

Показники зовнішнього дихання, кисеньтранспортної функції крові і характеристика кисневих режимів організму важкоатлетів

Ю. В. Степанов

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

Характерною особливістю важкоатлетичних вправ є розвиток протягом відносно короткого відрізка часу значного м'язового напруження, різного за своєю величиною в залежності від піднятої ваги. Відомо, що піднімання тягарів розвиває переважно м'язову силу, швидкість силових вправ і витривалість до виконання силового навантаження.

Функціональні зміни в організмі, що виникають при підніманні тягарів, відрізняються рядом специфічних особливостей. На думку ряду авторів, діяльність дихального апарата і серцево-судинної системи під час статичних зусиль [1, 2, 3, 4, 8, 9, 12, 13, 14 та ін.] не посилюється в такій мірі, як це звичайно спостерігається при більш-менш тривалій динамічній роботі, що супроводжується споживанням великої кількості кисню.

Помітний вплив на функції дихання і кровообігу при силовій вправі здійснює явище «натужування», яке зумовлює міцну фіксацію опорно-рухового апарата і водночас викликає різке збільшення внутрігрудного тиску, що позначається на діяльності серцево-судинної системи і органів зовнішнього дихання.

Такі відмінні особливості фізичного навантаження важкоатлетів дають підставу припустити, що в процесі тривалого важкоатлетичного тренування функції основних фізіологічних систем, які здійснюють регулювання кисневих режимів організму, зазнають змін. В цьому зв'язку певний інтерес становить дослідження показників зовнішнього дихання, кисеньтранспортної функції крові і параметрів кисневих режимів організму важкоатлетів як у стані спокою, так і під час виконання статичних навантажень і в найближчий відновний період.

В цьому повідомленні, яке є фрагментом серії праць по дослідженню кисневих режимів організму та їх регулювання у спортсменів, які проводяться під керівництвом доктора мед. наук А. З. Колчинської [5, 6, 7], наведені результати вивчення зовнішнього дихання, кисеньтранспортної функції крові та кисневих режимів організму важкоатлетів в стані спокою, в умовах визначення основного обміну. Досліджено двадцять важкоатлетів середнього віку (майстрів спорту і кандидатів у майстри). Для порівняння наведені дані досліджень за цих же умов 16 велосипедистів високого класу (членів збірної команди СРСР 1967 р. по велоспорту на треку). *

* Кисневий режим організму велосипедистів ми вивчали під керівництвом А. З. Колчинської спільно з В. С. Міщенком, Б. К. Гуняді, О. В. Борисовим, Р. Є. Варгашкіним, Р. Є. Гуральником.

(ХО
гічно
виді
ва є
стот
крос
ванс
(Рv
(q₄
(qv

синх
пові
дені

Хол
роче
вува
колс
кисл

нав

С
С
Х
Х
С
Д
С
А
К
К
Д
А
Е
В
В
В
В
В

лічн
ня
кис
ХО,
ном
на

біл

4—5

Були досліджені показники зовнішнього дихання — хвилинний об'єм дихання (ХОД), дихальний об'єм (ДО), частота і характер дихальної кривої, величина фізіологічного «мертвого» дихального простору (ФМДП), альвеолярна вентиляція (АВ), склад видихуваного і альвеолярного повітря, дихальний коефіцієнт, споживання кисню, киснева ємкість крові (КЕК), насичення артеріальної крові киснем. Досліджували також частоту серцевих скорочень, систолічний (СТ) і діастолічний (ДТ) тиск, хвилинний об'єм кровообігу (ХОК); параметри кисневого режиму організму: парціальний тиск вдихуваного (PiO_2), альвеолярного (P_{AO_2}) повітря, артеріальної (P_{aO_2}) і змішаної венозної (P_{vO_2}) крові; кількість кисню, що надходить за хвилину в легені (q_{iO_2}), в альвеоли (q_{AO_2}), кількість кисню, що транспортується артеріальною (q_{aO_2}), змішаною венозною (q_{vO_2}) і споживається організмом (qtO_2).

Запис дихальної кривої, ХОД, насичення артеріальної крові киснем провадився синхронно на стрічці оксигенографа типу 036М. Одночасно брали проби альвеолярного повітря за допомогою пристосування, запропонованого А. З. Колчинською, М. М. Середенком і В. Я. Фрідлянським.

Склад видихуваного та альвеолярного повітря вимірювали на газоаналізаторі Холдена. Артеріальний тиск визначали за методом Короткова, а частоту серцевих скорочень записували на електрокардіографі і підраховували пальпаторно. ХОК розраховували за формулою Старра, а вміст гемоглобіну визначали за допомогою фотоелектроколориметра. Обчислення параметрів кисневих режимів організму, побудову і аналіз кисневих каскадів проводили за методом Н. В. Лауер і А. З. Колчинської [5, 10, 11].

В результаті проведених досліджень нами були одержані дані, наведені в табл. 1 і 2.

Таблиця 1

Середні показники зовнішнього дихання споживання кисню у важкоатлетів і представників циклічного виду спорту в стані спокою

Показники	Важкоатлети	Велосипедисти
Споживання кисню, <i>мл</i>	250±9,0	290±12
Споживання кисню, <i>мл/кг</i>	3,0±0,12	3,5±0,12
Хвилинний об'єм дихання (ХОД), <i>мл/хв</i>	6029±312	6825±200
Хвилинний об'єм дихання (ХОД), <i>мл/кг/хв</i>	72,3±3,0	85,3±2,1
Частота дихання, <i>хв</i>	11,4±0,8	10,2±0,9
Дихальний об'єм, <i>мл</i>	529±27	670±63
ФМДП, <i>мл</i>	173±6,2	139±9,7
Альвеолярна вентиляція (АВ), <i>мл/хв</i>	4058±306	4956±182
Кількість кисню, що надходить у легені, <i>мл/хв</i>	1136±61	1204±38
Кількість кисню, що надходить в альвеоли, <i>мл/хв</i>	763±57	931±34
Дихальний коефіцієнт	0,84±0,023	0,73±0,015
АВ/ХОД (%)	67,3±17	71,6±15
Вентиляційний еквівалент	24,1±1,0	23,8±0,6
Кисневий ефект дихального циклу	22,1±1,7	30,9±3,1
PiO_2 , <i>мм рт. ст.</i>	155±0,06	156±0,04
P_{AO_2} »	102,3±1,8	103,8±0,9
P_{aO_2} »	75±1,3	74±1,5
P_{vO_2} »	34,5±1,0	30,5±0,9
Вага, <i>кг</i>	84±3,7	80±1,7

Примітка: всі об'єми, крім кількостей споживання кисню, які наводяться в системі STPD, показані в умовах BTPS (температура і тиск тіла, насичення водяною паром).

У порівнянні з спортсменами, які займаються так званими циклічними видами спорту (велосипедистами), у важкоатлетів споживання кисню менше, що особливо чітко видно при переведенні споживання кисню на 1 кг ваги тіла. В табл. 1 також відзначена менша величина ХОД при дещо більш частоту диханні і значно меншому дихальному об'ємі. Особливо чітка різниця проявляється при обчисленні ХОД на 1 кг ваги тіла.

Фізіологічний «мертвий» дихальний простір у штангістів займає більший об'єм. Внаслідок цього частка альвеолярної вентиляції у ХОД

виявляється меншою і зовнішнє дихання важкоатлетів стає менш ефективним. Тому з 1136 мл кисню, який надходить за хвилину в легені (13,5 мл/кг/хв) в альвеоли важкоатлетів, потрапляє тільки 763 мл/хв (9,8 мл/кг/хв), тоді як у велосипедистів у легені надходить 1204 мл/хв (15 мл/кг/хв), а альвеол досягає 931 мл/хв (11,6 мл/кг/хв).

Таблиця 2

Деякі середні показники гемодинаміки і кисеньтранспортної функції крові у важкоатлетів і представників циклічного виду спорту в стані спокою

Показники	Важкоатлети	Велосипедисти
Частота серцевих скорочень	58,6±3,2	50,8±1,5
ХОК, мл/хв	3533±188	3639±105
ХОК, мл/кг	42,6±1,0	45,6±1,8
СО, мл	61±2,3	70±1,5
Серцевий індекс	1784±94	1837±52
ЗПО, дин·сек/см ⁻⁵	2172±142	2108±40
СТ, мм рт. ст.	114±2,9	123±3,3
ДТ, мм, рт. ст.	72±3,1	69±1,0
Киснева ємкість крові (об. %)	21,4±0,3	21,6±0,4
Процент гемоглобіну артер. крові	94±0,07	94±0,09
Кількість кисню що транспортується артеріальною кров'ю, мл/хв	710±38	738±23
Кількість кисню, що транспортується венозною кров'ю, мл/хв	492±38	448±29
Гемодинамічний еквівалент	16,4±1,0	12,8±0,8
Кисневий ефект серцевого скорочення, мл	3,8±0,22	5,8±0,36

Про меншу ефективність зовнішнього дихання у штангістів свідчить і більш високий вентиляційний еквівалент і більш низький кисневий ефект дихального циклу.

Отже, відміни у величинах споживання кисню між важкоатлетами і велосипедистами виразно видні в стані спокою. Чітко проявляє себе також залежність зміни при цьому розглядуваних показників зовнішнього дихання.

Специфіка тренування важкоатлетів і велосипедистів має виражений вплив також і на показники діяльності серцево-судинної системи. Наші дані про частоту серцевих скорочень, кров'яний тиск і хвилинний об'єм кровообігу узгоджуються з літературними. При більш низькому ХОК, що особливо добре видно при обчисленні на 1 кг ваги тіла і на поверхню тіла, у важкоатлетів відзначена дещо більша частота серцевих скорочень і порівняно менший систолічний об'єм. Діастолічний тиск перебуває приблизно на одному рівні, а систолічний тиск у важкоатлетів дещо нижчий, ніж у велосипедистів (табл. 2).

Статистично достовірних відмін по таких показниках кисеньтранспортної функції крові, як її киснева ємкість, вміст кисню в артеріальній крові і насичення артеріальної крові киснем у представників досліджуваних видів спорту ми не виявили. Однак, в зв'язку з тим, що ХОК у важкоатлетів виявився меншим, кількість кисню, яка транспортується артеріальною кров'ю, у них також виявилась меншою, що особливо виразно видно при обчисленні цього показника на 1 кг ваги тіла. Якщо у велосипедистів на кожний кілограм ваги тіла за хвилину транспортується 9,2 мл кисню, то у важкоатлетів артеріальна кров доставляє за хвилину до тканин тільки 8,3 мл/кг кисню. В зв'язку з тим, що в стані спокою організм важкоатлетів споживає меншу кількість кисню, венозна кров уносить до легень більше кисню, ніж у велосипедистів.

Отже, і кисеньтранспортна функція крові у штангістів дещо менш ефективна, ніж у велосипедистів. На це вказує також більш високий гемодинамічний еквівалент і порівняно нижчий кисневий ефект серцевого циклу.

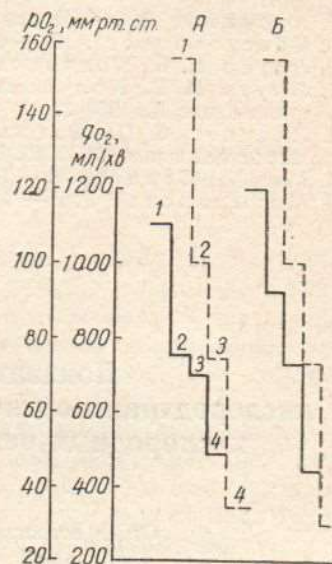
Усе наведене вище дозволяє скласти уявлення про кисневі режими організмів важкоатлетів у стані спокою.

Як загальна кількість кисню, що надходить за хвилину в легені та альвеоли, транспортується артеріальною кров'ю і споживається тканинами, так і інтенсивність надходження кисню в легені й альвеоли, транспорт його кров'ю і споживання тканинами у важкоатлетів менші, ніж у велосипедистів, і тільки венозна кров важкоатлетів уносить до легень більше кисню.

Кількість кисню, що надходить у легені штангістів, у 4,6 раза, в альвеоли — в 3,3 раза, транспортованої артеріальною кров'ю — в 3,0 раза, а змішаною венозною — в 2,0 раза більша, ніж за той самий час споживається тканинами, тоді як в легені велосипедистів надходить тільки в 4,1 раза, в

Зміни qO_2 (суцільна лінія) і pO_2 (пунктирна лінія) на різних етапах надходження і транспорту кисню в організмі в стані спокою:

1 — вдихуване повітря, 2 — альвеоли, 3 — артеріальна кров, 4 — змішана венозна кров; А — важкоатлети, Б — велосипедисти.



альвеоли — в 3,2 раза, артеріальною кров'ю транспортується в 2,6 раза, а змішана венозна кров доставляє в легені в 1,6 раза більше кисню, ніж за той самий час споживається організмом.

На підставі одержаних нами даних можна зробити висновок, що у важкоатлетів ефективність кисневих режимів організму менша, ніж у спортсменів, що займаються циклічними видами спорту.

Аналіз каскадів pO_2 (рисунок) показує, що у важкоатлетів майже нема відмінностей від відповідних каскадів pO_2 велосипедистів. Лише pO_2 змішаної венозної крові у штангістів виявився більш високим. Це, в свою чергу, свідчить про більш високе напруження кисню в крові тканинних капілярів і дещо поліпшує умови для дифузії кисню в клітини.

Більш високий вентиляційний еквівалент, порівняно низький кисневий ефект дихального циклу, більш низьке співвідношення альвелярної вентиляції до ХОД (табл. 1) при високому гемодинамічному еквіваленті і порівняно меншому кисневому ефекті серцевого циклу (табл. 2) дозволяє говорити про те, що кисневі режими важкоатлетів відзначаються меншою економічністю у порівнянні з відповідними показниками у велосипедистів.

Література

1. Воробьев А. Н.— Теория и практика физической культуры, 1961, 12.
2. Воробьев А. Н.— Сб. докл. II научн. конфер. физиол., биохим. и фармакол. Томск, 1961, 30.
3. Горкин М. Я.— Теория и практика физ. культуры, 1948, 5213.

4. Зимкин Н. В., Коробков А. В., Лехтман Я. Б., Эголинский Я. Л., Яроцкий А. И.— Физиол. основы физ. культуры и спорта, М., 1953.
5. Колчинская А. З.— В сб.: Акклиматизация и тренировка спортсменов в горной местности. Матер. Всес. научной конфер., Алма-Ата, 1965, 53.
6. Колчинская А. З., Мищенко В. С., Гуняди Б. К.— Матер. докладов к III Всес. совещ. по эколог., физиол., биохимии и морфол., Новосибирск, 1967, 87.
7. Колчинская А. З., Мищенко В. С., Силаев А. П., Малиновская Л. В.— Труды конфер. социал. стран по акклиматизации спортсменов, М., 1967.
8. Корякина А. Ф.— Теория и практика физ. культуры, 1938, 9.
9. Крестовников А. Н.— Физиология спорта, 1939.
10. Лауэр Н. В., Колчинська А. З.— Фізіол. журн. АН УРСР, 1965, 11, 3, 291.
11. Лауэр Н. В., Колчинская А. З.— Кислородный режим организма и его регулирование, К., 1966, 3.
12. Летунов С. П.— Вопросы силовой подготовки спортсменов по данным врачебных исследований, М., 1965.
13. Мах Л., Селигер В.— Теория и практика физ. культ., 1957, 9, 710.
14. Мотылянская Р. Е.— Физ. культура и возраст, М., 1967.

Надійшла до редакції
23.XI 1967 р.

Показатели внешнего дыхания, кислородтранспортной функции крови и характеристика кислородных режимов организма тяжелоатлетов

Ю. В. Степанов

*Отдел возрастной физиологии Института физиологии
им. А. А. Богомольца АН УССР, Киев*

Резюме

В статье приводятся данные об изменении показателей внешнего дыхания, гемодинамики, кислородной емкости, содержания и насыщения крови кислородом и сведения о том, как изменяется весь кислородный режим организма у тяжелоатлетов в покое, в условиях основного обмена в сравнении со спортсменами, занимающимися циклическими видами спорта (велосипедистами).

Обследования проводились на спортсменах среднего возраста высокой спортивной квалификации (заслуженные мастера спорта, мастера спорта и кандидаты в мастера спорта).

Полученные данные позволили прийти к заключению, что тяжелоатлеты отличаются меньшим потреблением кислорода, меньшими величинами МОД и ДО, большим физиологическим «мертвым» дыхательным пространством и в результате этого более низким соотношением альвеолярной вентиляции к МОД.

Статистически достоверных отличий по таким показателям, как кислородная емкость крови, содержание O_2 в артериальной крови и насыщения артериальной крови O_2 мы не обнаружили.

Интенсивность поступления кислорода в легкие, альвеолы, транспорт его артериальной кровью и потребление у тяжелоатлетов меньше и только венозной кровью уносится к легким больше O_2 . Каскады PO_2 почти не отличаются и только PO_2 смешанной венозной крови у штангистов оказывается более высоким, чем у велосипедистов.

Более высокий вентиляционный и гемодинамический эквивалент, относительно низкий кислородный эффект дыхательного и сердечного

циклов при более низком соотношении альвеолярной вентиляции к МОД позволяет говорить о том, что кислородный режим организма тяжелоатлетов отличается меньшей экономичностью по сравнению с КР организма велосипедистов.

Indices of External Respiration, Oxygentransporting Function of Blood and Characteristic of Oxygen Regimes in Organism of Heavy Athletes

Yu. V. Stepanov

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

Summary

The article deals with the data of change in the indices of external respiration, hemodynamics, oxygen capacity, oxygen content and blood saturation with oxygen. The author also presents the data of the change in the whole oxygen regime of heavy athlete organism at rest, under conditions of basic metabolism in comparison with the sportsmen engaged in cyclic sports (cyclists).

The sportsmen of middle age and high qualification were examined.

The data obtained permitted drawing a conclusion that the heavy athletes are distinguished by a less oxygen consumption, less values of minute tidal volume and tidal volume, greater physiological dead respiratory space and as a result of this — a lower ratio of alveolar ventilation to the minute tidal volume.

Statistically authentic differences in such indices as oxygen capacity of blood, O_2 content in arterial blood and arterial blood saturation with O_2 were not found.

The intensity of oxygen coming to the lungs, alveolas, its transport and consumption are less in heavy athletes. Only the venous blood transports more O_2 to the lungs. The pO_2 cascades are almost the same and only pO_2 of the mixed venous blood in weight-lifters proves to be higher.