

УДК 612.22:612.65

М. М. Середенко, Г. М. Хвуль, В. П. Виноградов,
Т. В. Серебровська, К. В. Розова

ЗОВНІШНЄ ДИХАННЯ ТА ГАЗООБМІН У ЗДОРОВИХ ДІТЕЙ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОГО ТА ЗНИЖЕНОГО ВМІСТУ КИСНЮ У ВДИХУВАНОМУ ПОВІТРІ

Останнім часом клініцисти, і особливо педіатри, ставлять все більше вимог перед фізіологією, яка вивчає функцію зовнішнього дихання та газообміну, оскільки захворювання системи зовнішнього дихання у дітей займають одне з провідних місць серед проблем патології дитячого віку, а глибоке розуміння фізіологічних закономірностей розвитку організму сприяє аналізу клінічних проявів хвороби. Актуальність цього питання посилилася в зв'язку з широким впровадженням у педіатричну практику методів оксигенотерапії, з одного боку, та гіпоксичних тестів для оцінки компенсаторних можливостей організму — з іншого.

Між тим, залишається маловивченою реакція здорового дитячого організму на зміни концентрації кисню у вдихуваному повітрі. Зовсім відсутні дані про характер змін альвеолярної вентиляції та кисневих параметрів альвеолярного повітря при гіпероксії. Проте, важливість досліджень такого роду очевидна в зв'язку з виявленою токсичною дією високих концентрацій кисню на організм. За даними ряду авторів, дихання киснем у високих концентраціях викликає подразнення дихальних шляхів, потовщення аеро-гематичного бар'єра легенів, інтерстиціальний та інтраальвеолярний набряк, ателектази, зменшення регіонарного кровотоку тощо [3, 5, 10, 35].

Ми вивчали вплив дихання газовими сумішами з підвищеною та зниженою концентрацією кисню на легеневу та альвеолярну вентиляцію, газовий обмін, ефективність та економічність зовнішнього дихання у здорових дітей шести-семи років.

Методика досліджень

Обстежено 14 здорових дітей шести-семи років (середня вага 23,3 кг, середній зріст 120,7 см), в положенні лежачи, у стані спокою. Діти через клапанну маску дихали звичайним атмосферним повітрям, а також гіпероксичною (близько 41% кисню в азоті) та гіпоксичною (близько 14,5% кисню в азоті) газовими сумішами. Безперервно реєстрували хвилиний об'єм дихання (ХОД) з допомогою модифікованого газового лічильника ГСБ-400 та частоту дихання (ЧД). У певні моменти обстеження брали проби видихуваного та альвеолярного повітря, яке одержували з допомогою вмонтованого у маску електронного пристрою для відокремлення альвеолярної порції видихуваного повітря. Аналіз газів проводили на оксиганалізаторі типу ММГ-7, газоаналізаторі типу ГВВ-2, та газоаналізаторі ГУМ-2. Альвеолярну вентиляцію (АВ) розраховували за формулою Бора; розрахунки показників кисневого режиму організму, ефективності та економічності дихання описані раніше [16].

Хід обстеження був таким. Після 15—20 хв звикання до маски при диханні звичайним повітрям у дітей здійснювали одночасне визначення досліджуваних показників, брали проби альвеолярного та видихуваного повітря. Потім для дихання подавали гіпероксичну суміш на протязі 10—12 хв, після чого — знову звичайне повітря (8—10 хв), а потім гіпоксичну суміш (10—12 хв), після якої діти знову ж дихали атмосферним повітрям. На 2, 5 і 10 хв гіпероксії, 5 і 10 хв гіпоксії, а також у відновному періоді проводили визначення досліджуваних показників.

Результати

Перш за все слід відзначити, що дані дівчаток зведені в одній таблиці [24] статеві відмінності не проявлялися з восьми років.

Під час дихання атмосферою група становив, у середньому, тіла — 219 мл/хв/кг; дитини за 1 хв. Ці дані близькі до даних за 10 років. Проте, в літературі показники [9, 20], але різними методичними прийомами (дихання через спірометр). Крім того, порівняння показників за 10 років з результатами [23, 24], вказує на збіг, що пояснюється спостереженнями за організмом [14, 22].

І, природно, показники для дорослого людини (солютного об'єму легенів) на 1 кг ваги тіла становлять 18, 24, 28, 33].

У дітей даної вікової групи (160 мл/хв/кг, величина ФМДП) — 68 мл, відносно надходить з вдихуваного повітря, що вентильований ціальний тиск кисню в легенях. Аналогічні дані щодо дитини такого ж віку не були дослідженні дещо раніше.

Якщо ж порівняти показники здорових дорослих (абсолютний об'єм АВ на 1 кг ваги тіла) та раціонального.

Споживання кисню в середньому, 146 мл/хв/кг, показниками, наведені в таблиці, різняться від них [24].

Перехід на дихання кисню (приблизно 41% кисню) спочатку спостерігалася збільшення ХОД на 8,2% наприкінці 2 хв, а ЧД збільшилася на 8,2% вище вихідного рівня. ЧД при цьому практично здійснювалися за рівня у дітей шести-семи років певною мірою мо- концентрацій кисню в легенях. Значні зміни легеневої вентиляції при диханні 60% кисню дорослих людей при

Результати досліджень та їх обговорення

Перш за все слід відзначити, що результати обстеження хлопчиків та дівчаток зведені в одні групи, оскільки за даними літератури [15, 19, 24] статеві відмінності для показників зовнішнього дихання починають проявлятися з восьми років, а для показників газообміну — з дев'яти років.

Під час дихання атмосферним повітрям ХОД у дітей даної вікової групи становив, у середньому, $5,1 \text{ л/хв}$, або при перерахуванні на вагу тіла — 219 мл/хв/кг ; дихальний об'єм (ДО) становив 242 мл , ЧД — $21,6$ за 1 хв . Ці дані близькі до даних Гуняді [7] для дітей семи — дев'яти років. Проте, в літературі трапляються більш високі і більш низькі показники [9, 20], але таку розбіжність певною мірою можна пояснити різними методичними прийомами, застосованими різними дослідниками (дихання через спірограф, положення стоячи, сидячи, лежачи тощо). Крім того, порівняння параметрів зовнішнього дихання дітей шести-семи років з результатами досліджень, проведених 20—30 років тому [23, 24], вказує на збільшення показників ХОД та ДО, зменшення ЧД, що пояснюється спостережуваною в наш час акселерацією розвитку організму [14, 22].

І, природно, показники дихання дітей відрізняються від того, що відомо для дорослого організму: з віком спостерігається зростання абсолютного об'єму легеневої вентиляції та зменшення ХОД у перерахуванні на 1 кг ваги тіла, дихання стає більш повільним та глибоким [17, 18, 24, 28, 33].

У дітей даної вікової групи середня величина АВ становила $3,7 \text{ л/хв}$, або 160 мл/хв/кг , величина фізіологічного мертвого дихального простору (ФМДП) — 68 мл , відношення АВ до ХОД — $72,5\%$, кількість кисню, що надходить з вдихуванням повітрям у легені ($q_{\text{I}}\text{O}_2$) — $41,2 \text{ мл/хв/кг}$, кількість кисню, що вентилюється в альвеолах ($q_{\text{A}}\text{O}_2$) — $30,2 \text{ мл/хв/кг}$, парціальний тиск кисню в альвеолярному повітрі ($p_{\text{A}}\text{O}_2$) — $114,5 \text{ мм рт. ст.}$. Аналогічні дані щодо величини АВ, ФМДП та відношення АВ/ХОД для дітей такого ж віку наводить Колчинська [14], проте величина $p_{\text{A}}\text{O}_2$ в її дослідженнях дещо вища і дорівнює $117,9$ — $118,4 \text{ мм рт. ст.}$

Якщо ж порівняти ці дані з результатами, одержаними при обстеженні здорових дорослих людей [14, 17, 18, 32, 34], то виявиться, що абсолютний об'єм АВ з віком збільшується, а відносний об'єм АВ (на 1 кг ваги тіла) та $p_{\text{A}}\text{O}_2$ знижуються.

Споживання кисню ($q_{\text{t}}\text{O}_2$) у дітей шести-семи років становило, у середньому, 146 мл/хв , або $6,3 \text{ мл/хв/кг}$. Ці величини співпадають з показниками, наведеними в літературі [8, 24], хоча інколи трохи відрізняються від них [25].

Перехід на дихання газовою сумішшю з підвищеною концентрацією кисню (приблизно з 41% кисню) призвів до двофазної зміни ХОД: спочатку спостерігалось зниження вентиляції легень (максимум — на $8,2\%$ наприкінці 2 хв гіпероксії), а потім відразу ж її збільшення (на $8,2\%$ вище вихідного рівня) з дальшою нормалізацією (див. рисунок). ЧД при цьому практично не змінювалася, тобто відзначені зміни ХОД здійснювалися за рахунок ДО. Незначні відхилення ХОД від вихідного рівня у дітей шести-семи років у початковому періоді дихання 41% кисню певною мірою можна пояснити застосуванням порівняно невисоких концентрацій кисню у гіпероксичних газових сумішах. Так, досить незначні зміни легеневої вентиляції були відзначені у дітей 7—11 років при диханні 60% кисню [4]; жодних змін ХОД не було зареєстровано у дорослих людей при інгаляції 50% кисню [26]. Проте вдихання чистого

В. П. Виноградов,
В. Розова

ІН У ЗДОРОВИХ ДІТЕЙ
ЖЕНОГО ВМІСТУ КИСНЮ
ПОВІТРІ

о педіатри, ставлять все біль-
функцію зовнішнього дихання
стеми зовнішнього дихання у
перед проблем патології дитя-
них закономірностей розвитку
ів хвороби. Актуальність цьо-
ким впровадженням у педіат-
з одного боку, та гіпоксичних
вностей організму — з іншого.
о реакція здорового дитячого
у вдихуваному повітрі. Зовсім
ярної вентиляції та кисневих
ероксії. Проте, важливість до-
з виявленою токсичною дією
За даними ряду авторів, ди-
викликає подразнення дихаль-
о бар'єра легенів, інтерстиці-
електази, зменшення регіонар-

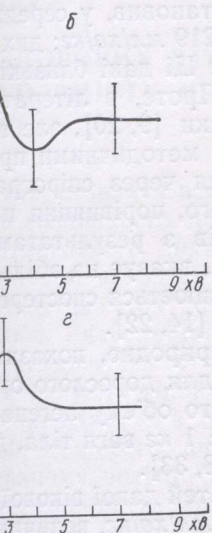
и сумішами з підвищеною та
ву та альвеолярну вентиляцію,
ність зовнішнього дихання у

жень

оків (середня вага $23,3 \text{ кг}$, середній
ко. Діти через клапанну маску дихали
кисничю (близько 41% кисню в азо-
ті) газовими сумішами. Безперервно
допомогою модифікованого газового
У певні моменти обстеження брали
е одержували з допомогою вмонтова-
лення альвеолярної порції видихува-
ізаторі типу ММГ-7, газоаналізаторі
у вентиляцію (АВ) розраховували за
режиму організму, ефективності та

звикання до маски при диханні зви-
значення досліджуваних показників,
вітря. Потім для дихання подавали
чого — знову звичайне повітря (8—
якої діти знову ж дихали атмосфер-
іпоксії, а також у відновному періоді

людей середнього віку
ляції та кисневих пара-
ратурі з цього питання
у дітей шести-семи років
2,5% як за рахунок зни-
ки АВ у ХОД (табл. 1).



ей шести-семи років
аному повітрі:
шю з 41% кисню; б —
ання повітрям; в — пе-
5% O₂; г — перехід з ди-
По горизонталі — час

сь до 76%, а ФМДП змен-
вний вплив інгаляції 41%
при цьому збільшився до

о зростання q_{tO_2} у дітей
мл/хв, тобто на 53—65%.
дійсного посилення окис-
ільки відомо, що при ди-
збільшення «споживання»
фізичного розчинення його
рівноваги з газами шлун-
овій тканині [10]. Врахо-
залишалось практично без
а вважати, що газообмін у

ообміну організму при ди-
ади, навіть щодо найбільш
дорослого організму. Так,
ється під впливом кисню
також дані про відсутність
Видимо, таку розбіжність

результатів певною мірою можна пояснити застосуванням різних мето-
дів дослідження.

Слід відзначити також той факт, що в експериментах на тваринах
[1, 11, 21, 31] показана залежність реакції газообміну від різного сту-
пеня гіпероксії. Є дані про те, що перебування в середовищі з 40%
кисню викликає короточасне підвищення газообміну з наступною його
нормалізацією, при 60% кисню це підвищення більш чітке і стає, при
80% кисню газообмін пригнічується, а при 90% кисню — значно змен-
шується [21].

Кількість кисню, що вентилюється за 1 хв в легенях і альвеолах,
при гіпероксії значно зросла, а відношення $ХОД/q_{tO_2}$ та $АВ/q_{tO_2}$ зни-
зилось, що може свідчити про підвищення економічності дихання
(табл. 1).

Таблиця 1

Зміни основних параметрів зовнішнього дихання та газообміну у дітей 6—7 років
в окремі моменти дихання газовою сумішшю з 41% кисню

Досліджувані параметри	Вихідна величина	Хвилини дихання гіпероксичною сумішшю			Відновний період
		2—3	5—6	10—12	
$ХОД_{ВТРС}$, мл/хв	5070 ± 190	5090 ± 260	5150 ± 280	5130 ± 240	5010 ± 180
ЧД, за 1 хв	$21,6 \pm 1,3$	$20,9 \pm 1,2$	$20,8 \pm 1,2$	$20,3 \pm 1,3$	$20,7 \pm 1,4$
$ДО_{ВТРС}$, мл	242 ± 17	247 ± 15	250 ± 13	259 ± 15	250 ± 16
p_{AO_2} , мм рт. ст.	$114,5 \pm 0,9$	$245,5 \pm 4,1$	$246,0 \pm 3,9$	$248,0 \pm 6,2$	$114,5 \pm 1,2$
АВ/ХОД, %	$72,5 \pm 1,6$	$70,5 \pm 3,4$	$74,3 \pm 2,9$	$76,0 \pm 2,0$	$71,7 \pm 1,8$
$АВ_{ВТРС}$, мл/хв	3700 ± 250	3520 ± 220	3810 ± 190	3850 ± 230	3670 ± 160
ФМДП, мл	68 ± 6	74 ± 11	66 ± 11	62 ± 10	71 ± 8
q_{tO_2} , мл/хв	146 ± 8	223 ± 25	241 ± 18	226 ± 25	141 ± 5
Виділення CO_2 , мл/хв	126 ± 8	118 ± 7	131 ± 7	125 ± 6	124 ± 6
q_{iO_2} , мл/хв	960 ± 48	1730 ± 106	1860 ± 116	1740 ± 100	860 ± 35
q_{AO_2} , мл/хв	700 ± 40	1160 ± 76	1400 ± 86	1370 ± 100	630 ± 24
$ХОД/q_{tO_2}$	$35,7 \pm 2,1$	$22,7 \pm 2,2$	$21,1 \pm 2,3$	$23,2 \pm 2,9$	$36,6 \pm 1,7$
$АВ/q_{tO_2}$	$27,1 \pm 1,3$	$18,6 \pm 1,1$	$16,3 \pm 1,3$	$16,5 \pm 1,6$	$25,7 \pm 1,3$

Після переведення дітей на дихання атмосферним повітрям дослі-
джувані показники відновлювались до вихідного рівня, і через 8—10 хв
дітям подавали гіпоксичну суміш (близько 14,5% кисню). При цьому
у всіх дітей спостерігалось посилення легеневої вентиляції в перші 1—
2 хв на 12% (див. рисунок). Подібне збільшення ХОД відзначалось при
«підйомі» дітей дошкільного віку в барокамері на «висоту» 3000 м, що
відповідає 14,4% кисню у вдихуваному повітрі [13]. Однак, автор при
цьому фіксувала збільшення ЧД з 22 до 27 за 1 хв. Проте, в наших
дослідженнях ЧД практично не змінювалась, а підвищення ХОД від-
бувалось переважно внаслідок збільшення ДО. Мабуть, пояснення роз-
ходження слід шукати в тому, що обслідувані нами діти відрізняються
за віком не більш, як на дев'ять місяців, тоді як діти, які брали участь
у дослідженнях у барокамері, мали більш широкі вікові коливання, і у
молодших дітей гіпоксія могла викликати прискорення дихальних рухів.

Через 6—7 хв дихання гіпоксичною сумішшю ХОД встановлювався
на дещо підвищеному, в порівнянні з вихідним, рівні. Слід відзначити,
що збільшення легеневої вентиляції не супроводжувалось посиленням

АВ. Навпаки, на 4—5 хв гіпоксії АВ знизилась на 8% (табл. 2). При цьому частка АВ в ХОД також зменшилась до 64,6%, а ФМДП зріс. Подібні спостереження при короткочасному вдихуванні гіпоксичної суміші дітьми семи—дев'яти років зробила Гуняді [7]. Однак, вартий уваги той факт, що наприкінці 10—12 хв гіпоксії показники АВ і АВ/ХОД зросли, а ФМДП зменшився, що може свідчити про те, що у цей період організм дитини відносно пристосовувався до нових умов, хоча значного збільшення альвеолярної вентиляції, як це характерно для дорослого організму [17], не відбулося. При цьому p_{AO_2} підтримувалось на рівні 75—76 мм рт. ст., тоді як, за даними літератури, дихання 14—15% кисню викликало у дорослих людей більш значне зниження цього показника [17, 27, 32]. Певною мірою це можна пояснити тим, що завдяки більш високій відносній легеневої та альвеолярній вентиляції (в перерахунку на кг ваги тіла) p_{AO_2} у дітей підтримується на більш високому рівні як у нормі, так і при гіпоксії.

Таблиця 2
Зміни основних параметрів зовнішнього дихання та газообміну у дітей 6—7 років в окремі моменти дихання газовою сумішшю з 14,5 % кисню

Досліджувані параметри	Вихідна величина	Хвилини дихання гіпоксичною сумішшю		Відновний період
		4—5	10—11	
ХОД _{ВТРС} , мл/хв	5010±180	5320±240	5240±330	5160±300
ЧД, за 1 хв	20,7±1,4	20,0±1,5	19,4±1,2	19,4±1,8
ДО _{ВТРС} , мл	250±16	270±21	270±23	260±23
p_{AO_2} , мм рт. ст.	114,5±1,2	75,6±2,5	76,0±2,2	115,0±1,8
АВ/ХОД, %	71,7±1,8	64,6±2,9	71,0±2,4	70,5±2,1
АВ _{ВТРС} , мл/хв	3670±160	3360±160	3670±240	3570±250
ФМДП, мл	71±8	99±13	76±12	80±13
q_tO_2 , мл/хв	141±5	131±10	132±10	139±8
Виділення CO ₂ , мл/хв	123±6	126±7	116±8	124±8
q_iO_2 , мл/хв	860±35	650±31	600±41	890±51
q_{AO_2} , мл/хв	630±24	420±25	420±32	650±51
ХОД/ q_tO_2	36,6±1,7	40,7±3,7	38,0±2,7	36,8±3,9
АВ/ q_tO_2	25,7±1,3	26,9±2,6	27,0±2,1	25,9±1,6
q_iO_2/q_tO_2	6,3±0,4	5,1±0,4	4,5±0,4	6,3±0,4
q_{AO_2}/q_tO_2	4,5±0,2	3,5±0,3	3,3±0,2	4,7±0,3

Показники газообміну при гіпоксії не зазнавали значних змін, мож на було відзначити тільки тенденцію до зниження q_tO_2 (табл. 2). Це поряд зі збільшенням ХОД, призвело до деякого погіршення показників економічності дихання, проте в умовах гіпоксії співвідношення q_i/q_t та q_A/q_t зменшилось, що свідчить про підвищення ефективності функції зовнішнього дихання.

Привертає увагу ще один цікавий факт — зміни ХОД у відновний період після дихання гіпер- та гіпоксичною сумішами. На рисунку, та в відображенні зміни легеневої вентиляції при переході на дихання повітрям після гіпер- та гіпоксичного навантаження. Як видно, характер змін ХОД при переході з гіпероксії на повітря дуже схожий на реакції

на гіпоксію (див. гіпоксії викликає нок, а). Виходячи кисню в оточуюч ХОД, а в бік зм ної концентрації ції, що спостеріга Отже, прове го дихання та га хання повітрям, хання гіпероксич з наступною його у ХОД та зменш міші на зовнішнє короткочасному п які, проте, напри рівня. Споживанн закономірності р кисню в оточуючо

1. Агаджанян Н. А., картина крови в и система крови.
2. Безуглый В. П. И гипертонической б терапия. К., 1958, с.
3. Березовский В. А. фективности оксиг
4. Бобырева С. Б. В. дыхание и основно град, 1972. 22 с.
5. Бокерия Л. А., По. цина», 1975. 43 с.
6. Вакслейгер Г. А. кислорода на орга физиологии и пат с. 5—25.
7. Гуняди Б. К. О к вдыхаемого воздух зиол. и биохим. Ч. 2
8. Гуняди Б. К. Кисл. канд. дис., К., 1970.
9. Еремеев В. Я., Лив на легочные объем организма в онтоген
10. Жиронкин А. Г. К 1972. 172 с.
11. Жиронкин А. Г. и среде с повышенны 61, № 2, с. 25—28.
12. Жиронкин А. Г., П низма при дыхании Кислородн. режим
13. Колчинская А. З. Н
14. Колчинская А. З. К думка», 1973, 320 с.
15. Лауэр Н. В., Колчи Л., «Наука», 1975, с.
16. Лауэр Н. В., Колчи режимов организма организма и его регу

илась на 8% (табл. 2). При ась до 64,6%, а ФМДП зріс. у вдихуванні гіпоксичної су- а Гуняді [7]. Однак, вартій в гіпоксії показники АВ і може свідчити про те, що у стосовувався до нових умов, вентиляції, як це характерно я. При цьому $p_{A}O_2$ підтриму- за даними літератури, дихан- людей більш значне зниження ю це можна пояснити тим, що й та альвеолярній вентиляції дітей підтримується на більш і.

Таблиця 2
та газообміну у дітей 6—7 років
мішню з 14,5 % кисню

Дихання гіпоксичною сумішню	Відновний період	
	10—11	
240	5240±330	5160±300
1,5	19,4±1,2	19,4±1,8
21	270±23	260±23
2,5	76,0±2,2	115,0±1,8
2,9	71,0±2,4	70,5±2,1
160	3670±240	3570±250
13	76±12	80±13
10	132±10	139±8
	116±8	124±8
31	600±41	890±51
25	420±32	650±51
3,7	38,0±2,7	36,8±3,9
2,6	27,0±2,1	25,9±1,6
0,4	4,5±0,4	6,3±0,4
0,3	3,3±0,2	4,7±0,3

е зазнавали значних змін, мож- о зниження q_tO_2 (табл. 2). Це, деякого погіршення показників гіпоксії співвідношення q_i/q_t та підвищення ефективності функції

факт — зміни ХОД у відновні чною сумішами. На рисунку, б іляції при переході на дихання вантаження. Як видно, характер повітря дуже схожий на реакцію

на гіпоксію (див. рисунок, в), а переключення на дихання повітрям після гіпоксії викликає зміни вентиляції, аналогічні дії гіпероксії (див. рисунок, а). Виходячи з цього, можна припустити, що зміни концентрації кисню в оточуючому середовищі в бік збільшення викликають зниження ХОД, а в бік зменшення — зростання вентиляції незалежно від вихідної концентрації кисню. Різниця може проявлятися лише в силі реакції, що спостерігається.

Отже, проведені дослідження дають уявлення про стан зовнішнього дихання та газового обміну у дітей шести-семи років в умовах дихання повітрям, збагаченим та збідненим на кисень. Показано, що дихання гіпероксичною сумішню викликає короткочасне зниження ХОД з наступною його стабілізацією, підвищення АВ, збільшення частки АВ у ХОД та зменшення ФМДП, що вказує на позитивний вплив цієї суміші на зовнішнє дихання. Реакція на помірну гіпоксію виявляється у короткочасному підвищенні ХОД, зниженні показників АВ та АВ/ХОД, які, проте, наприкінці гіпоксичного періоду досягають свого вихідного рівня. Споживання кисню при цьому значно зменшується. Вказано на закономірності реакцій легеневої вентиляції при змінах концентрації кисню в оточуючому середовищі.

Література

1. Агаджанян Н. А., Калиниченко И. Р., Сергиенко А. В. Газообмен и морфологическая картина крови в условиях измененной газовой среды (гипо- и гипероксии).— Горы и система крови. Тезисы докл. Всесоюз. симпозиума, Фрунзе, 1969, с. 3—6.
2. Безуглый В. П. Изменение газового обмена в условиях кислородной терапии при гипертонической болезни.— В кн.: Физиол. и патол. дыхания, гипоксия и оксигенотерапия. К., 1958, с. 350—355.
3. Березовский В. А. Отрицательный кислородный эффект и способы повышения эффективности оксигенотерапии.— Врачебн. дело, 1975, № 3, с. 85—88.
4. Бобырева С. Б. Влияние ингаляционной дозированной оксигенотерапии на внешнее дыхание и основной обмен при ревматизме у детей. Автореф. канд. дис., Ворошиловград, 1972, 22 с.
5. Бокерия Л. А., Полякова О. И., Хануй Х. Х. Кислородная интоксикация. М., «Медицина», 1975, 43 с.
6. Вакселейгер Г. А. Некоторые экспериментальные данные к механизму действия кислорода на организм при нормальном атмосферном давлении.— В кн.: Очерки физиологии и патологии дыхания и кровообращения. Вып. 11. Оренбург, 1967, с. 5—25.
7. Гуняди Б. К. О кислородном режиме организма детей 7—9 лет при разном pO_2 вдыхаемого воздуха.— В кн.: Материалы VIII науч. конф. по возрастн. морфол., физиол. и биохим. Ч. 2. М., 1967, с. 109—112.
8. Гуняди Б. К. Кислородные режимы организма в период второго детства. Автореф. канд. дис., К., 1970, 22 с.
9. Еремеев В. Я., Лившиц О. Д. Изучение влияния дозированной физической нагрузки на легочные объемы детей дошкольного возраста.— Методы исследования функций организма в онтогенезе. Тезисы докл., М., 1975, с. 101—103.
10. Жиронкин А. Г. Кислород. Физиологическое и токсическое действие. Л., «Наука», 1972, 172 с.
11. Жиронкин А. Г. и др. О влиянии на организм обезьян длительного пребывания в среде с повышенным содержанием кислорода.— Бюл. эксперим. биол. и мед., 1966, 61, № 2, с. 25—28.
12. Жиронкин А. Г., Панин А. Ф., Сорокин П. А. О приспособительных реакциях организма при дыхании кислородом под давлением от одной до трех атмосфер.— В кн.: Кислородн. режим организма и его регулir. К., «Наук. думка», 1966, с. 311—316.
13. Колчинская А. З. Недостаток кислорода и возраст. К., «Наук. думка», 1964, 336 с.
14. Колчинская А. З. Кислородные режимы организма ребенка и подростка. К., «Наук. думка», 1973, 320 с.
15. Лауэр Н. В., Колчинская А. З. Дыхание и возраст.— В кн.: Возрастная физиология. Л., «Наука», 1975, с. 157—220.
16. Лауэр Н. В., Колчинская А. З., Куликов М. А. Расчеты параметров кислородных режимов организма и построение кислородных каскадов.— В кн.: Кислородн. режим организма и его регулir. К., «Наук. думка», 1966, с. 16—22.

17. Лауэр Н. В., Середенко М. М., Когановская М. М. К характеристике переходных процессов при остром гипоксическом воздействии у человека.— Физиол. журн. СССР, 1974, 60, № 4, с. 499—505.
18. Мищенко В. С. Изменения дыхания у подростков и юношей под влиянием спортивной тренировки.— Материалы IX научн. конф. по возрастн. морфол., физиол. и биохим. 2, ч. II. М., 1969, с. 41—43.
19. Рязанов В. Н. К оценке групповых и индивидуальных норм некоторых показателей внешнего дыхания у детей 6—15 лет. Автореф. канд. дис., Ярославль, 1967. 28 с.
20. Сафаров Р. И., Мамедов Ю. А., Гаджиева А. М. Возрастные особенности функции внешнего дыхания у детей 7—15 лет.— Новые исследования по возрасти. физиол. М., 1973, № 1, с. 34—36.
21. Трошихин Г. В. Газообмен и некоторые функции центральной нервной системы при длительном пребывании животных в атмосфере с высоким содержанием кислорода. Автореф. канд. дис., Л., 1967. 27 с.
22. Фрадкий И. М., Кокин В. С. Сравнительная характеристика динамики показателей жизненной емкости легких у детей и подростков.— Методы исследования функций организма в онтогенезе. Тезисы докл. М., 1975, с. 124—125.
23. Шалков Н. А. Функциональное исследование аппарата внешнего дыхания у детей.— Вопр. педиатр., 1946, 14, № 3, с. 18—21.
24. Шалков Н. А. Вопросы физиологии и патологии дыхания у детей. М., Медгиз, 1957. 292 с.
25. Шамансуров С. А. К вопросу о возрастных особенностях внешнего дыхания у детей.— Материалы 4 конф. физиологов республик Средней Азии и Казахстана. Т. 1. Алма-Ата, 1969, с. 369—370.
26. Bouverot P. e. a. Etude du role des chemorecepteurs arteriels dans la regulation de la respiration pulmonaire chez le chien éveillé.— Arch. int. pharmacodyn. et ther., 1965, 157, N 2, p. 253—271.
27. Cohen R., Overfield E. M., Kylstra J. A. Diffusion component of alveolar-arterial oxygen pressure difference in man.— J. Appl. Physiol., 1971, 31, N 2, p. 223—226.
28. Damato A. N., Galante J. G., Smith W. M. Hemodynamic response to treadmill exercise in normal subjects.— J. Appl. Physiol., 1966, 21, N 3, p. 959—966.
29. Doležal V. The effect of longlasting oxygen inhalation upon respiratory parameters in man.— Physiol. bohemosl., 1962, 11, N 2, p. 149—154.
30. Dripps R. D., Comroe J. H. The effect of the inhalation of high and low oxygen concentrations on respiration, pulse rate, ballistocardiogram and arterial oxygen saturation of normal individuals.— Amer. J. Physiol., 1947, 149, N 2, p. 277—283.
31. Froese G. Effect of breathing O₂ at one atmosphere on O₂ consumption in rats.— J. Appl. Physiol., 1960, 15, N 1, p. 53—60.
32. Harris E. A., Kenyon M., Nisbet H. D., Seelye E. R., Whitlock R. M. L. The normal alveolar-arterial oxygen tension gradient in man.— Clin. sci. and Mol. Med., 1974, 46, N 1, p. 89—104.
33. Horstman D. H., Horvath S. M. Cardiovascular adjustments to progressive dehydration.— J. Appl. Physiol., 1973, 35, N 4, p. 501—504.
34. Moore T. O., Elsner R., Lin G. S., Lally D. A., Hong S. K. Effects of alveolar pO₂ and pCO₂ on apneic bradycardia in man.— J. Appl. Physiol., 1973, 34, N 6, p. 795—798.
35. Pratt P. C. The reaction of the human lung to enriched oxygen atmosphere.— Ann. N. Y. Acad. sci., 1965, 121, p. 809—815.

Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця
АН УРСР, Київ

Надійшла до редакції
20.V 1976 р.

М. М. Seredenko, A. M. Khvul', V. P. Vinogradov,
T. V. Serebrovskaja, E. V. Rosova

RESPIRATION AND GAS EXCHANGE IN HEALTHY CHILDREN UNDER CONDITIONS OF HIGH AND LOW OXYGEN CONTENT IN INSPIRED AIR

Summary

Lung and alveolar ventilation, gas exchange and values of efficiency and economy of respiration under normal conditions and during inspiration of gas mixtures with 41% O₂ and 14.5% O₂ in nitrogen were studied in healthy children of 6—7 years old. The increase in alveolar ventilation (AV), AV/RMV ratio and decrease in the physiological dead space to the end of the hyperoxic period may indicate to the positive influence of 41% O₂ on respiration of children.

УДК 612.221

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗО ПРИ М'ЯЗОВІЙ

Незважаючи на численні дані недостатності дихання при навантаженні 8, 9, 11, 12, 13, 17—20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

Літературні відомості про ефективність зовнішнього дихання при навантаженні 8, 9, 11, 12, 13, 17—20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

Беручи до уваги, що застосовується широкотривалість, ми вивчаємо ефективність зовнішнього дихання при навантаженні 8, 9, 11, 12, 13, 17—20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 1