

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕЯКИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СТУДЕНТІВ-ГІМНАСТІВ

В. П. Іващенко, М. К. Босий, І. М. Давиденко

Кафедра фізіології людини і тварин Черкаського педагогічного інституту

В працях [4, 9, 13, 16], присвячених дослідженню фізіологічних механізмів реакції організму гімнастів на фізичне навантаження, є відомості про те, що спортивна гімнастика відноситься до одного з видів спорту, де динаміка дихальних рухів підпорядкована структурі рухових актів. Автори звертають увагу на те, що посилення дихання при виконанні гімнастичних вправ виявляється недостатнім для задоволення потреб організму в кисні, що призводить до досить частих гіпоксемічних зрушень. Крім того, є вказівки на повну затримку дихання на вдиху під час виконання деяких гімнастичних вправ статичного характеру.

Враховуючи це положення, а також те, що сумарне енергетичне забезпечення тренувальної роботи гімнастів високої кваліфікації виявляється досить значним [16], можна припустити, що зрушення в функціональному стані дихальної системи у них під впливом роботи в таких умовах будуть досить специфічними. З'ясування характеру цих зрушень становить певний інтерес, оскільки питання про раціональне співвідношення рівнів функціонального стану систем і органів у представників різних видів спорту, в тому числі і у гімнастів, досі ще далеке від розв'язання.

Ми вивчали зміни аеробної продуктивності, зовнішнього дихання і реакції організму на пробу з затримкою дихання на вдиху у студентів педвузу під впливом тренувальних занять спортивною гімнастикою.

Методика досліджень

Обслідування проводились на 25 гімнастах-чоловіках факультету фізичного виховання віком від 18 до 25 років, яких, залежно від їх спортивної кваліфікації, заздалегідь поділили на дві групи. До першої увійшли кандидати в майстри спорту і першорозрядники (8 осіб), а до другої — третьорозрядники і новачки (17 осіб).

Обслідування проводились протягом усього учбового року, по три тренувальних заняття щотижня. Тривалість їх становила у новачків 1,5—2 год, у висококваліфікованих — 2,5—3 год. В кожному досліді в середньому було зайнято три особи. Усього проведено 184 досліді. Матеріал оброблений методом варіаційної статистики.

Задовго до тренувальних занять визначали максимальне споживання кисню і загальний кисневий борг. Показники зовнішнього дихання і реакцію на пробу із затримкою дихання на вдиху визначали безпосередньо перед тренуваннями і не пізніше 20 хв після них.

Тестом для визначення аеробної і анаеробної продуктивності гімнастів була робота на велоергометрі, потужність якої ступінчасто підвищували до відказу. Перед роботою, під час її виконання і на протязі 40 хв відновного періоду на апараті Холдена аналізували проби видихуваного повітря, яке брали послідовними порціями на протязі 30 сек проміжків під час роботи і на початку відновлення та поступово збільшували їх до 5 хв наприкінці відновного періоду. В спокої, перед початком роботи, видихуване повітря забирали на протязі 3 хв. Всі вимірювання газових об'ємів приведені до умов STPD.

Ряд показників зовнішнього дихання реєстрували на спірографі.

Зміна оксигенації артеріальної крові, тривалість «стійкої фази» і час відновлення насичення крові киснем до вихідної величини при виконанні проби із затримкою дихання на вдиху визначали на оксигемографі типу 036-М. Час затримки дихання реєстрували по секундоміру.

Результати досліджень та їх обговорення

Визначаючи величину тренувальних навантажень у гімнастів високої і низької кваліфікації, ми встановили, що кандидати в майстри спорту і першорядники виконують у середньому за тренування 268 елементів, а гімнасти третього розряду і новачки — в середньому 131 елемент. Щільність роботи, що становить відношення часу роботи на приладах до загального часу тренування, виражене в процентах, у перших складала 10%, а у других, відповідно — 9%. Таким чином, збільшення тренувальних навантажень у кандидатів в майстри спорту і першорядників досягається головним чином за рахунок більшого об'єму виконаної роботи, а щільність її при цьому змінюється незначно. Приблизно така ж динаміка тренувальних навантажень, відповідно з даними ряду авторів, спостерігається і у гімнастів-майстрів (8, 10, 15 та ін.).

Все це дозволяє прийти до висновку, що у гімнастів, з ростом їх спортивної кваліфікації, формується здатність до виконання специфічної силової роботи на протязі тривалого часу. Є відомості [16], що сумарні енергетичні витрати у них при цьому досягають значних величин.

Можливість такої мобілізації функцій організму у гімнастів високої кваліфікації, мабуть, можна пояснити зміною співвідношення між аеробними і анаеробними джерелами енергопродукції.

Таблиця 1
Показники максимального споживання кисню (МСК) і загального кисневого боргу (ЗБК) у гімнастів високої (I група) і низької (II група) кваліфікації

Досліджувані показники	I група $M \pm m$	II група $M \pm m$	p
МСК (в літрах)	$2,632 \pm 0,088$	$2,743 \pm 0,066$	$> 0,3$
(в мл/кг)	$40,7 \pm 1,26$	$40,1 \pm 1,06$	$> 0,7$
ЗБК (в літрах)	$4,678 \pm 0,488$	$4,288 \pm 0,009$	$> 0,5$
(в мл/кг)	$73,7 \pm 8,19$	$62,7 \pm 4,63$	$> 0,2$

Результати визначення максимального споживання кисню і загального кисневого боргу у гімнастів високої і низької кваліфікації якоюсь мірою підтверджують таке припущення. Вони вказують на те, що максимальне споживання кисню у гімнастів різного ступеня підготовки перебуває на порівняно невисокому рівні (табл. 1). У гімнастів високої кваліфікації цей показник становить у середньому $40,7 \pm 1,26$ мл/кг/хв, а у гімнастів низької кваліфікації — $40,1 \pm 1,06$ мл/кг/хв. Критерій p свідчить про певну відсутність відмінностей.

Величина загального кисневого боргу у висококваліфікованих гімнастів, за нашими даними, на $11,0$ мл/кг/хв більша, ніж у гімнастів низької кваліфікації. Хоч у цьому випадку критерій p більше $0,2$, проте було б неправильним стверджувати, що заняття спортивною гімнастикою не спричиняють ніякого впливу на ємність анаеробних енергетичних джерел. Цей вид спорту багатий на силові вправи, потужність яких часто наближається до максимальної. Доведено, що силові вправи такого роду

супроводжуються переважно анаеробним ресинтезом АТФ, хоч і в меншій мірі, ніж швидкісні навантаження [17]. Крім того, в ряді праць [2, 19, 20] містяться вказівки про те, що короточасні зусилля максимальної потужності можуть бути забезпечені тільки при використанні внутрішньом'язових резервів креатинфосфату. В зв'язку з цим можна припустити, що виявлене нами невелике збільшення загального кисневого боргу у гімнастів високої кваліфікації обумовлене, в основному, його алактатною складовою.

Певний інтерес викликає той факт, що показник аеробної продуктивності виявився по суті однаковим у гімнастів різного ступеня підготовки. Очевидно, це може свідчити про відсутність стимулюючого впливу тренувального процесу по спортивній гімнастиці на потужність аеробного джерела енергопродукції.

Це припущення підтверджують дані проби із затримкою дихання на вдиху (табл. 2). Під час її виконання реєстрували тривалість «стійкої фази», час граничної затримки дихання, величину гіпоксемічного зрушення (процент зниження оксигенації артеріальної крові) і час відновлення рівня оксигенації артеріальної крові до вихідної величини. Оскільки час відновлення рівня оксигенації артеріальної крові до вихідної величини характеризувався великим розкидом (від 10 до 180 сек і більше), то середні дані по цьому показнику в табл. 2 не наведені.

Привертає увагу той факт, що до тренування процент зниження оксигенації крові під час проби, що характеризує величину гіпоксемічного зрушення, у гімнастів II групи був достовірно нижчим ($p < 0,05$), ніж у гімнастів I групи. Час затримки дихання і тривалість «стійкої фази» у гімнастів II групи при цьому були трохи більші (відповідно $82,6 \pm 6,37$ і $30,58 \pm 1,74$ сек проти $74,06 \pm 6,63$ і $27,75 \pm 2,51$ сек). Наведені дані дозволяють вважати, що гімнасти низької кваліфікації мають можливість витримувати більш гостре гіпоксемічне і, відповідно, гіперкапінічне зрушення при затримці дихання, ніж гімнасти високої кваліфікації. Але і у них час затримки дихання, тривалість «стійкої фази» і величина гіпоксемічного зрушення відповідають найбільш низьким цифровим значенням, наведеним в літературі [4, 5, 12]. Автори цих праць вказують, що здатність витримувати гостре гіпоксемічне і гіперкапінічне зрушення зростає при збільшенні роботи на витривалість до напруженої циклічної діяльності і досягає найбільшого значення у бігунів на довгі і наддовгі дистанції. У них час затримки дихання досягає 3 хв, а оксигенація артеріальної крові при цьому знижується до 60%. Якщо прийняти до уваги, що біг на довгі і наддовгі дистанції відноситься до вправ великої і помірної потужності і енергетичні витрати при цьому здійснюються за рахунок максимального посилення аеробного виробництва енергії [1], то можна відзначити, що здатність спортсменів витримувати гостре гіпоксемічне і гіперкапінічне зрушення при затримці дихання формується паралельно із збільшенням аеробного енергетичного потенціалу.

Таким чином, порівняно короткий час затримки дихання і «стійкої фази» та низька величина гіпоксемічного зрушення при затримці дихання у гімнастів високої кваліфікації можуть побічно свідчити про відсутність в їх тренуваннях навантажень, які б вели до збільшення аеробної продуктивності. З наведених у табл. 2 даних видно, що після тренування реакція на пробу у гімнастів високої і низької кваліфікації виявилась більш сприятливою. Як у гімнастів низької, так і високої кваліфікації спостерігалось збільшення часу затримки дихання і ступеня зниження насичення крові киснем. Крім того, у гімнастів низької кваліфікації спостерігалось ще і збільшення тривалості «стійкої фази». Доречно відзначити, що кількість дослідів, в яких фази відновлення насичення крові

Результати досліджень по пробі із затримкою дихання на вдиху у гімнастів високої (I група) і низької (II група) кваліфікації

Досліджувані показники	До тренування		p	Після тренування		p
	I група M ± m	II група M ± m		I група M ± m	II група M ± m	
Стійка фаза, в сек	27,75 ± 2,51	30,58 ± 1,74	> 0,3	25,62 ± 2,55	34,58 ± 1,66	< 0,01
% оксигенації крові під час проби	94,81 ± 0,706	94,26 ± 0,37	> 0,4	95,5 ± 0,64	95,39 ± 0,33	> 0,7
% оксигенації крові після проби	88,37 ± 1,461	84,05 ± 1,18	< 0,05	86,87 ± 1,44	84,16 ± 1,51	> 0,1
Час затримки дихання, в сек	74,06 ± 6,63	82,6 ± 6,37	> 0,4	76,68 ± 6,6	93,4 ± 7,28	> 0,05

Порівняльні дані про зміну зовнішнього дихання між гімнастами високої (I група) і низької (II група) кваліфікації до і після тренувальних занять

Досліджувані показники	До тренування		p	Після тренування		p
	I група M ± m	II група M ± m		I група M ± m	II група M ± m	
МВЛ (в літрах)	103,74 ± 4,05	118,26 ± 3,05	< 0,01	111,4 ± 4,13	120,8 ± 2,35	< 0,05
(в % до належної)	135 ± 4,58	150 ± 3,72	< 0,02	145 ± 5,13	154 ± 2,71	> 0,05
ЖЄЛ (в літрах)	3,824 ± 0,095	4,008 ± 0,033	< 0,05	3,757 ± 0,087	3,951 ± 0,042	< 0,02
(в мл/кг)	59 ± 0,811	60 ± 0,508	> 0,2	58 ± 0,752	59 ± 0,448	> 0,1
ДО (в мілілітрах)	543 ± 43,2	490 ± 17,8	> 0,1	583 ± 46	517 ± 30,4	> 0,2
ХОД (в літрах)	8,32 ± 0,39	7,55 ± 0,226	> 0,05	9,25 ± 0,627	8,3 ± 0,337	> 0,1
(в % до належного)	139 ± 5,66	121 ± 3,73	< 0,01	153 ± 9,56	136 ± 5,955	> 0,1
XBO ₂ (в мілілітрах)	409 ± 20,32	386 ± 10,93	> 0,2	411 ± 26,57	385 ± 8,48	> 0,2
(в % до належного)	172 ± 9,11	156 ± 4,245	> 0,05	174 ± 9,76	157 ± 3,639	< 0,05
КВК	47,3 ± 2,44	51,6 ± 1,9	> 0,1	41,1 ± 2,96	47,8 ± 1,73	< 0,05

киснем затягувались понад 180 сек, значно зменшилась після тренування серед гімнастів обох груп. Такий характер реакції на пробу після тренування, на думку деяких авторів [5, 12], пояснюється відсутністю фізичних навантажень, які б вели до значного напруження функції дихання і кровообігу.

Таблиця 4

Порівняльні дані про зміну зовнішнього дихання у гімнастів високої (I група) і низької (II) кваліфікації до і після тренувальних занять

Досліджувані показники	I група		p
	До тренування	Після тренування	
МВЛ, в л	103,74±4,05	111,4±4,13	<0,01
ЖЄЛ, в л	3,824±0,095	3,757±0,087	<0,05
Резервний об'єм вдиху, в л	2,161±0,077	1,995±0,075	<0,01
Резервний об'єм видиху, в л	1,183±0,046	1,179±0,059	>0,1
ДО, в мл	543±43,2	583±46	<0,02
ХОД, в л	8,32±0,39	9,25±0,627	<0,02
ХВО ₂ , в мл	409±20,32	411±26,57	>0,9
КВК	47,3±2,44	41,1±2,96	<0,05

Досліджувані показники	II група		p
	До тренування	Після тренування	
МВЛ, в л	118,26±3,05	120,8±2,35	>0,1
ЖЄЛ, в л	4,008±0,033	3,951±0,042	<0,05
Резервний об'єм вдиху, в л	2,380±0,042	2,360±0,050	>0,5
Резервний об'єм видиху, в л	1,174±0,032	1,102±0,31	<0,02
ДО, в мл	490±17,8	517±30,4	>0,2
ХОД, в л	7,55±0,226	8,3±0,337	<0,01
ХВО ₂ , в мл	386±10,93	385±8,48	>0,9
КВК	51,6±1,9	47,8±1,73	>0,05

Результати проведених нами дослідів апарата зовнішнього дихання у гімнастів різного ступеня підготовки, за даними деяких функціональних показників, дозволяють погодитись з цим поясненням. Результати цих досліджень наведені в табл. 3 і 4. Зважаючи на те, що такі величини, як максимальна вентиляція легень (МВЛ), хвилинний об'єм дихання (ХОД) і використання кисню за хвилину (ХВО₂) виявляють тісну залежність від статі, віку і росту, вони представлені в табл. 3 як в абсолютних значеннях, так і в процентах до належних.

З табл. 3 видно, що показник максимальної продуктивності зовнішнього дихання (МВЛ), як в абсолютних значеннях, так і в процентах до належних, у гімнастів високої кваліфікації до тренування достовірно нижчий, ніж у гімнастів низької кваліфікації. Після тренувальних занять спостерігалось збільшення МВЛ в обох групах, але лише у гімнастів високої кваліфікації це збільшення було достовірним ($p < 0,01$)*. Напевне, посилення дихання під час тренувань у гімнастів обох груп не досягає значних величин і це не веде до пригнічення МВЛ. В результаті після тренувань цей показник навіть збільшується.

* Значення p при внутрігрупових відмінностях наведені в табл. 4.

Величина ХОД, виражена в процентах до належної, виявилась більшою у гімнастів першої групи і, як видно з табл. 3, досягається це головним чином за рахунок збільшення дихального об'єму (ДО). Після тренувань ХОД достовірно зростає в обох групах (табл. 4). Більш високі значення ХОД у гімнастів першої групи становлять інтерес у зіставленні їх з хвилинним використанням кисню. Ця величина, виражена в процентах до належної, показує, що висококваліфіковані гімнасти використовують трохи більше кисню до тренування і після нього, ніж гімнасти низької кваліфікації. Але підвищення ХОД у них виявляється більш значним і це призводить до зниження коефіцієнта використання кисню (КВК). Це зниження після тренувань досягає достовірних значень ($p < 0,05$).

Цікаво, що приблизно такі ж результати одержав Степанов [14] у дослідях на штангістах при виконанні ними статичних навантажень. Він встановив, що кисневі режими при таких навантаженнях менш економічні, ніж при динамічній роботі. Все це дозволяє вважати, що зниження КВК у гімнастів високої кваліфікації обумовлене специфікою вправ спортивної гімнастики, в яких часто має місце компонент статичних зусиль.

Крім того, в ряді праць [3, 11] відзначається збільшення легеневої вентиляції з ростом тренуваності до статичних навантажень, тоді як з ростом тренуваності до динамічної роботи легенева вентиляція зменшується. Пояснюється це дискоординацією дихальних рухів і недостатньою аерацією легень під впливом статичної роботи. З ростом тренуваності легенева вентиляція під час роботи збільшується, нормалізується ритм і амплітуда дихальних рухів.

Характерно, що збільшення МВЛ і ХОД у гімнастів обох груп під впливом тренувальних занять відбувалось поряд із зниженням показника життєвої ємкості легень. Але у гімнастів високої кваліфікації зниження ЖЕЛ обумовлене зменшенням резервного об'єму вдиху ($p < 0,01$), а у гімнастів низької кваліфікації — зменшенням резервного об'єму видиху ($p < 0,02$). Зниження ЖЕЛ за рахунок зменшення резервного об'єму видиху під впливом напруженої м'язової діяльності описане ще на початку цього століття [18], але причина цього явища залишається не зовсім зрозумілою. Найчастіше це пояснюють тим, що видих на протилежність вдиху проходить пасивно, не втягуючи додаткові видихувальні м'язи, а частина вдихувальних м'язів на протязі життя тренується постійно. Через це під час роботи видихувальні м'язи виявляються менш придатними до форсованого дихання і швидко стомлюються [11]. Виходячи з цих міркувань, можна пояснити і зниження резервного об'єму видиху після тренування у гімнастів другої групи. Відомо, що для форсованого видиху втягуються додаткові видихувальні м'язи. Це, перш за все, широкі і довгі м'язи черевної стінки. Враховуючи те, що під час виконання гімнастичних вправ на них падає досить значне навантаження, цілком закономірним буде припущення, що до кінця занять у них розвиваються процеси втоми, які і впливають на величину резервного об'єму видиху.

Зниження резервного об'єму вдиху у гімнастів високої кваліфікації також може відбуватись за рахунок того, що в його виконанні беруть участь такі м'язи, як великий і малий грудні, підключичний і передній зубчастий, які широко використовуються при виконанні гімнастичних вправ і до кінця тренування можуть теж значно втомлюватись.

Локалізація ж найбільш виражених процесів втоми в різних місцях м'язової системи у гімнастів високої і низької кваліфікації може бути обумовлена різним характером тренувального навантаження. Це, зрозу-

міло, лише припущення. Для з'ясування цього питання потрібні дальші дослідження.

Таким чином, одержані в результаті дослідження зовнішнього дихання дані дозволяють відзначити таке. Можливість довільного посилення легеневої вентиляції у гімнастів високої кваліфікації нижча, ніж у гімнастів низької кваліфікації. Вона істотно зростає після тренування, що вказує на відсутність у тренувальних навантаженнях факторів, які б вели до її пригнічення. Очевидно, виконання гімнастичних вправ не супроводжується значним напруженням апарата зовнішнього дихання.

Більш високе значення ХОД у гімнастів високої кваліфікації призводить до зниження коефіцієнта використання кисню. Можна вважати, що згадані зміни в функціонуванні апарата зовнішнього дихання у гімнастів високої кваліфікації обумовлені характером їх рухової діяльності.

Висновки

1. Заняття спортивною гімнастикою не сприяють збільшенню аеробної продуктивності організму і тому можна припустити, що енергозабезпечення вправ гімнастичного багатоборства здійснюється переважно за рахунок анаеробних джерел енергопродукції.

2. Можливість довільного збільшення вентиляції легень у гімнастів порівняно невелика і зменшується з ростом їх спортивної кваліфікації.

3. З ростом спортивної кваліфікації у гімнастів спостерігається збільшення хвилинного об'єму дихання.

Література

1. Волков Н. И.— В сб.: Тез. докл. XI Всес. конф. по физиол., морфол., биомехан. и биохим. мыш. деят., Свердловск, 1970, 86.
2. Волков Н. И., Данилов В. А.— Теория и практика физ. культуры, 1973, 3, 41.
3. Верещагин Н. К., Скрябин В. В.— В сб.: Некот. вопр. физиол. клин. и морфол., Куйбышев, 1958.
4. Гандельсман А. Б.— В сб.: Кислород. режим организма и его регул., К., 1966, 241.
5. Гандельсман А. Б., Попов С. Н., Тесленко Ж. А.— В сб.: Пробл. физиол. спорта, М., 1958, 187.
6. Дембо А. Г.— Теория и практика физ. культуры, 1972, 10, 67.
7. Зимкин Н. В.— В сб.: Тез. докл. XII Всес. конф. по физиол., морфол., биомехан. и биохим. мыш. деят., Львов, 1972, 17.
8. Киселев В. А.— В сб.: Тез. докл. XI Всес. научн. конф. по физиол., морфол., биомехан. и биохим. мыш. деят., Свердловск, 1970, 192.
9. Миронов В. М.— Обучение высококвалиф., гимнастов рацион. дыханию в связи с характеристик. дыхат. функции при выполнении классифик. упражн., Автореф. дисс., Л., 1967.
10. Мирошкин А. Н.— В сб.: Тез. докл. XI Всес. конф. по физиол., морфол., биомехан. и биохим. мыш. деят., Свердловск, 1970, 279.
11. Маршак М. Е.— Регуляция дыхания у человека, М., 1961, 93.
12. Попов С. Н.— Легкая атлетика, 1957, 10, 22.
13. Серопегин И. М.— Дыхание при некоторых видах спорта. Автореф. дисс., М., 1947.
14. Степанов Ю. В.— Физиол. журн. АН УРСР, 1970, XVI, 1, 82.
15. Украин М. Л.— Методика тренировки гимнастов, М., 1971, 68.
16. Фомин Н. А., Филин В. П.— Возрастные основы физич. воспитания, М., 1972.
17. Яковлев Н. Н.— Биохимия, М., 1969, 267.
18. Bohr Chr.— Arch. f. klin. Med., 1907, 78, 385.
19. Dill P.— Science and Medicine of exercise a. Sports., N. Y., 1960, 384.
20. Margaria R.— Proc. Int. Congr. Sport Sci., Tokyo, 1864, 444.

Надійшла до редакції
30.XI 1973 р.

STUDY IN CERTAIN FUNCTIONAL PARAMETERS OF RESPIRATORY SYSTEM OF STUDENTS-GYMNASTS

V. P. Ivashchenko, M. K. Bosyi, I. M. Davydenko

Department of Human and Animal Physiology, Pedagogical Institute, Cherkassy

Summary

In 25 gymnasts of high and low qualification at the age from 18 to 25 changes were studied for aerobic and anaerobic productivity, parameters of external respirations and for the organism response to a test with a respiration delay at inspiration. Determination of aerobic and anaerobic productivity was conducted long before training. All the other parameters were recorded before training and for 20 min after it.

The data obtained made it possible to conclude that sport gymnastics training does not favour an increase in the aerobic capacity for work of the organism and therefore energy supply of gymnastics all-around combined exercises occurs mainly due to the anaerobic sources of energoproduction. Potentiality of an arbitrary increase in the lungs ventilation in the gymnasts is comparatively low and decreases with a growth in their sport qualification. With a growth in sport qualification a certain decrease in economy of external respiration is also observed in them.