1	1750±65,0	5770±100,2	6474±140,2
мл/хв/кг ваги тіла	40,1±0,90	46,0±1,30	83,5±2,70	81,1±1,00
Задоволення кисневого запиту на роботу під час навантаження, в %	37,2±0,40	35,0±0,60	22,0±0,45	36,2±0,56

У дітей загальне споживання кисню під час навантаження було меншим, ніж у дорослих, а віднесене до ваги тіла — практично однаковим (29,1±1,07 у дітей восьми-дев'яти років і 26,6±0,90 у дорослих). Незважаючи на це, легенева альвеолярна вентиляція, хвилинний об'єм крові (при розрахунку на кг ваги тіла) і інтенсивність надходження кисню в легені і альвеоли, а також транспорту його кров'ю у дітей були більшими, ніж у дорослих (табл. 4, 5).

Під час навантаження легенева вентиляція (табл. 4) підвищувалася у дітей в 5,5—6,6 раза, тоді як у дорослих в 9,0—13,0 раз. При розрахунку на кг ваги тіла ХОД продовжував (так само, як і в спокої) у дітей залишатися більшим. Утилізація кисню в легенях у дітей при цьому була більш низькою, ніж у дорослих. Для споживання одного літра кисню крізь легені дитини має провентилуватися 30,5±0,60 л повітря, тоді як у дорослих — 27,7±0,40, а у велосипедистів високого класу — тільки 20,1±0,40 л.

Таблиця 4

Зміна показників зовнішнього дихання у дітей і дорослих під час роботи субмаксимальної інтенсивності в максимально можливому темпі на велоергометрі ($M \pm m$)

Досліджувані показники	8-9 р.		10-11 р.		20-22 р.		20-25 р. велосипедисти	
	Норма	Робота	Норма	Робота	Норма	Робота	Норма	Робота
ЧД, в хв	18,6 ± 0,42	48,0 ± 1,70	16,6 ± 0,38	45,9 ± 1,80	13,2 ± 0,38	33,2 ± 1,50	9,5 ± 0,59	62,1 ± 1,35
ДО, в мл	298 ± 8,6	620 ± 12,0	330 ± 4,8	783 ± 15,0	474 ± 12,0	1665 ± 17,0	695 ± 9,6	1420 ± 23,02
ФМДП, в мл	80,2 ± 2,62	164,1 ± 4,01	92,5 ± 2,92	219,8 ± 6,73	155,1 ± 4,63	460,2 ± 8,71	193,2 ± 4,01	341,6 ± 5,32
ХОД, л/хв	5,38 ± 0,11	29,8 ± 0,71	5,46 ± 0,10	35,8 ± 0,72	6,45 ± 0,18	56,6 ± 0,80	6,6 ± 0,092	88,1 ± 1,04
мл/хв/кг	176,5 ± 3,10	976,1 ± 19,50	144,2 ± 2,00	945,2 ± 15,20	93,5 ± 2,00	810,3 ± 8,00	82,4 ± 1,15	1100,2 ± 13,00
АВ, л/хв	4,0 ± 0,19	21,8 ± 0,78	3,93 ± 0,17	25,7 ± 1,00	4,38 ± 0,19	40,6 ± 1,0	4,75 ± 0,13	67,4 ± 0,80
АВ/ХОД, в %	72,67 ± 0,76	73,6 ± 1,17	71,3 ± 0,6	72,3 ± 1,12	69,4 ± 0,35	72,7 ± 0,7	71,35 ± 0,4	76,1 ± 0,6
ДК	0,83 ± 0,07	0,98 ± 0,08	0,85 ± 0,06	0,87 ± 0,07	0,80 ± 0,03	1,02 ± 0,05	0,80 ± 0,02	0,80 ± 0,05
ВЕ	29,7 ± 0,40	30,0 ± 0,60	27,72 ± 0,75	29,0 ± 0,90	23,0 ± 0,57	27,7 ± 0,40	21,8 ± 0,30	20,1 ± 0,40
O ₂ — ефект дихального циклу	9,19 ± 0,28	18,5 ± 0,55	10,8 ± 0,31	24,6 ± 0,48	18,1 ± 0,50	55,1 ± 0,1	29,3 ± 0,50	65,0 ± 2,40

Таблиця 5

Деякі показники гемодинаміки і транспорту кисню кров'ю у дітей і дорослих в нормі та при роботі субмаксимальної інтенсивності в максимально можливому темпі на велоергометрі ($M \pm m$)

Досліджувані показники	8-9 р.		10-11 р.		20-22 р.		20-25 р. (велосипедисти міжнародного класу)	
	Норма	Робота	Норма	Робота	Норма	Робота	Норма	Робота
ЧСС, в хв	78,5 ± 1,42	187,1 ± 2,10	76,0 ± 1,60	189,5 ± 3,15	62,3 ± 1,80	168,3 ± 1,65	50,1 ± 1,10	180,0 ± 1,89
СТ, в мм рт. ст.	99,6 ± 1,04	145,2 ± 2,23	100,0 ± 0,90	157,5 ± 2,48	116,2 ± 1,70	190,0 ± 3,70	118,9 ± 2,10	202,0 ± 4,46
ДД, мм рт. ст.	69,0 ± 0,89	70,0 ± 1,94	72,0 ± 0,91	62,4 ± 2,71	70,3 ± 1,46	70,4 ± 2,16	69,9 ± 0,60	55,0 ± 2,40
СО, в мл	43,6 ± 0,58	64,8 ± 0,90	48,8 ± 0,75	76,8 ± 0,74	59,8 ± 0,68	107,0 ± 1,91	70,0 ± 1,00	128 ± 1,60
ХОК, в мл/хв	3,43 ± 0,12	12,13 ± 0,78	3,71 ± 0,23	14,55 ± 0,40	3,7 ± 0,29	17,98 ± 1,03	3,51 ± 0,81	23,04 ± 1,12
мл/хв/кг	112,4 ± 3,20	394,2 ± 21,00	97,5 ± 1,21	383,0 ± 1,21	536,4 ± 2,33	260,0 ± 9,82	43,6 ± 1,81	288,2 ± 18,00
(А-У)O ₂ , об %	4,9 ± 0,02	7,4 ± 0,15	4,9 ± 0,06	7,8 ± 0,08	6,7 ± 0,03	10,3 ± 0,10	7,9 ± 0,02	17,5 ± 0,18
Вміст кисню в артеріальній крові	17,0 ± 0,27	16,95 ± 0,33	17,4 ± 0,26	17,2 ± 0,37	18,7 ± 0,10	18,45 ± 0,18	20,7 ± 0,21	19,8 ± 0,42
O ₂ — пульс	2,18 ± 0,07	4,75 ± 0,20	2,37 ± 0,13	5,96 ± 0,17	3,80 ± 0,21	10,90 ± 0,70	5,60 ± 0,22	22,00 ± 0,72
ГЕ	20,0 ± 0,70	13,6 ± 0,57	20,5 ± 1,44	12,9 ± 0,76	14,9 ± 1,06	9,8 ± 0,60	12,6 ± 0,49	5,7 ± 0,41

Легенева вентиляція збільшувалась у дітей та у дорослих внаслідок почастищення дихання і збільшення дихального об'єму. Проте, у дітей при темпі роботи в півтора рази меншому, ніж у дорослих мало-тренованих осіб частота дихання була більшою і в окремих випадках досягала 50—60 дихань за хвилину. На кожний дихальний цикл у дітей припадало два обороти педалі, у дорослих — чотири обороти.

Збільшення дихального об'єму у дітей обмежене маленькою життєвою ємкістю легень. В порівнянні із спокоєм ДО у дітей підвищувався тільки в два рази і лише в окремих випадках досягав одного літра.

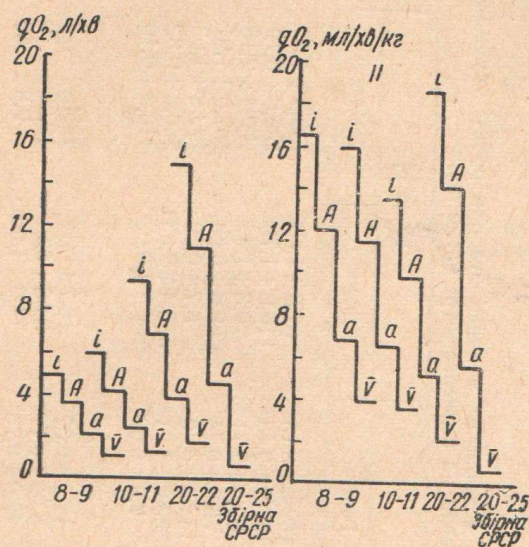


Рис. 1. Зміна кількості кисню (qO_2) на різних етапах надходження і транспорту його в організмі дітей і дорослих під час короткочасної роботи в максимально можливому темпі на велоергометрі.

I — на весь організм, II — на кг ваги тіла. i — вдихуване повітря, A — альвеоли, a — артеріальна кров, v — змішана венозна кров. По горизонталі — вік у роках.

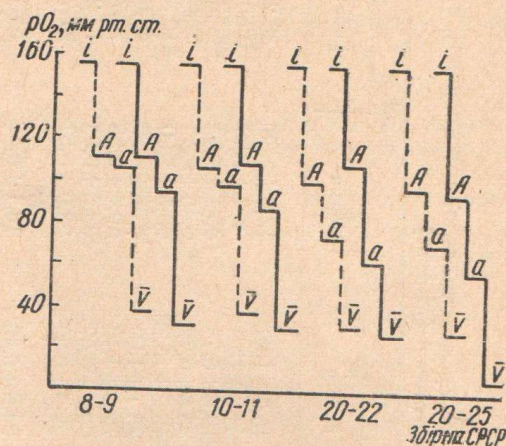


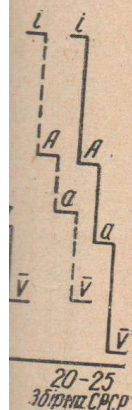
Рис. 2. Напруження кисню (pO_2) на різних етапах надходження і транспорту його в організмі дітей і дорослих у спокої (пунктирна лінія) та під час короткочасної роботи в максимально можливому темпі на велоергометрі (суцільна лінія).

Умовні позначення див. рис. 1.

Під час м'язової діяльності з ростом дихального об'єму збільшується і фізіологічний мертвий дихальний простір, але частка його в дихальному об'ємі у дітей порівняно із спокоєм не зменшувалась. У зв'язку з цим альвеолярна вентиляція у них збільшувалась паралельно підвищенню ХОД, тоді як у дорослих АВ зростала більшою мірою, ніж ХОД. Найвище збільшення відношення АВ під час навантаження спостерігалось у велосипедистів високої спортивної кваліфікації. Незважаючи на те, що потужність виконуваного дітьми навантаження була у п'ять — сім раз менша, ніж у дорослих, значної відмінності в частоті серцевих скорочень у дітей і дорослих не відзначено (табл. 5). В окремих випадках частота серцевих скорочень досягала у дітей 214—220 ударів за хвилину. У зв'язку з цим кисневий ефект серцевого циклу (кисневий пульс) під час навантаження у дітей був дуже низьким. Під час одного серцевого циклу організм дитини споживав 4,75—5,96 мл кисню, тоді як у дорослих 10,9—22 мл.

При частому пульсі абсолютні показники систолічного тиску у дітей були значно меншими, ніж у дорослих, а приріст систолічного тиску у дітей був також меншим. Чіткої відмінності у зміні діастолічного тиску при навантаженні між дітьми і дорослими ми не виявили.

лих внаслідок. Проте, у дорослих мало-літніх випадках цикл у дорослості. Життєво-двигуна-літра.



на різ-
транспорту
их у спо-
коротко-
можливо-
ільна лі-

1.

збіль-
його в
алась.
пара-
льшою
аван-
аліфі-
аван-
ачної
зна-
дося-
евий
дітей
тини

у ді-
тис-
ного

Систолічний об'єм під час роботи у порівнянні з спокоєм (лежачи) у дітей збільшувався в півтора раза, тоді як у дорослих майже в два раза. Найвищих показників систолічний об'єм досягав у спортсменів високого класу. Хвилинний об'єм крові у дітей під час навантаження збільшувався переважно за рахунок почастищення серцевих скорочень. В абсолютних цифрах ХОК у дітей хоч і не досягав показників, характерних для дорослих, при розрахунку на кг ваги тіла залишався більш високим (табл. 5). ХОК у дітей при даній роботі збільшувався в 3,5—4,0 раза, а у дорослих у п'ять — сім раз. Гемодинамічний еквівалент у дітей був більш високим, ніж у дорослих. Якщо у дитини 1 л кисню вилучався під час роботи з $13,6 \pm 0,57$ л крові, то у дорослих — з $9,8 \pm 0,60$, а у велосипедистів високої спортивної кваліфікації — лише з $5,7 \pm 0,41$ л крові.

Під час інтенсивної м'язової діяльності у дітей артеріо-венозна різниця за киснем помітно менша, ніж у дорослих; щодо спокою вона підвищується тільки в півтора раза, тоді як у дорослих, особливо у високотренованих велосипедистів у два і більше раза.

Отже, згадані функціональні зміни приводять до того, що при значно меншій величині споживання кисню під час роботи, виконуваної в максимально можливому темпі, кількості кисню, що надходять в легені, альвеоли, так само як і транспортовані артеріальною і змішаною венозною кров'ю у дітей, виявляються меншими, ніж у дорослих (рис. 1, А). Проте, при однаковому з дорослими споживанні кисню на кг ваги тіла інтенсивність надходження кисню в легені і альвеоли (кількості кисню, віднесені до ваги тіла) у дітей була більшою, ніж у дорослих. У високотренованих велосипедистів як інтенсивність споживання кисню, так і інтенсивність надходження і транспорту були більш високими (рис. 1, Б). Застосування кисню з повітря, що надходить у легені, у дітей менш ефективне, ніж у дорослих. У порівнянні з кількістю кисню, спожитого організмом, у легені дитини надходить у 5,6, а в альвеоли у 4,1 раза більше кисню, тоді як у дорослих — тільки в 5,15 і 3,7 раза (відповідно) більше. Якщо під час інтенсивної м'язової роботи артеріальна кров організму дитини несе до тканин в 4,1 раза більше кисню, ніж споживається організмом, то у дорослих транспорт кисню артеріальною кров'ю лише в 3,7 раза перевищує споживання його. Тому змішана венозна кров, надходячи в легені, виявляється значно багатшою на кисень, ніж у дорослих. Від тканин до легень змішана венозна кров у дітей несе у півтора раза більше кисню, ніж споживається організмом; у дорослих велосипедистів кількість кисню, що транспортується змішаною венозною кров'ю, приблизно у десять раз менша кількості споживаного організмом кисню.

У зв'язку з відносною гіпервентиляцією при більш низькому коефіцієнті утилізації кисню в легенях парціальний тиск кисню (рис. 2) в альвеолярному повітрі у дітей у спокої та при фізичному навантаженні виявляється більш високим. Напруження кисню в артеріальній крові знижується під час роботи у дітей меншою мірою, ніж у дорослих, а парціальний тиск кисню в змішаній венозній крові щодо спокою майже не змінюється.

Висновки

1. Під час роботи субмаксимальної інтенсивності на велоергометрі темп роботи у дітей 8—11 років виявляється більш низьким, ніж у дорослих, потужність навантаження значно менша не тільки в абсолютних величинах, а й при розрахунку на кг ваги тіла.

2. У зв'язку з меншою потужністю виконуваного навантаження кисневий запит на нього і кисневий борг у дітей як в абсолютних показниках, так і при переобчисленні на кг ваги тіла виявляються меншими. Споживання кисню під час роботи у дітей в абсолютних цифрах було меншим, при відношенні ж до ваги тіла воно досягало показників, характерних для дорослих, але залишалось меншим, ніж у велосипедистів високої спортивної кваліфікації.

3. При меншому кисневому запиті на роботу і меншому споживанні кисню дихання і серцеві скорочення у дітей були більш частими. Хвилинний об'єм дихання і альвеолярна вентиляція, хвилинний об'єм крові, будучи меншими в абсолютних показниках, при віднесенні їх до ваги тіла у дітей перевищували аналогічні показники у дорослих. Інтенсивність надходження кисню в легені і транспорту його кров'ю у дітей при однаковій інтенсивності споживання кисню були більшими.

4. Для дитячого організму при виконанні короткочасної роботи, виконуваної в максимально можливому темпі, характерне більше, ніж у дорослих напруження кисню в альвеолярному повітрі, артеріальній і змішаній венозній крові.

5. Проведені дослідження дозволяють зробити загальний висновок про те, що кисневі режими дитячого організму при інтенсивній м'язовій діяльності виявляються менш економічними, але при цьому й менш напруженими, ніж у дорослих.

Література

1. Беркович Е. М.—Энергетический обмен в норме и патологии. М., 1964.
2. Бирюкович А. А., Король В. М.—В сб.: Функциональные пробы сердечно-сосудистой системы у детей школьного возраста 8—14 лет, М., 1963.
3. Васильева В. В.—Материалы VI научной конфер. по возрастной морфол., физиол. и биохим., М., 1965, 238.
4. Васютин А. И., Фарфель В. С.—Материалы VI конфер. по возрастной морфол., физиол. и биохим., М., 1965, 286.
5. Волков В. М.—Педиатрия, М., 1968, 69.
6. Гандельсман А. В., Смирнов К. М.—Физическое воспитание детей школьного возраста, М., 1960.
7. Гуменер П. И., Глушкова Е. К., Сапожникова Р. Г.—В сб.: Характеристика влияния физич. нагрузки на организм школьника, Л., 1967.
8. Гуминский А. А.—Материалы X Всес. конфер. по физиол., морфол., биомеханике и биохим. мышечной деят., М., 1968, 146.
9. Гуняді Б. К.—Фізіол. журн. АН УРСР, 1968, XIV, 2, 267.
10. Гуняді Б. К.—Материалы IX научной конфер. по возрастной морфол., физиол. и биохим., М., 1969, 2, 202.
11. Зимкин Н. В., Коробков П. В., Лехтман Я. Б., Эголинский Я. А., Яроцкий А. И.—Физиол. основы физ. культуры и спорта, М., 1955.
12. Колчинская А. З.—Материалы X Всес. конфер. по физиол., морфол., биомеханике и биохим. мышечной деят., М., 1968, II, 54.
13. Колчинська А. З.—Фізіол. журн. АН УРСР, 1969, XV, 2, 231.
14. Колчинская А. З., Мищенко В. С., Гуняді Б. К., Степанов Ю. В.—В сб.: Материалы симпозиума «Мышечная деят. и функции организма при старении», К., 1968, 35.
15. Коробков А. В., Шкурдова В. А., Яковлев Н. Н., Яковлева Е. С.—Физ. культура людей разного возраста, М., 1962.
16. Король В. М.—Материалы IX научной конфер. по возрастной морфол., физиол. и биохим., М., 1969, 2, 1, 349.
17. Кузнецова З. И.—Развитие двигательных качеств школьников. М., 1967.
18. Лауер Н. В., Колчинська А. З.—Фізіол. журн. АН УРСР, 1965, XI, 3, 289.
19. Лауэр Н. В., Колчинская А. З.—В сб.: Регуляция вегетативных и ани-мальных функций в онтогенезе, М., 1966, 81.
20. Лю Шао Чжун—Газообмен и внешнее дыхание при мышечной работе у раз-лично тренированных мальчиков 10—13 лет. Авт. дисс., 1961.

21. Мищенко В. С.—Изменение дыхания у подростков и юношей под влиянием спортивной тренировки, Дисс. канд., К., 1969.
22. Мотылянская Р. Е., Стогова Л. И., Иорданская Ф. А.—Физическая культура и возраст, М., 1967.
23. Пугина Н. С.—Вентиляция и ее взаимоотношение с кровообращением у здоровых детей 7—15 лет и при пневмонии, Авт. дисс. канд., Л., 1966.
24. Смирнов К. М., Гревцова С. Д., Светличная В. А.—IX научная конфер. по возрастной морфол., физиол. и биохим., М., 1969, II, 2, 205.
25. Тихвинский С. В., Бобко Я. Н., Евсеева Е. В., Краенков А. Ф., Русов А. К.—Материалы научно-методич. конфер. по вопросам физ. воспитания в школе и развития юношеского спорта, Ереван, 1969, 188.
26. Фарфель В. С.—Физиология спорта, М., 1960.
27. Фрейдберг И. М.—Труды I научной конфер. по возрастной морфол., физиол. и биохим., М., 1954.
28. Шалков Н. А.—Вопросы физиол. и патол. дыхания у детей, М., 1957.
29. Astrand P.—Experimental Studies of Physical Working Capacity in Relation to Sex and Age. Copenhagen, 1952.
30. Kasch F., Phillips W., Ross W., Carter I., Boyer I.—J. Appl. Physiol., 1966, 21, 4, 1367.
31. Knuttgen H.—J. Appl. Physiol., 1967, 22, 4, 655.
32. Malomski I., Nemessuri M.—Acta Physiol. Acad. Sci. Hung., 1967, 31, 1, 57.
33. Margaria R.—Intern. Z. angew. Physiol., 1968, 25, 4, 352.
34. Montoye H., Willis P.—J. Gerontol., 1968, 23, 2, 127.
35. Wilmore J., Sigerseth P.—J. Appl. Physiol., 1967, 22, 5, 923.

Надійшла до редакції
7.X 1969 р.

CHANGES OF RESPIRATION AND CHILDREN BODY OXYGEN REGIME PARAMETERS IN EXERCISE

B. K. Gunyadi

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

Summary

Changes in respiration, oxygen transport by blood, its consumption by tissues, oxygen regimes of the body and their regulation during muscular activity were studied in 76 children. Oxygen requirement for the work and oxygen debt in children were less. Rhythm of respiration and heart contraction were quicker. Ventilation and blood flow in them increased more than in adults. Ventilation and hemodynamic equivalents were higher than in adults. Under these conditions minute respiratory and blood circulation capacities in children were much less than in adults. With equal intensity of oxygen consumption, the intensity of its entering into the lungs, alveoli and its transport by blood were more in children. Oxygen tension in the alveolar air, in the arterial and particularly in mixed venous blood even during the period of submaximum intensity loading in children remained higher. The investigations carried out permit a general conclusion to be made that the oxygen regimes in a child body with an intensive muscular activity prove to be less stressed and less economical, than in persons of the middle age.