

УДК 612.221

В. А. Антікова

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗОВНІШНЬОГО ДИХАННЯ У СПОРТСМЕНІВ ПРИ М'ЯЗОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ РІЗНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Незважаючи на численні дослідження при м'язовій діяльності, літературні дані недостатньо висвітлюють характер зміни зовнішнього дихання при навантаженнях різної потужності і тривалості [1, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 17—20, 23, 26, 27, 31, 32, 36]. У вітчизняній фізіології спорту для класифікації фізичних вправ прийнято поділ на чотири групи (зони) відносної потужності: максимальну, субмаксимальну, велику і помірну [18, 19]. Більшість праць присвячені вивченню адаптації дихання до навантажень тривалістю 5—10 хв [2, 3, 10, 11, 21, 23, 34, 35]. Ряд авторів [25, 27, 28, 30, 36] досліджували тривалі навантаження від 30 хв до кількох годин, але вивчали в основному, питання метаболізму.

Літературні відомості відбивають зміни при навантаженнях різної потужності лише таких показників зовнішнього дихання, як частота, дихальний об'єм, легенева вентиляція, споживання кисню і дихальний коефіцієнт. Крім того, дані більшості авторів одержані при будь-якому одному навантаженні. Результати різних авторів, одержані на різних контингентах обслідуваних спортсменів, у різних умовах, при застосуванні різних видів роботи і методів визначення згаданих показників не дають достатнього уявлення про адаптацію зовнішнього дихання спортсменів до фізичних навантажень різної потужності і тривалості. Питання ж про зміну ефективності зовнішнього дихання при напруженій м'язовій роботі різної потужності і тривалості в літературі не розглядається, незважаючи на те, що від ефективності зовнішнього дихання значною мірою залежить розвиток аеробної продуктивності організму спортсменів [5, 24, 29, 33, 35].

Беручи до уваги, що в процесі тренування у циклічних видах спорту застосовується широкий діапазон навантажень за їх потужністю і тривалістю, ми вивчали зміни ефективності зовнішнього дихання у спортсменів при напруженій м'язовій роботі різної потужності та визначали оптимальну тривалість навантажень, яка сприяє підвищенню ефективності зовнішнього дихання щодо забезпечення організму киснем і виведення вуглекислоти.

Методика досліджень

Ми обслідували 66 спортсменів I розряду, які спеціалізуються у видах спорту з циклічним характером рухів: велосипедистів, лижників, плавців. Вік обслідуваних 19—23 роки, зріст 173—182 см, вага 68—80 кг. Спортсменів обслідували при навантаженнях «до відказу» на велоергометрі субмаксимальної потужності тривалістю 4—5 хв, великої потужності тривалістю 10, 15 і 20 хв, помірної потужності тривалістю 30 і 60 хв. Навантаженню передувала розминка на велоергометрі протягом 10 хв. У вихідному стані перед роботою і в процесі її безперервно реєстрували: частоту (f), глибину (V_T) і хвилинний об'єм дихання ($\dot{V}_E$) на модифікованому спірографі [14], склад видихуваного і альвеолярного повітря — на двох модифікованих газоаналітичних апаратах типу «Спіроліт» [15], насичення артеріальної крові киснем — на оксигемографі О-36. Протягом усієї роботи за кожну хвилину за спеціальною програмою [16] на

ЕОМ БЕСМ-4 розраховували: споживання кисню ($\dot{V}_{O_2}$), виділення вуглекислоти ($\dot{V}_{CO_2}$), дихальний коефіцієнт (R), альвеолярну вентиляцію ($\dot{V}_A$), відношення $\dot{V}_A/\dot{V}_E$, кисневий ефект дихального циклу (КЕДЦ), вентиляційні еквіваленти для кисню і вуглекислоти (BE_{O_2} і BE_{CO_2}), співвідношення між об'ємною швидкістю надходження кисню в легені і альвеоли та споживання його тканинами, парціальний тиск кисню (P_{AO_2}) і вуглекислоти (P_{ACO_2}) в альвеолярному повітрі. Показники газообміну приведені до стандартних умов (STPD), вентиляторні об'єми — до умов BTPS.

Результати досліджень

Проведені дослідження показали, що протягом перших 2 хв роботи субмаксимальної потужності спостерігається різке посилення легеневої вентиляції. Згодом інтенсивність наростання її помітно знижується. Як видно з рис. 1, швидка фаза росту $\dot{V}_E$ забезпечується збільшенням як f , так і, переважно, $\dot{V}_T$, тоді як повільна фаза підвищення $\dot{V}_E$ здійснюється виключно внаслідок почастищення дихання. Значне збільшення дихального об'єму на перших хвилинах роботи, розширення в зв'язку з цим загальної дихальної поверхні легень сприяли підвищенню $\dot{V}_A$ та відношення $\dot{V}_A/\dot{V}_E$, найбільша величина якого досягається на другій хвилині роботи (рис. 2). В цей період спостерігається й найвища утилізація кисню з альвеолярного повітря. Як видно з рис. 2, для вилучення 1 л кисню на другій хвилині роботи організму обслідуваних спортсменів треба провентилувати найменшу кількість повітря, при цьому за кожен дихальний цикл вилучається найбільша кількість кисню. Висока утилізація кисню в легенях супроводжується найбільш низькою величиною P_{AO_2} (рис. 2). Отже, дані, наведені на рис. 2, свідчать про те, що найбільша ефективність зовнішнього дихання щодо забезпечення організму киснем при напруженій м'язовій роботі субмаксимальної потужності спостерігається на другій хвилині роботи. Наприкінці навантаження ефективність легеневого газообміну щодо забезпечення організму киснем знижується (рис. 2): зменшується відношення $\dot{V}_A/\dot{V}_E$ і КЕДЦ, збільшується BE_{O_2} , зростає P_{AO_2} .

Аналіз одержаних даних дозволив відзначити іншу картину динаміки ефективності зовнішнього дихання щодо виведення вуглекислоти з організму при роботі тривалістю 4—5 хв. Як видно з рис. 3, економічність у виведенні вуглекислоти підвищується протягом усієї роботи: BE_{CO_2} досягає найнижчих показників на останній хвилині; P_{ACO_2} та відношення $\dot{V}_A/\dot{V}_E$, розраховане за CO_2 , збільшуються до кінця роботи. Відмінності в динаміці ефективності зовнішнього дихання щодо забезпечення організму киснем і виведення вуглекислоти при роботі субмаксимальної потужності позначаються на динаміці дихального коефіцієнта.

Проведені нами дослідження зміни ефективності зовнішнього дихання при напруженій м'язовій роботі великої потужності показали, що різко підвищений з початком роботи кисневий запит організму викликав швидке збільшення споживання кисню, що через кілька хвилин досягало максимально можливих показників.

Як видно з рис. 4, найвища інтенсивність наростання $\dot{V}_{O_2}$ відзначається на перших 2—3 хв роботи, при цьому виявляється чітка залежність швидкості наростання $\dot{V}_{O_2}$ на початку роботи від тривалості навантаження: з подовженням тривалості роботи «до відказу» інтенсивність наростання $\dot{V}_{O_2}$ знижується. З рис. 4 видно, що при напруженій

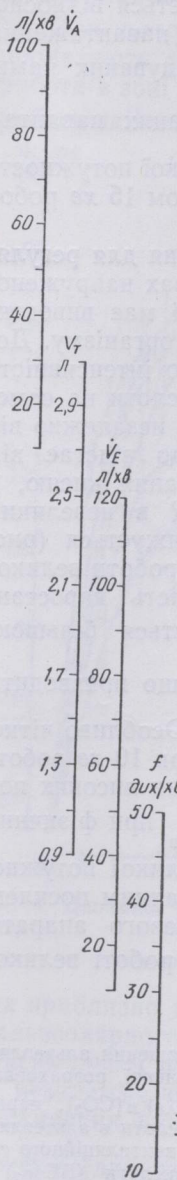


Рис. 1. Динаміка легеневої ($\dot{V}_A$) вентиляції та її складових: частоти дихання (f) та об'єму дихання ($\dot{V}_T$) протягом роботи субмаксимальної потужності. Крапками позначено дані.

ділення вуглекислоти ($\dot{V}_{CO_2}$), відношення $\dot{V}_A/\dot{V}_E$, киснотні для кисню і вуглекислого надходження кисню в легістис кисню (P_{AO_2}) і вуглеміну приведені до стандарт-

ом перших 2 хв роботи ке посилення легеневої омітно знижується. Як тся збільшенням як f , двищення $\dot{V}_E$ здійснюя. Значне збільшення розширення в зв'язку яли підвищенню $\dot{V}_A$ та досягається на другій еться й найвища утиліз рис. 2, для вилучення слідуваних спортсменів а, при цьому за кожен ь кисню. Висока утиліз низькою величиною свідчать про те, що

одо забезпечення ор і субмаксимальної по и. Наприкінці наванта забезпечення організ ошення $\dot{V}_A/\dot{V}_E$ і КЕДЦ,

і іншу картину динамі едення вуглекислоти з дно з рис. 3, економіч ротягом усієї роботи: хвилині; P_{ACO_2} та від-

я до кінця роботи. Від ання щодо забезпечен при роботі субмакси ихального коефіцієнта. зності зовнішнього ди тужності показали, що й запит організму ви до через кілька хвилин

наростання $\dot{V}_{O_2}$ відзна являється чітка залеж оти від тривалості на «до відказу» інтенсив о, що при напруженій

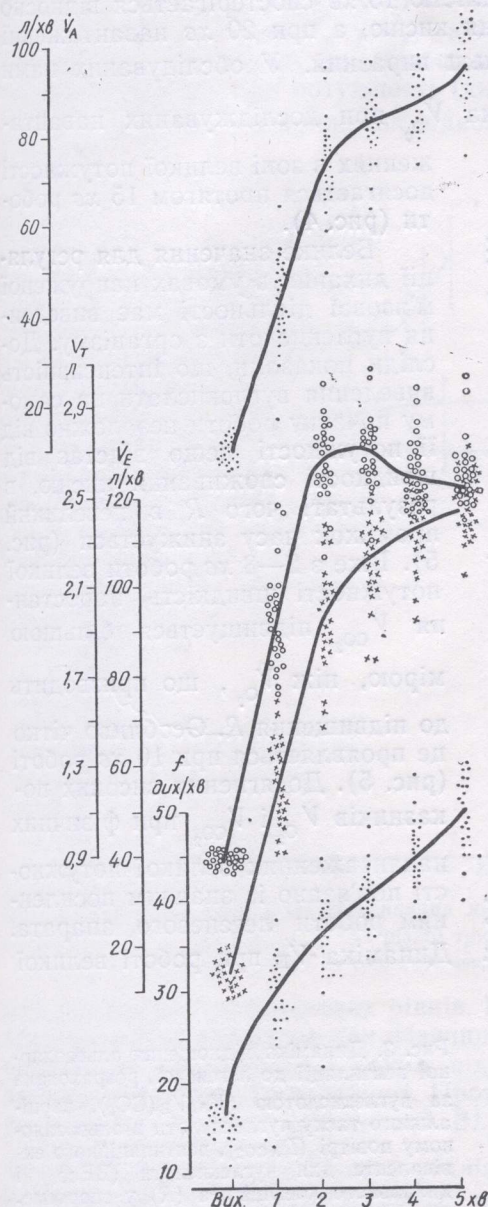


Рис. 1. Динаміка легеневої ($\dot{V}_E$) і альвеолярної ($\dot{V}_A$) вентиляції, частоти (f) і глибини (V_T) дихання у спортсменів протягом роботи субмаксимальної потужності.

Крапками позначені індивідуальні дані.

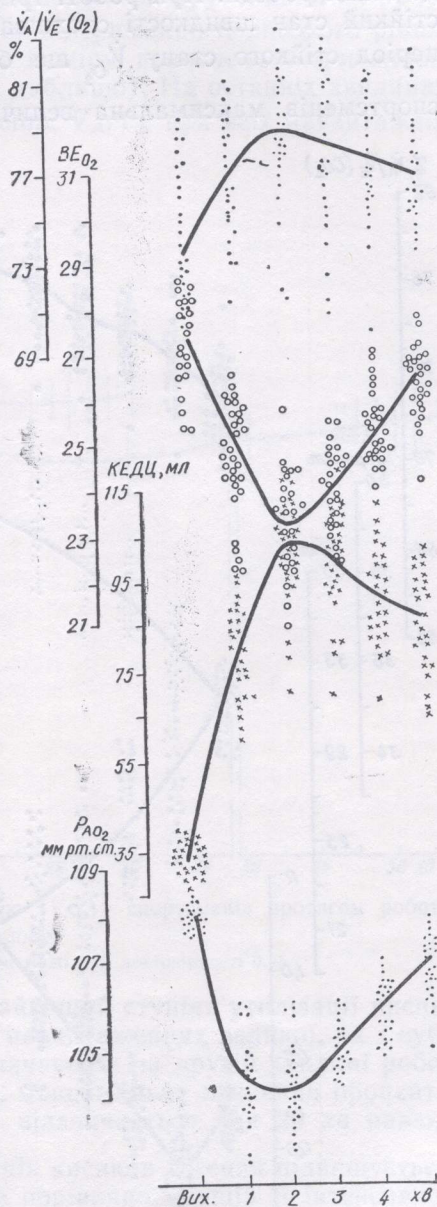


Рис. 2. Динаміка відношення альвеолярної вентиляції до легеневої ($\dot{V}_A/\dot{V}_E (O_2)$), вентиляційного еквівалента (BE_{O_2}), кисневого ефекту дихального циклу (КЕДЦ) і парціального тиску кисню в альвеолярному повітрі (P_{AO_2}) у спортсменів протягом роботи субмаксимальної потужності.

Інші позначення див. рис. 1.

роботі тривалістю як 5 хв, так і 10 хв, $\dot{V}_{O_2}$ безперервно збільшується до кінця роботи. При роботі тривалістю 15 хв спостерігається відносно стійкий стан швидкості споживання кисню, а при 20 хв навантаженні період стійкого стану $\dot{V}_{O_2}$ ще більш виразний. У обслідуваних нами спортсменів максимальна величина $\dot{V}_{O_2}$ при досліджуваних наванта-

женнях в зоні великої потужності досягається протягом 15 хв роботи (рис. 4).

Велике значення для регуляції дихання в умовах напруженої м'язової діяльності має виведення вуглекислоти з організму. Досліди показали, що інтенсивність виведення вуглекислоти на самому початку роботи незалежно від її потужності дещо відстає від швидкості споживання кисню, в результаті чого R в невеликий проміжок часу знижується (рис. 5). Вже з 2—3 хв роботи великої потужності швидкість наростання $\dot{V}_{CO_2}$ підвищується більшою мірою, ніж $\dot{V}_{O_2}$, що призводить до підвищення R . Особливо чітко це проявляється при 10 хв роботи (рис. 5). Досягнення високих показників $\dot{V}_{O_2}$ і $\dot{V}_{CO_2}$ при фізичних навантаженнях великої потужності пов'язано із значним посиленням роботи легеневого апарата. Динаміка $\dot{V}_E$ при роботі великої

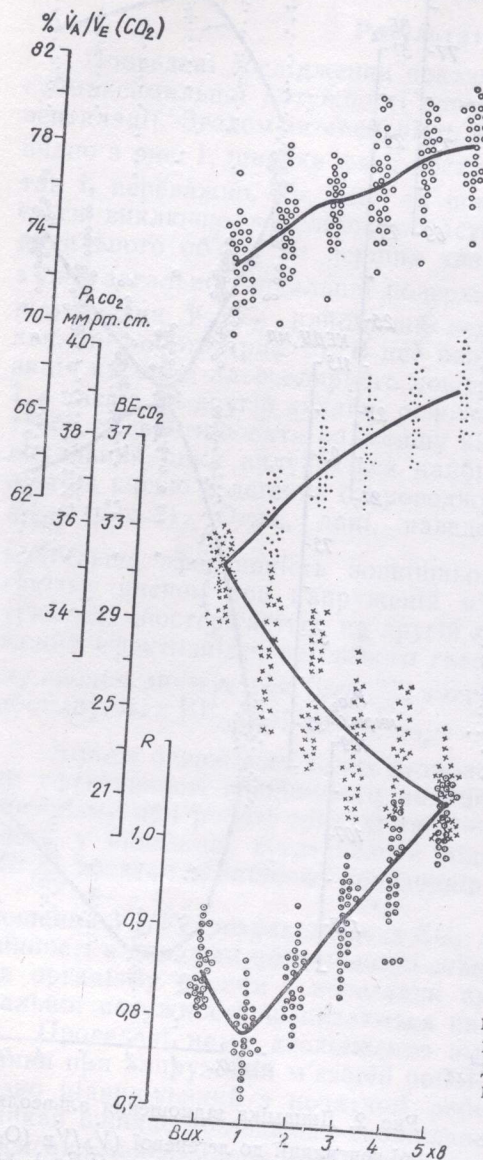


Рис. 3. Динаміка відношення альвеолярної вентиляції до легеневої, розрахована за вуглекислотою ($\dot{V}_A/\dot{V}_E(CO_2)$), парціального тиску вуглекислоти в альвеолярному повітрі (P_{ACO_2}), вентиляційного еквівалента для вуглекислоти (BE_{CO_2}) і дихального коефіцієнта (R) у спортсменів протягом роботи субмаксимальної потужності.

Інші позначення див. рис. 1.

потужності аналогічна змін $\dot{V}_{O_2}$. На останніх 3—4 хв при всіх досліджуваних навантаженнях інтенсивність наростання $\dot{V}_E$ значно збільшується в порівнянні з відносно стійким рівнем. Найвищі показники $\dot{V}_E$ у обслідуваних спортсменів відзначаються при 10 хв роботи; в міру подовження тривалості роботи відзначається тенденція до зниження максимальних показників $\dot{V}_E$ (див. таблицю).

Слід відзначити, що при більшій тривалості роботи в зоні великої потужності проявляються тенденції до збільшення швидкості споживання кисню.

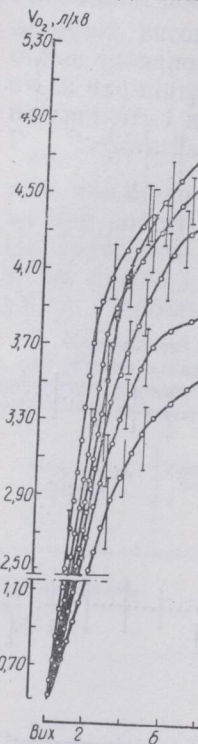


Рис. 4. Динаміка швидкості споживання кисню при роботі великої потужності.

Велика частка збільшення швидкості споживання кисню пов'язана з збільшенням тривалості роботи в зоні великої потужності.

Крім того, тривалість роботи в зоні великої потужності пов'язана з збільшенням швидкості споживання кисню. На 2—3 хв роботи спостерігається тенденція до збільшення швидкості споживання кисню.

На 2—3 хв роботи спостерігається тенденція до збільшення швидкості споживання кисню.

перервно збільшується
спостерігається відносно
при 20 хв навантаженні
У обслідуваних нами

досліджуваних наванта-
жон великої потужності
протягом 15 хв робо-
ти.

е значення для регуля-
ції в умовах напруженої
діяльності має виведен-
ня кислот з організму. До-
казали, що інтенсивність
вуглекислоти на само-
стій роботі незалежно від
швидкості дещо відстає від
споживання кисню, в
проценту R в невеликий
часу знижується (рис.
2—3 хв роботи великої
швидкості наростан-
ня підвищується більшою

к $\dot{V}_{O_2}$, що призводить
ня R . Особливо чітко
ється при 10 хв роботи
осагнення високих по-
тужностей $\dot{V}_{O_2}$ при фізичних
навантаженнях великої потужно-
сті із значним посилен-
ням легеневого апарата.
при роботі великої

діка відношення альвеоляр-
ного до легеневої, розрахована
по формулі $(\dot{V}_A/\dot{V}_E(CO_2))$, парці-
альна вуглекислоти в альвеоляр-
ному повітрі (P_{ACO_2}), вентиляційного ек-
віваленту вуглекислоти (BE_{CO_2}) і
дефіциту (R) у спортсме-
нах роботи субмаксимальної
потужності.

значення див. рис. 1.

3—4 хв при всіх до-
данні $\dot{V}_E$ значно збіль-
ються найвищі показники $\dot{V}_E$
при 20 хв роботи; в міру по-
дій до зниження мак-

Слід відзначити, що при всіх досліджуваних навантаженнях най-
більше відношення $\dot{V}_A/\dot{V}_E (O_2)$ спостерігається на другій хвилині робо-
ти. При цьому частка $\dot{V}_A$ у $\dot{V}_E$, як і час підтримання її високого рівня,
проявляють тенденцію до збільшення в міру подовження тривалості
роботи в зоні великої потужності (див. таблицю). На останніх хвилинах
роботи здійснюється зниження відношення $\dot{V}_A/\dot{V}_E$ при всіх навантажен-

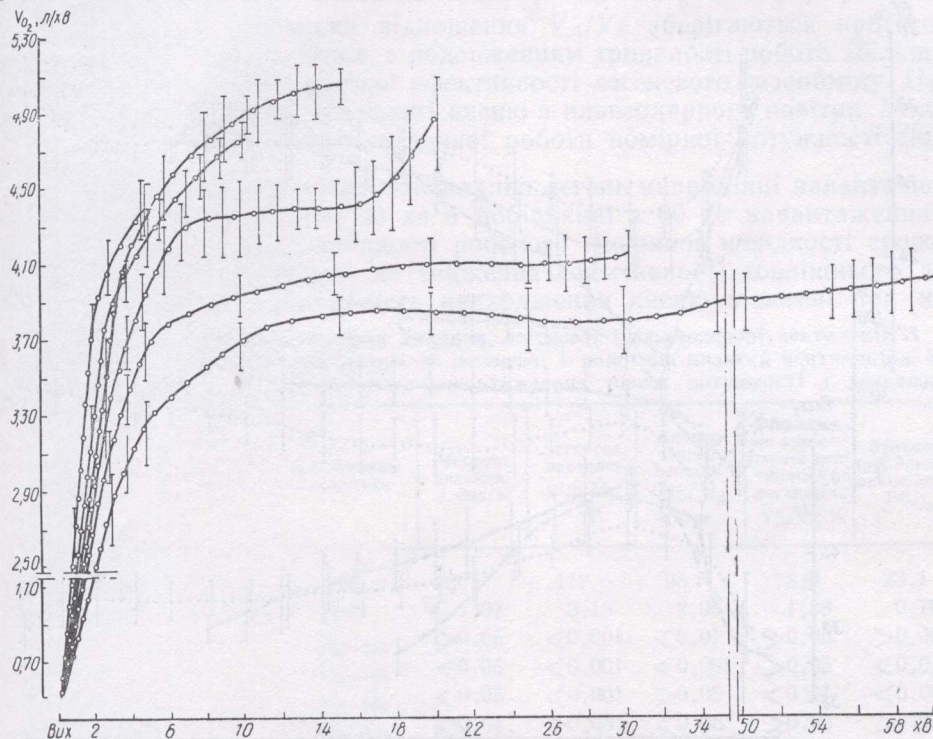


Рис. 4. Динаміка швидкості споживання кисню ($\dot{V}_{O_2}$) у спортсменів протягом роботи різної тривалості.

Вертикальні лінії на рис. 4—6—дворічні межі при достовірності 0,05.

нях приблизно до однакових рівнів. Найвищий ступінь утилізації кисню з альвеолярного повітря при фізичних навантаженнях великої, як і субмаксимальної потужності, також відзначається на другій хвилині роботи, незалежно від її тривалості. Проте, максимальна величина процента споживання кисню і найнижчий BE_{O_2} відзначається при 20 хв навантаженні (див. таблицю), тобто утилізація кисню в легенях підвищується зі збільшенням тривалості роботи, при порівняно меншій її інтенсивності. Крім того, тривалість підтримання високої утилізації кисню в легенях протягом роботи збільшується в міру наростання тривалості. Зниження утилізації кисню в легенях наприкінці фізичних навантажень великої потужності більш виражено при 10 хв роботи. Тісний негативний кореляційний зв'язок із ступенем засвоєння кисню з альвеолярного повітря проявляє динаміка P_{AO_2} при всіх досліджуваних навантаженнях.

На 2—3 хв роботи великої потужності спостерігаються й найнижчі відношення між об'ємною швидкістю надходження кисню в легені і альвеоли та швидкістю споживання його тканинами (рис. 6). Це вказує на найбільш високу ефективність зовнішнього дихання щодо забезпечення

організму киснем на 2—3 хв при роботі великої потужності. Наприкінці роботи, незалежно від її тривалості, спостерігається підвищення співвідношень між об'ємною швидкістю надходження кисню в легені і альвеоли та споживанням його, що свідчить про зниження ефективності зовнішнього дихання. Як видно з рис. 6, найкращі співвідношення відзначаються при 20 хв роботі протягом усього навантаження. З даних,

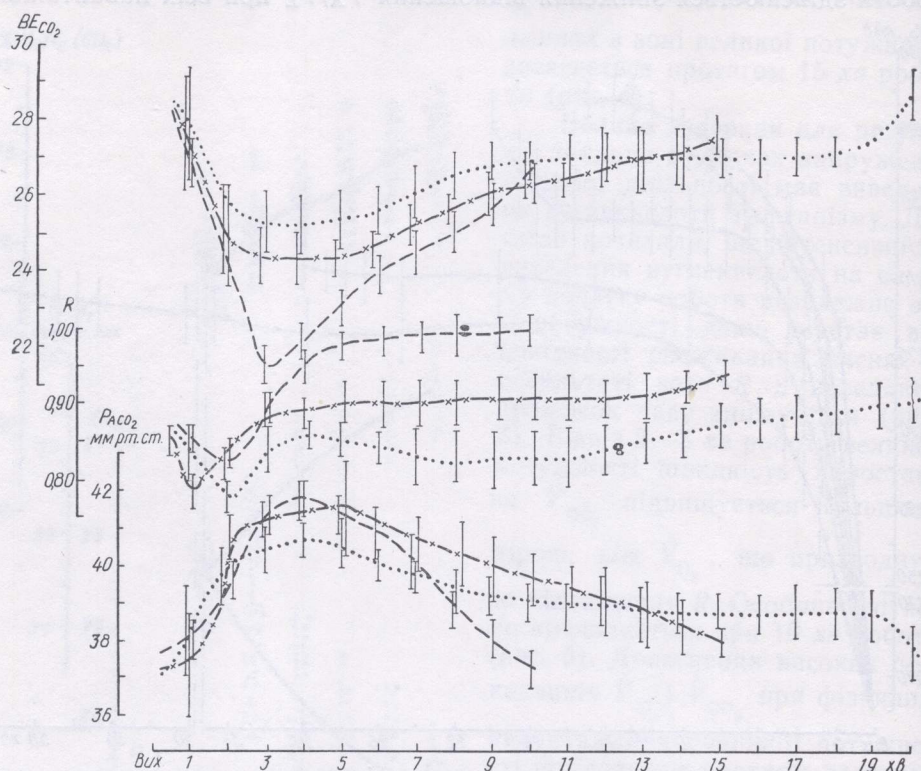


Рис. 5. Динаміка вентиляційного еквівалента для CO_2 (VE_{CO_2}), дихального коефіцієнта (R) і парціального тиску вуглекислоти в альвеолярному повітрі (P_{ACO_2}) у спортсменів протягом роботи великої потужності.

наведених на рис. 6, видно, що в період високої ефективності зовнішнього дихання не відзначено зниження насичення артеріальної крові киснем; в міру зниження ефективності легеневого газообміну артеріальна гіпоксемія стає більш виразною.

Проведений нами аналіз ефективності зовнішнього дихання щодо виведення вуглекислоти з організму при роботі великої потужності показав, що найбільша економічність у виведенні CO_2 досягається на 4—5 хв роботи. Як видно з рис. 5, найбільш економічне виведення вуглекислоти відзначається при 10 хв навантаженні. Водночас інтенсивність зниження ефективності зовнішнього дихання щодо виведення вуглекислоти з організму наприкінці роботи більш виражена при 10 хв навантаженні. Як показали наші дослідження, в найбільш ранні строки надлишкове виведення вуглекислоти починається при навантаженнях тривалістю 5 і 10 хв; в міру подовження тривалості навантаження період настання порога анаеробного обміну відкладається в часі.

Як відомо, напружена м'язова робота помірної потужності характеризується наявністю стійкого стану показників газообміну і зовнішнього

дихання. Про $\dot{V}_{\text{O}_2}$, $\dot{V}_E$, $\dot{V}_A$ нижчі, ніж при введених дослідних величинах наприкінці роботи останній висновок більш тривалий, це свідчить і P_{AO_2} протягом чату про більшу роботу. Це приводить до виведення кисню з організму. Найбільш

Максимальне відношення алеквівалент у спо

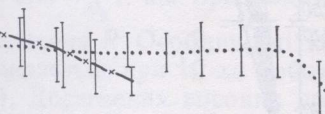
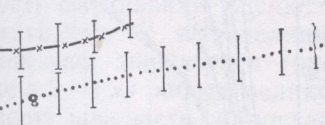
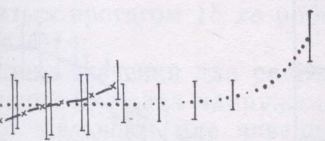
Потужність роботи

Субмаксимальна

Велика

Помірна

кої потужності. Наприкінці ігнорується підвищення співвідношення кисню в легені і альвеолярного зниження ефективності кращі співвідношення відношення навантаження. З даних,



13 15 17 19 хв
2 (BE_{CO2}), дихального коефіцієнта до повітря (P_{ACO2}) у спортсменів у жності.

исокої ефективності зовніш-
сичення артеріальної крові
евого газообміну артеріаль-

зовнішнього дихання щодо
боті великої потужності по-
енні CO₂ досягається на 4—
ономне виведення вуглекис-
Водночас інтенсивність зни-
одо виведення вуглекислоти
ена при 10 хв навантаженні.
и ранні строки надлишкове
авантаженнях тривалістю 5
антаження період настання
асі.

омірної потужності характе-
ків газообміну і зовнішнього

дихання. Проведені дослідження показали, що максимальні величини $\dot{V}_{O_2}$, $\dot{V}_E$, $\dot{V}_A$ і f , досягнуті при роботі помірної потужності, достовірно нижчі, ніж при навантаженнях великої потужності (див. таблицю). Проведені дослідження не виявили істотних відмінностей як у максимальних величинах відношення $\dot{V}_A/\dot{V}_E$ (див. таблицю), так і в зниженні їх наприкінці роботи при навантаженнях тривалістю 30 і 60 хв, проте при останній високі показники відношення $\dot{V}_A/\dot{V}_E$ зберігаються протягом більш тривалого часу. Отже, з подовженням тривалості роботи збільшується час підтримання високої ефективності легеневого газообміну. Про це свідчить і динаміка утилізації кисню з альвеолярного повітря. Зміни P_{AO_2} протягом напруженої фізичної роботи помірної потужності свідчать про більш виразну гіпервентиляцію легень наприкінці навантаження при роботі тривалістю 30 хв в порівнянні з 60 хв навантаженням. Це приводить до невідповідності робочого гіперпное швидкості споживання кисню і, відповідно, до зниження ефективності зовнішнього дихання. Найбільша ефективність надходження кисню в легені при на-

Максимальні величини частоти дихання, легеневої і альвеолярної вентиляції, відношення альвеолярної вентиляції до легеневої і найбільш низький вентиляційний еквівалент у спортсменів при фізичних навантаженнях різної потужності і тривалості

Потужність роботи	Тривалість роботи, хв	Статистичні показники	Частота дихання, f дих/хв	Легенева вентиляція, $\dot{V}_E$ л/хв	Альвеолярна вентиляція, $\dot{V}_A$ л/хв	Відношення альвеолярної вентиляції до легеневої, $\dot{V}_A/\dot{V}_E$ %	Вентиляційний еквівалент, BE _{O₂}
Субмаксимальна	5	<i>M</i>	50	117	93	78,9	23,1
		$\pm m$	1,07	3,13	2,95	1,38	0,70
		$P_{(5-10)}$	>0,05	<0,001	<0,01	>0,05	>0,05
		$P_{(5-15)}$	<0,05	<0,001	<0,001	>0,05	<0,01
		$P_{(5-20)}$	<0,05	<0,001	>0,05	<0,01	<0,001
		$P_{(5-30)}$	<0,01	>0,05	<0,05	>0,05	>0,05
		$P_{(5-60)}$	<0,001	<0,01	<0,05	>0,05	<0,01
Велика	10	<i>M</i>	52	142	107	78,3	24,1
		$\pm m$	2,29	3,62	3,42	1,15	0,41
		$P_{(10-15)}$	<0,05	>0,05	>0,05	<0,05	<0,001
		$P_{(10-20)}$	<0,05	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001
		$P_{(10-30)}$	<0,01	<0,001	<0,001	>0,05	<0,01
		$P_{(10-60)}$	<0,01	<0,001	<0,001	>0,05	<0,001
	15	<i>M</i>	46	143	108	81,9	20,5
		$\pm m$	1,23	2,41	1,58	1,15	0,60
		$P_{(15-20)}$	>0,05	<0,001	<0,001	>0,05	>0,05
		$P_{(15-30)}$	>0,05	<0,001	<0,001	>0,05	>0,05
	20	<i>M</i>	47	131	96	83,7	19,6
		$\pm m$	0,74	2,12	2,02	0,88	0,53
Помірна	30	$P_{(20-30)}$	<0,05	<0,001	<0,001	>0,05	<0,05
		$P_{(20-60)}$	<0,05	<0,001	<0,001	>0,05	>0,05
		<i>M</i>	43	114	85	80,6	21,9
	60	$\pm m$	1,66	2,02	1,29	1,04	0,68
		$P_{(30-60)}$	>0,05	<0,001	>0,05	>0,05	>0,05
		<i>M</i>	44	103	86	80,5	20,6
		$\pm m$	1,28	1,81	1,28	1,87	0,45

пружній роботі помірної потужності у обслідуваних нами спортсменів досягається на 5 хв роботи тривалістю як 30, так і 60 хв. Водночас динаміка відношення швидкості надходження кисню в альвеоли до швидкості споживання кисню дещо розрізняється залежно від тривалості роботи в зоні помірної потужності. Якщо при 30 хв навантаженні найбільш ефективне надходження кисню в альвеоли спостерігається на 5 хв робо-

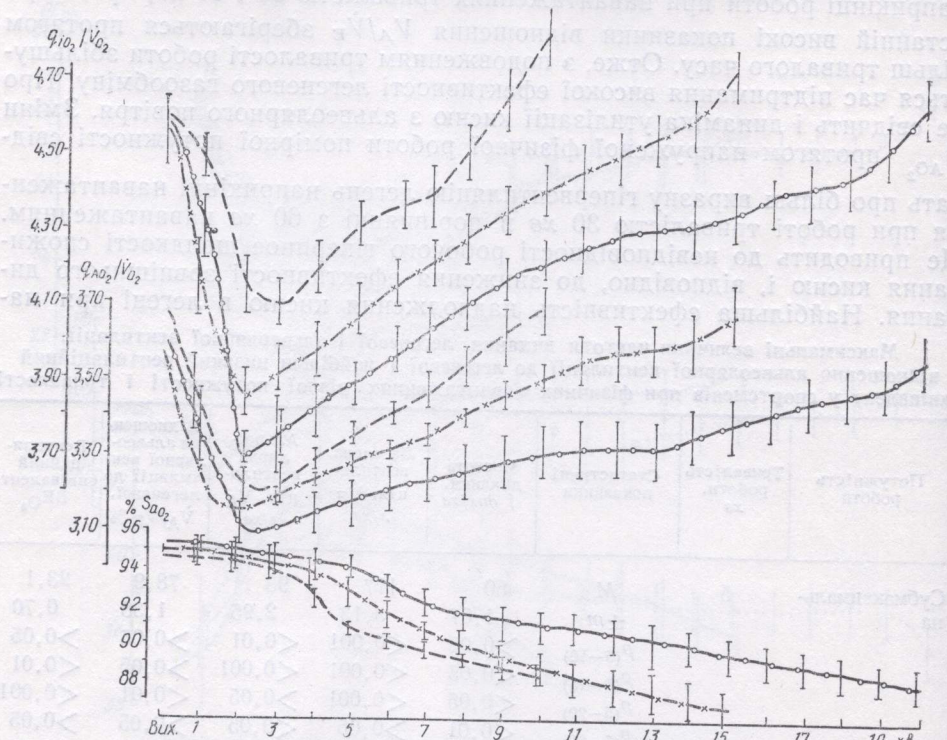


Рис. 6. Динаміка відношень швидкості надходження кисню в легені ($q_{iO_2}/\dot{V}_{O_2}$) і альвеоли ($q_{AO_2}/\dot{V}_{O_2}$) до швидкості споживання кисню і насичення артеріальної крові киснем (S_{aO_2}) у спортсменів протягом роботи великої потужності.

ти, то при 60 хв навантаженні — на 10 хв. Крім того, інтенсивність підвищення цього співвідношення наприкінці роботи більш виражена при 30 хв навантаженні. Отже, проведені дослідження показали, що ефективність надходження кисню в легені і альвеоли підвищується з подовженням тривалості роботи.

Найвища економічність легеневого газообміну щодо виведення вуглекислоти з організму при роботі як високої, так і помірної потужності досягається також на 4—5 хв роботи. Наприкінці роботи, незалежно від її тривалості інтенсивність наростання BE_{CO_2} і зниження P_{ACO_2} збільшується. Водночас найвища ефективність легеневого газообміну щодо забезпечення організму киснем при роботі тривалістю 30 хв досягається на другій хвилині, а з 5—6 хв відзначається тенденція до зниження ефективності зовнішнього дихання. Як показали проведені нами дослідження, динаміка ефективності зовнішнього дихання щодо виведення вуглекислоти з організму при роботі тривалістю 30 хв дещо відмінна від динаміки ефективності зовнішнього дихання щодо забезпечення організму киснем (рис. 7), що позначається в подовженні тривалості під-

тримання порівняно з виведення CO_2 та біл

При роботі тривалості легеневого газ

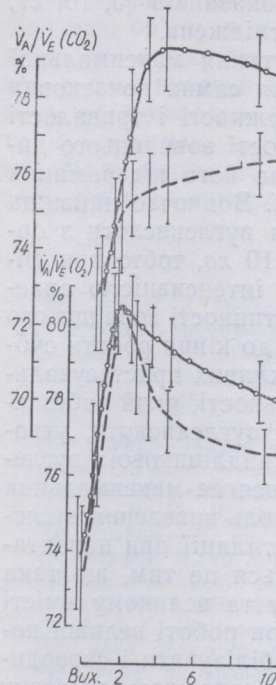


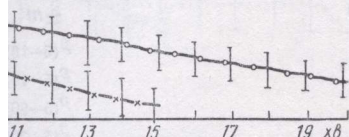
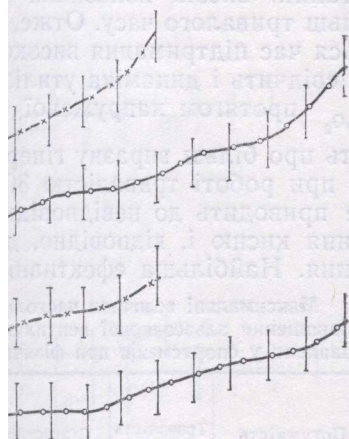
Рис. 7. Динаміка відношень $(\dot{V}_A/\dot{V}_{O_2})$ і за вугл.

виведення вуглекислоти зовнішнього дихання шується з подовження

Обг

Аналіз експерименту газообміну, зовнішнього навантаження з конуваної роботи. Од аеробна продуктивність пружній роботі вели симальних величин п стерігаються при нав роботі тривалістю до нього дихання не дос ся з результатами Іва кого класу максимал спурті на шосе. Крім казали, що при напру живання кисню завжд [34], що при роботі,

слідуваних нами спортсменів 30, так і 60 хв. Водночас дихання кисню в альвеоли до швидкого залежно від тривалості роботи 30 хв навантаженні найбільш спостерігається на 5 хв робо-



кисню в легені ($q_{iO_2}/\dot{V}_{O_2}$) і альвео-асичення артеріальної крові киснем великої потужності.

Крім того, інтенсивність під-роботи більш виражена при ідження показали, що ефек-львеоли підвищується з по-

обміну щодо виведення вуг-ої, так і помірної потужності прикінці роботи, незалежно $3E_{CO_2}$ і зниження P_{ACO_2} збіль-легеневого газообміну щодо тривалістю 30 хв досягається ся тенденція до зниження азали проведені нами дослі-го дихання щодо виведення алістю 30 хв дещо відмінна ання щодо забезпечення ор-в подовженні тривалості під-

тримання порівняно високої ефективності легеневого газообміну щодо виведення CO_2 та більш пізньому її настанні.

При роботі тривалістю 60 хв таких відмінностей у зміні ефективності легеневого газообміну щодо забезпечення організму киснем та

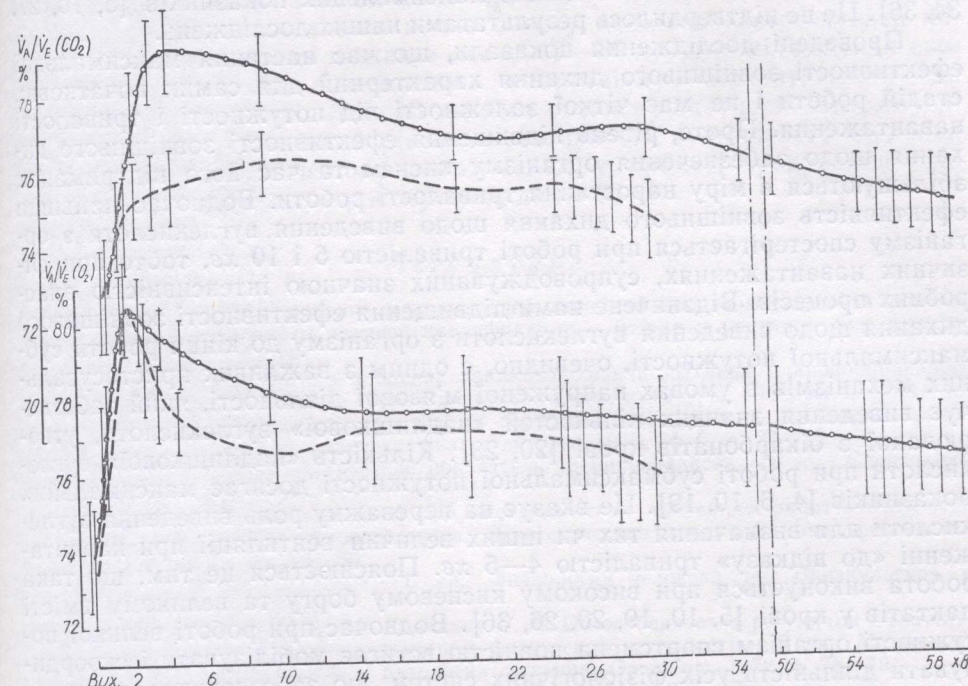


Рис. 7. Динаміка відношень альвеолярної вентиляції до легеневої, розрахованих за киснем ($\dot{V}_A/\dot{V}_E(O_2)$) і за вуглекислотою ($\dot{V}_A/\dot{V}_E(CO_2)$) у спортсменів протягом роботи помірної потужності.

виведення вуглекислоти не відзначається. Ступінь зниження ефективності зовнішнього дихання наприкінці роботи помірної потужності зменшується з подовженням тривалості навантаження.

Обговорення результатів досліджень

Аналіз експериментальних даних показав, що динаміка показників газообміну, зовнішнього дихання та його ефективності протягом фізичного навантаження змінюється залежно від потужності і тривалості виконуваної роботи. Одержані нами дані свідчать про те, що максимальна аеробна продуктивність організму найбільш чітко проявляється при напруженій роботі великої потужності тривалістю 15 хв. Близькі до максимальних величин показники газообміну і зовнішнього дихання спостерігаються при навантаженнях в межах 10 і 20 хв. При напруженій роботі тривалістю до 5 хв і понад 20 хв показники газообміну і зовнішнього дихання не досягають максимальних рівнів. Ці дані узгоджуються з результатами Іванова [9], який показав, що у велосипедистів високого класу максимальне споживання кисню не досягається при 5 хв спурті на шосе. Крім того деякі дослідники [1, 20, 21, 27, 36 та ін.] показали, що при напруженій роботі тривалістю понад 15 хв рівень споживання кисню завжди нижче максимального. Водночас є дані й про те [34], що при роботі, «до відказу» тривалістю до 5 хв досягається

$\dot{V}_{O_2 \max}$. В літературі є також відомості про те, що найвищі показники аеробної продуктивності спортсмени досягають у вправах тривалістю від 5 до 10 хв, а при більш тривалих навантаженнях досягнутий рівень споживання кисню помітно нижче максимальних показників [5, 10, 27, 34, 36]. Це не підтвердилось результатами наших досліджень.

Проведені дослідження показали, що час настання максимальної ефективності зовнішнього дихання характерний для самих початкових стадій роботи і не має чіткої залежності від потужності і тривалості навантаження. Проте, рівень підвищення ефективності зовнішнього дихання щодо забезпечення організму киснем та час його підтримання збільшуються в міру наростання тривалості роботи. Водночас найвища ефективність зовнішнього дихання щодо виведення вуглекислоти з організму спостерігається при роботі тривалістю 5 і 10 хв, тобто при фізичних навантаженнях, супроводжуваних значною інтенсивністю анаеробних процесів. Відзначене нами підвищення ефективності зовнішнього дихання щодо виведення вуглекислоти з організму до кінця роботи субмаксимальної потужності, очевидно, є одним з важливих пристосувальних механізмів в умовах напруженої м'язової діяльності, який забезпечує виведення значних кількостей «надлишкової» вуглекислоти, утвореної з бікарбонатів крові [20, 23]. Кількість «надлишкової» вуглекислоти при роботі субмаксимальної потужності досягає максимальних показників [4, 6, 10, 19]. Це вказує на переважну роль виведення вуглекислоти для визначення тих чи інших величин вентиляції при навантаженні «до відказу» тривалістю 4—5 хв. Пояснюється це тим, що така робота виконується при високому кисневому боргу та великому вмісті лактатів у крові [5, 10, 19, 20, 26, 36]. Водночас при роботі великої потужності організм спортсмена повністю встигає мобілізувати і скоординувати діяльність усіх фізіологічних систем, що забезпечують доставку кисню. Очевидно, тому ступінь зниження ефективності зовнішнього дихання наприкінці роботи перебуває в оберненій залежності від її тривалості. В зв'язку з тим, що рухова артеріальна гіпоксемія при напруженій роботі починає розвиватися з моменту зниження ефективності зовнішнього дихання, можна гадати, що зниження ефективності дихання є однією з причин, що посилюють ступінь артеріальної гіпоксемії в умовах м'язової діяльності.

Проведені нами дослідження показали, що динаміка дихального об'єму значною мірою визначає не тільки інтенсивність наростання $\dot{V}_A$, але й її частки у $\dot{V}_E$ і, отже, ефективність зовнішнього дихання в цілому. Настання відносної гіпервентиляції легень, яке свідчить про зниження ефективності зовнішнього дихання, тісно пов'язане з початком інтенсивного збільшення частки анаеробних процесів в енергозабезпеченні організму [20, 26, 27, 36]. Існують і інші фактори, що можуть бути причиною зниження ефективності зовнішнього дихання в кінцевих стадіях напруженої фізичної роботи динамічного характеру. Ми не ставили за мету аналізувати всі причини цього явища. Слід лише відзначити, що досі нема достатньо переконливих даних для пояснення механізмів зниження ефективності зовнішнього дихання при напруженій м'язовій роботі. В зв'язку з цим дане питання потребує дальших досліджень.

Висновки

1. Ефективність зовнішнього дихання має ряд закономірностей зміни протягом виконання роботи залежно від її потужності і тривалості.
2. Напружена робота різної потужності сприяє розвитку різного ступеня механізмів зовнішнього дихання. Найвища ефективність зовніш-

нього дихання що, напруженій роботі кислоти з організму

3. Для розвитку зовнішнього дихання що, хального об'єму в зичні навантаження номічності виведе відказу» триваліст ти максимально д протягом тривало застосовувати нап

1. Артыков М. А. И сипедистов—шоссе ры, 1968, № 4, с. 38.
2. Белов Е. И. Иссл при физической на
3. Борисов А. П. За обращения.— Теор
4. Васильева В. В. с медицина. М., «Ме
5. Волков Н. И., и спортсменов.— В
6. Гандельсман А. спорт», 1975, с. 25
7. Дембо А. Г., Ша ного акта, обусло науч. конф. по ф
8. Евгеньева Л. Я.
9. Иванов А. С. Ис в среднегорье и
10. Иванов В. С. Ис шечной деятельн
11. Колчинская А. З кова думка», 1974
12. Маришак М. Е. 1973, с. 256—279.
13. Михайлов В. В. шечной деятельн № 3, с. 204—208.
14. Мищенко В. С., ной вентиляции № 7, с. 25—28.
15. Моногаров В. Д при больших на ч. 2, Л., 1972, с. 4
16. Моногаров В. Д газообменной с Большие тренир
17. Павлова И. В., мальных нагруз зииологии и врач ловск, 1968, с. 43
18. Фарфель В. С.
19. Фарфель В. С. тельности.— В 350.
20. Asmussen E. M ton, D. C. Am. P
21. Asmussen E., M and during mus

про те, що найвищі показники сягають у вправах тривалістю навантаження досягнутий рівень максимальних показників [5, 10, 27, наших досліджень.

О час настання максимальної навантаження для самих початкових і від потужності і тривалості ефективності зовнішнього дихання та час його підтримання роботи. Водночас найвища виведення вуглекислоти з організму 5 і 10 хв, тобто при фізичній значною інтенсивністю анаеробного дихання ефективності зовнішнього організму до кінця роботи суб'єктивним з важливих пристосувальних діяльності, який забезпечує надлишкової вуглекислоти досягає максимальних переважну роль виведення вуглекислоти вентиляції при навантаженні. Пояснюється це тим, що така велика потреба в великому вмісті кисню одночасно при роботі великої потужності мобілізувати і скоординувати ефективності зовнішнього дихання залежності від її тривалості гіпоксемія при напруженні зниження ефективності зовнішнього дихання е артеріальної гіпоксемії в умовах

коли, що динаміка дихального об'єму і інтенсивність наростання $\dot{V}_A$ зовнішнього дихання в цілому, який, яке свідчить про зниження ефективності пов'язане з початком інтенсивних процесів в енергозабезпеченні фактори, що можуть бути причиною зниження дихання в кінцевих стадіях його характеру. Ми не ставили за мету вивчення цього питання. Слід лише відзначити, що для пояснення механізмів зниження ефективності зовнішнього дихання при напруженій м'язовій роботі потрібні далі дослідження.

Висновок має ряд закономірностей зміни показників від її потужності і тривалості. Найвища ефективність зовніш-

нього дихання щодо забезпечення організму киснем досягається при напруженій роботі тривалістю від 15 до 30 хв, а щодо виведення вуглекислоти з організму — при 5 хв навантаженні.

3. Для розвитку максимальних можливостей ефективності зовнішнього дихання щодо забезпечення організму киснем і підвищення дихального об'єму в циклічних видах спорту доцільно застосовувати фізичні навантаження «до відказу» понад 15—30 хв. Для підвищення економічності виведення вуглекислоти з організму — навантаження «до відказу» тривалістю від 5 до 10 хв. Для розвитку здатності підтримувати максимально доступний рівень ефективності зовнішнього дихання протягом тривалого періоду спортсменам у процесі тренування слід застосовувати напружену роботу тривалістю 60 хв.

Література

1. Артыков М. А. Исследование максимальной аэробной производительности у велосипедистов—шоссейников высшей квалификации.— Теория и практика физ. культуры, 1968, № 4, с. 38—39.
2. Белов Е. И. Исследование и оценка взаимоотношений дыхания и кровообращения при физической нагрузке.— Теория и практика физ. культуры, 1964, № 4, с. 24—28.
3. Борисов А. П. Зависимость спортивных достижений от функции дыхания и кровообращения.— Теория и практика физ. культуры, 1962, № 6, с. 27—30.
4. Васильева В. В. Физиологические показатели тренированности.— В кн.: Спортивная медицина. М., «Медгиз», 1957, с. 100—116.
5. Волков Н. И., Ширковец Е. А. Об энергетических критериях работоспособности спортсменов.— В кн.: Биоэнергетика. Энергетическая характеристика физических упражнений. Л., 1973, 18—30.
6. Гандельсман А. Б. Дыхание.— В кн.: Физиология человека. М., «Физкультура и спорт», 1975, с. 259—281.
7. Дембо А. Г., Шапкайц Ю. М., Калинин И. Н. Об особенностях регуляции дыхательного акта, обусловленного характером физической активности.— В кн.: Материалы науч. конф. по физиологии и патологии дыхания. Оренбург, 1972, с. 78—79.
8. Евгеньева Л. Я. Дыхание спортсмена. К., «Здоров'я», 1974, 102 с.
9. Иванов А. С. Исследование аэробных возможностей спортсменов при локомоциях в среднегорье и в период реакклиматизации. Автореф. канд. дис., Рига, 1972, 31 с.
10. Иванов В. С. Исследование аэробных и анаэробных функций при напряженной мышечной деятельности циклического характера. Автореф. канд. дис., М., 1970, 20 с.
11. Колчинская А. З. Кислородные режимы организма ребенка и подростка. К., «Наукова думка», 1973, 319 с.
12. Маршак М. Е. Регуляция дыхания.— В кн.: Физиология дыхания. Л., «Наука», 1973, с. 256—279.
13. Михайлов В. В. Эффективность частого и редкого дыхания у спортсменов при мышечной деятельности циклического типа.— Теория и практика физ. культуры, 1960, № 3, с. 204—208.
14. Мищенко В. С., Моногаров В. Д., Левин Р. Я. Метод графической регистрации легочной вентиляции при физической нагрузке.— Теория и практика физ. культуры, 1975, № 7, с. 25—28.
15. Моногаров В. Д., Каневский Е. В. Аппаратура для исследования внешнего дыхания при больших нагрузках.— В кн.: Электроника и спорт. Тезисы Всесоюз. научн. конф., ч. 2, Л., 1972, с. 46—47.
16. Моногаров В. Д., Мищенко В. С., Шабатура Н. Н. Комплексная методика изучения газообменной системы организма спортсменов при физической нагрузке.— В кн.: Большие тренировочные нагрузки в циклических видах спорта. К., 1975, с. 62—81.
17. Павлова И. В., Птицын Л. А. Особенности функции внешнего дыхания при максимальных нагрузках у спортсменов различной квалификации.— В кн.: Вопросы физиологии и врачебного контроля в процессе спортивного совершенствования. Свердловск, 1968, с. 42—49.
18. Фарфель В. С. Исследования по физиологии выносливости. М.— Л., 1949.
19. Фарфель В. С. Физиологическая классификация поз и разных видов мышечной деятельности.— В кн.: Физиология человека. М., «Физкультура и спорт», 1975, с. 336—350.
20. Asmussen E. Muscular exercise.— In: Handbook of Physiology, Respiration, Washington, D. C. Am. Physiol. Soc., 1965, sect. 3, 2, N 36, p. 939—978.
21. Asmussen E., Nielsen M. Physiological dead space and alveolar gas pressures at rest and during muscular exercise.— Acta physiol. scand., 1956, 38, p. 1—21.

22. Astrand P.-O., Saltin B. Oxygen uptake during first minutes of heavy muscular exercise.— J. Appl. Physiol., 1961, 16, p. 971—976.
23. Astrand P.-O. Limiting factors in prolonged heavy exercise.— Teor. Praxe Tel. Vych., 1968, 16, p. 7—14.
24. Bannister R. Q., Cunningham D. J. C., Douglas C. G. The carbon dioxide stimulus to breathing in severe exercise.— J. Physiol. (London), 1954, 125, p. 90—117.
25. Christensen E. H., Hansen O. Respiratorischer Quotient und O-aufnahme.— Skand. Arch. Physiol., 1939, 81, S. 180—189.
26. Dejours P. La regulation de la ventilation au cours de l'exercice musculaire chez l'homme.— J. Physiol. (Paris), 1959, 51, p. 163—261.
27. Ekelund L. G. Circulatory and respiratory adaptation during prolonged exercise.— Acta physiol. scand., 1967, 70, Suppl. N 292, p. 1—38.
28. Krogh A., Lindhard J. The changes in respiration at the transition from work to rest.— J. Physiol. (London), 1920, 53, p. 431—439.
29. Linderholm H. Diffusing capacity of the lungs as a limiting factor for physical working capacity.— Acta med. scand., 1959, 163, p. 61—84.
30. Nattie E. E., Fenney S. M. The ventilatory response to resistance unloading during muscular exercise.— Resp. Physiol., 1970, 10, p. 249—262.
31. Nielsen M. Die Respirationsarbeit bei Körperruhe und bei Muskelarbeit.— Skand. Arch. Physiol., 1936, 74, S. 299—316.
32. Prampero P. E. di, Peeter L., Margaria R. Alactic O₂ debt and lactic acid production after exhausting exercise in man.— J. Appl. Physiol., 1973, 34, N 5, p. 628—632.
33. Riley R. L. Pulmonary function in relation to exercise.— In: Science and Medicine of Exercise and Sports, ed. by W. R. Johnson, New York, 1960, ch. 9, p. 162—177.
34. Saltin B., Astrand P.-O. Maximal oxygen uptake in athletes.— J. Appl. Physiol., 1967, 23, N 3, p. 353—359.
35. Sprynarova S. Maximum oxygen consumption during work—load on a treadmill.— Physiol. bohemosl., 1968, 17, N 4, p. 383—393.
36. Wasserman K., Whipp B., Koyal S., Beaver W. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise.— J. Appl. Physiol., 1973, 35, N 2, p. 236—243.

Проблемна лабораторія
Київського інституту фізичної культури

Надійшла до редакції
12.XII 1975 р.

V. A. Antikova

EFFICIENCY OF RESPIRATION IN SPORTSMEN UNDER MUSCULAR ACTIVITY OF DIFFERENT INTENSITY

Summary

66 sportsmen of the first class of different specialization (cyclists, skiers, swimmers) were examined. The efficiency of the external respiration is characterized when working «to overflowing» on veloergometer of different power and duration. The main indexes are considered characterizing the energy exchange and efficiency of the pulmonary exchange under physical loadings with duration of 5, 10, 15, 20, 30 and 60 min. Efficiency of external respiration is shown to differ depending on power and duration of work «to overflowing» and possesses some regularities of change during its fulfilment. The highest efficiency in external respiration as to supply the organism with oxygen is reached with strenuous work from 15 to 30 min and as to removal of carbonic acid from the organism at 5 min loading. The moment of the maximal efficiency of external respiration during the cyclic work has no distinct dependence on its duration. However, duration of maintaining the high level of external respiration efficiency increases with loading duration. The level of a decrease in external respiration efficiency by the end of work is in inverse relationship on its duration.

Problem Laboratory,
Institute of Physical Culture, Kiev

УДК 612.2:612.591:796.071

A. С. П

ЗМІНА ЕНЕРГОВИТРАТА В УМОВИ

В літературі нема єдиної думки про вплив обмінних процесів під впливом тренування. Деякі дослідники [1, 7, 8, 14, 16] вважають, що після тренування відбувається зниження обмінних процесів, інші — його зниження [13]. Зниження обмінних процесів останніх років [6] пов'язують з процесом окислювальних процесів під час змагань. Крім того, зменшення енергетики у спортсменів пов'язують з процесом попереднього тренувального навантаження. У цьому випадку спостерігається зниження обмінних процесів після тренування. У цьому випадку спостерігається зниження рівня метаболізму — зниження рівня метаболізму.

Водночас залишається нез'ясованою проблема теплопродукції і функцій в умовах теплового стресу.

Встановивши раніше, що в окремих його видів для підвищення продукції, ми поставили мету визначити вплив обмінних процесів і деяких факторів на обмінні процеси м'язовій роботі, що виконується в умовах впливу.

М

Обслідувано 76 висококваліфікованих майстрів. До цієї групи (дослідники) належали 42 стайери. Контрольну групу (42 спортсмени) займаються регулярно фізичними вправами.

У теплової камері з температурою 30°C проведено дві серії досліджень. У першій серії (30 хв) і виконували роботу з навантаженням 5 хв перервами відпочинку (не менше 5 хв). У другій серії (у передкамері) реєстрували частоту дихання і легеневу вентиляцію в окремо варіюючи одягу — в одязі, що видихається — газометром ЕКСПЧТ-4. Обчислювали теплопродукцію в організмі — за Ажаєвим [5].

У другій серії дослідів тривалість роботи в камері обмежувалась приростом температури кожного обслідуваного в камері м'язової роботи тієї ж потужності, що і в першій серії. Функціонального стану організму обслідуваного в 1,0°C.