

Дихання та газообмін людей молодого та похилого віку в умовах м'язової діяльності

І. В. Муравов і К. Т. Соколов

Лабораторія фізіології рухального режиму Інституту геронтології АМН СРСР, Київ

Інтерес до дослідження функції дихання зумовлюється як недостатнім вивченням дихальної системи, особливостей її реакцій в різних умовах, так і значенням цієї функції в забезпеченні організму киснем.

Найбільш цікавим для виявлення вікових змін є дослідження функції дихання в умовах м'язової діяльності, коли вимоги до органів дихання значно підвищуються.

Ми вивчали функцію дихання в умовах відносного спокою та функціональні зміни цієї системи при різних за інтенсивністю фізичних навантаженнях. Саме цей аспект досліджень є найменш вивченим. Водночас, як свідчать праці Фролькіса та його співробітників [1, 5], дослідження реакцій організму при дії різних за інтенсивністю подразників дають цінні вказівки щодо функціонального стану людей різних вікових груп.

Нами обслідувано 398 практично здорових осіб віком від 20 до 98 років.

Методика досліджень

В стані спокою вивчали: життєву ємкість легень (ЖЕЛ) — методом спірометрії; максимальну вентиляцію легень (МВЛ) — по газовому лічильнику. В період навантаження та відновлення реєстрували частоту дихання, легеневу вентиляцію (ЛВ), поглинання кисню та насиченість артеріальної крові киснем. Зрушення дихальної функції порівнювали із змінами м'язової працездатності. Величину роботи реєстрували на ергографі. Були застосовані однохвилинні навантаження малої (5 кг), середньої (9 кг) та великої інтенсивності (13 кг). Ритм рухів був завжди сталим — 60 разів за хвилину.

Результати досліджень

Досліди, проведені в стані спокою, показали, що при старінні відбуваються чіткі зміни функції дихання. Значно збільшується кількість дихань за одну хвилину та зменшується їх глибина. Ритм дихальних рухів стає нерівномірним, а іноді навіть і патологічним. ЖЕЛ як у жінок, так і у чоловіків значно зменшується (у жінок з $4,0 \pm 0,6$ л в 20—29 років до $2,3 \pm 0,1$ л в 70—79 років, у чоловіків з $4,8 \pm 0,7$ л до $3,3 \pm 0,1$ л у тих же вікових категоріях). Ще більше знижується з віком МВЛ (з $80,3 \pm 5,0$ л у 20—29 років до $24,2 \pm 2,0$ л у чоловіків 80 років і більше).

Конкретний фактичний матеріал, одержаний нами в умовах м'язової діяльності, виявляє цілу низку властивостей дихальної функції у людей похилого віку. Якщо у людей 20—29 років відзначається відповідність величини приросту ЛВ та поглинання кисню в умовах м'язової діяльності інтенсивності фізичного навантаження, то в похилому віці

такої відповідності встановити не можна. При фізичному навантаженні в стані спокою становить $31,0 \pm 5,3\%$. У людей 70—79 років становить відповідно $30,0 \pm 5,3\%$.

Зіставлення змін у показниках дихальної діяльності різної інтенсивності навантаження не завжди відповідає інтенсивності навантаження. Наприклад, у людей похилого віку (70—79 років) цей приріст становить менше, ніж у молодих людей м'язової діяльності малої інтенсивності — $24,1 \pm 3,0\%$.

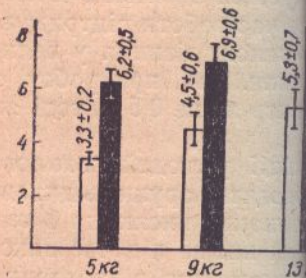


Рис. 1. Час відновлення поглинання кисню при навантаженнях різної інтенсивності у людей 20—29 (білі стовпці) та 70—79 (чорні стовпці) років.

По вертикалі — час відновлення поглинання кисню в хвилини.

середньої — $42,8 \pm 5,5\%$, знижується до $38,0 \pm 4,4\%$ при великому прирості поглинання кисню і період відновлення збільшується відповідно підвищенню інтенсивності навантаження.

Для визначення економності роботи при різних за інтенсивністю поглинутого кисню при всіх умовах м'язової діяльності віком зростає. Так, якщо при навантаженні середньої та великої інтенсивності (9 кг та 13 кг) у людей 20—29 років поглиналося $15,3 \pm 1,4$ мл O_2 , то у віці 70—79 років відповідно до $15,4 \pm 0,7$; $22,6 \pm 1,0$ мл O_2 . Це свідчить про економічність роботи при навантаженні.

Не менш цікавою особливістю м'язової діяльності в похилому віці є збільшення в періоді роботи та після неї часу відновлення реакцій газообміну, у них

такої відповідності встановити не можна. Так, у людей молодого віку при фізичному навантаженні малої інтенсивності приріст ЛВ щодо стану спокою становить $32,8 \pm 5,0\%$, середньої — $44,4 \pm 3,6\%$, а великої — $54,0 \pm 5,3\%$. У людей 70—79 років приріст ЛВ при цих же навантаженнях становить відповідно $30,4 \pm 4,6$, $38,1 \pm 3,6$ і $32,6 \pm 4,7\%$.

Зіставлення змін показників приросту поглинання кисню при м'язовій діяльності різної інтенсивності також показало, що при старінні збільшення поглинання кисню не завжди відповідає навантаженню. Наприклад, у людей похилого віку (70—79 років) цей приріст становить при м'язовій діяльності малої інтенсивності — $24,1 \pm 3,7\%$.

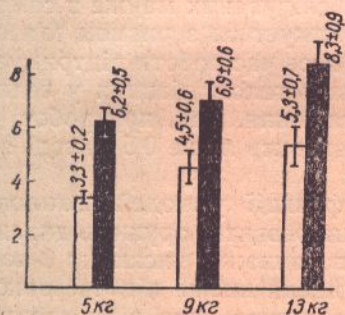


Рис. 1. Час відновлення поглинання кисню при навантаженнях різної інтенсивності у людей 20—29 (білі стовпці) та 70—79 (чорні стовпці) років.

По вертикалі — час відновлення споживання кисню в хвилиналих.

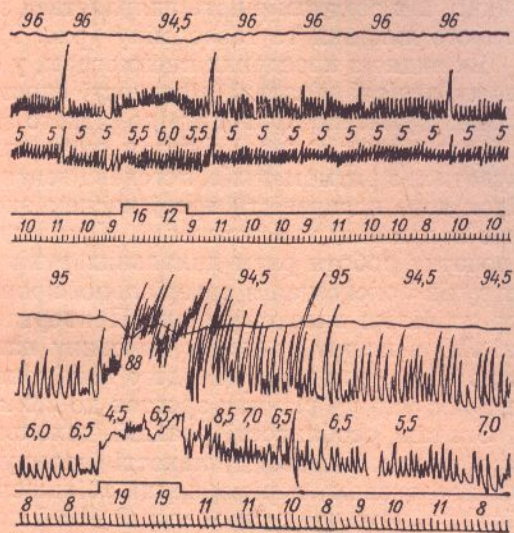


Рис. 2. Вікові особливості зрушень зовнішнього дихання в умовах навантаження великої інтенсивності у людини (вгорі) молодого (Л-ця, 26 років) та (внизу) похилого (В-ий, 65 років) віку.

Зверху вниз: — насиченість артеріальної крові киснем; запис грудного дихання; запис діафрагмального дихання. Верхній ряд цифр — процент оксигемоглобіну, середній — легенева вентиляція за 30 сек, нижній — кількість дихальних рухів за 30 сек.

середньої — $42,8 \pm 5,5\%$, а в умовах великої інтенсивності знову знижується до $38,0 \pm 4,4\%$ (рис. 1). Але, незважаючи на це, величина загального приросту поглинання кисню (підрахованого за період роботи і період відновлення) збільшується як у людей 20—29, так і 70—79 років відповідно підвищенню інтенсивності роботи.

Для визначення енергетичних витрат у людей різного віку при виконанні різних за інтенсивністю фізичних навантажень була обчислена кількість поглинутого кисню за одиницю виконуваної роботи. Виявилось, що при всіх умовах м'язової діяльності киснева «ціна» 1 кгм роботи з віком зростає. Так, якщо у людей молодого віку при навантаженнях малої, середньої та великої інтенсивності вона становить $8,0 \pm 0,8$; $10,9 \pm 0,9$ і $15,3 \pm 1,4$ мл O_2 , то у віці 70—79 років киснева «ціна» зростає відповідно до $15,4 \pm 0,7$; $22,6 \pm 1,0$ і $29,1 \pm 1,9$ мл O_2 , що свідчить про зниження економічності роботи при старінні.

Не менш цікавою особливістю реакцій людей похилого віку в умовах м'язової діяльності є своєрідне гальмування функціональних зрушень в періоді роботи і перенос найбільшої амплітуди реакцій на перші хвилини періоду відновлення. При цьому час, необхідний для реституції реакцій газообміну, у них значно подовжується, становлячи при роботах

малої, середньої та великої інтенсивності у чоловіків 70—79 років $6,2 \pm 0,5$; $6,9 \pm 0,6$ і $8,3 \pm 0,9$ хв.

Аналогічні показники у людей 20—29 років становлять відповідно $3,3 \pm 0,2$; $4,5 \pm 0,6$ і $5,3 \pm 0,7$ хв (рис. 1).

Найбільш характерною особливістю реакцій дихання в умовах фізичних навантажень у людей похилого віку є значно уповільнений, порівняно з молодими обслідуваними, період зростання зрушень дихальної функції. Ця закономірність виявляється за цілим рядом показників зовнішнього дихання та газообміну (рис. 2).

Як видно з наведених пневмограм, у людини похилого віку в початковому періоді м'язової діяльності спостерігається дискоординація дихальних рухів, що приводить до різкого зниження вмісту оксигемоглобіну в артеріальній крові. Згодом ритм дихання поступово починає узгоджуватися з ритмом рухів, легенева вентиляція значно посилюється, внаслідок чого насиченість крові киснем знову підвищується, знижуючись лише наприкінці навантаження. У молодих обслідуваних майже з самого початку роботи ритм дихальних рухів узгоджується з ритмом м'язових рухів і оксигенація артеріальної крові за весь час роботи підтримується на більш високому рівні. Привертає увагу також різниця у величині ЛВ в першу та другу половину навантаження. Так, при роботі з вагою 13 кг у людини молодого віку вона становить лише 0,5 л, тоді як у старих осіб ця різниця зростає до 2,0 л.

Згадані особливості реакцій дихальної функції у людей похилого віку в умовах м'язової діяльності (гальмування розвитку зрушень дихання в початковому періоді праці, збільшення поглинання кисню на 1 кгм роботи, обмеження можливостей ЛВ і поглинання кисню під час виконання навантаження і подовження часу, необхідного для відновлення функцій зрушень) ведуть до погіршення пристосованості дихання до м'язової діяльності.

Для кращого розуміння механізму регуляції дихання в похилому віці становить інтерес виявлення взаємовідношень між функціональними та морфологічними віковими змінами дихальної системи. Більшість дослідників [7—10] вважають, що функціональні зміни викликані структурними особливостями органів дихання людей похилого віку. Але результати наших дослідів [3, 4], в яких було показано більш значне підвищення амплітуди дихальних рухів в умовах м'язової діяльності у людей похилого віку, ніж у молодих, суперечать цьому висновку. Дійсно, якби обмеження амплітуди дихання, спостережуване в похилому віці, викликалося морфологічними змінами, то під впливом фізичного навантаження навряд чи вона змогла б зростати до такої величини (300%). Крім того, при спеціальних впливах (активний відпочинок, розминка) адаптація функції дихання до м'язової діяльності значно поліпшується, що також суперечить цьому припущенню.

Значний інтерес викликає також можливість поліпшення функції дихання під впливом систематичного фізичного тренування. Слід визнати, що вплив тренування на рухову та вегетативні функції людей похилого віку вивчений недостатньо. В раніше проведеному дослідженні [2] показано, що в процесі тренування у людей як молодого, так і похилого віку поліпшується пристосованість функції дихання до м'язової діяльності (збільшується поглинання кисню в періоді виконання роботи, зменшується час реституції вихідних показників ЛВ та газообміну).

В наступній роботі, виконаній нами спільно з О. А. Пироговою та Е. Г. Сабітовою, вивчали вплив групових занять фізичними вправами на функції організму людей похилого віку. Аналіз результатів дослідів показав, що під впливом фізичного тренування у людей похилого віку

значно поліпшується адаптація до фізичного навантаження, виявляється в значному скороченні часу відновлення зрушень дихання після тренування, якщо в контрольних досл

Рис. 3. Зниження кисневої «ціни» роботи під впливом фізичного тренування. А — жінки, Б — чоловіки різного віку. Умовні позначення: білі стовпці — до тренування, шорсткі — після тренування. А — жінки, Б — чоловіки. 59 років, Б — 60—69 років, А — 70—79 років. Тикалі — киснева «ціна» і кгм

70—79 років $6,0 \pm 0,8$ хв, після систематичних занять зменшилась з 3,7 $\pm$ 0,3 і 3,8 $\pm$ 0,3 до 3,1 $\pm$ 0,2 і 3,2 $\pm$ 0,2 хв.

Найбільш цікавим є зменшення економичності роботи. Ця ознака характеризує енергетичного приросту поглинання кисню на кожну одиницю зменшення кисневої «ціни» роботи.

Так, у людей 60—69 років після тренування знизився з 314,0 $\pm$ 61,7 до 214,0 $\pm$ 51,7 дж/л, зменшилась з 15,5 $\pm$ 1,7 до 11,5 $\pm$ 1,7 дж/л приріст зменшився відносно витрати O_2 на одиницю роботи з 1,5 до 1,0.

Тренованість виявилась у підвищенні оксигенації крові в умовах фізичного навантаження. Нам не вдалося визначити, чи змінюється вміст оксигемоглобіну в артеріальній крові після тренування. Висновок про зміну вмісту оксигемоглобіну в крові становило 1,5—3%.

У повторних дослідженнях виявилось, що підтримувалась на більш високому рівні витрата кисню при навантаженні в різних вікових групах, знизилась витрата кисню на одиницю роботи з 1,0—1,5%.

Отже, наведені результати свідчать про поліпшення функції дихання, які в свою чергу впливають на

При відповідній адаптації організму до фізичного навантаження в похилому віку відбуваються зміни в пристосованості її до фізичної роботи, що в організації занять фізичними вправами треба використовувати ці результати. Це дозволило найбільш ефективно використовувати фізичні вправи з метою запобігання старінню і в системах старіючого організму.

1. Головченко С. Ф., Голубович В. П. Медиздат УССР, 1963, 367.
2. Муравов І. В. — В кн. «Фізичне тренування в похилому віці», М., 1962, с. 88.
3. Муравов І. В. — В кн. «Фізичне тренування в похилому віці», М., 1962, II, 88.

значно поліпшується адаптація дихання до м'язової діяльності. Це проявляється в значному скороченні періоду впрацювання, зменшенні часу відновлення зрушень ЛВ та газообміну до вихідних даних. Так, якщо в контрольних дослідках час відновлення ЛВ становив у чоловіків

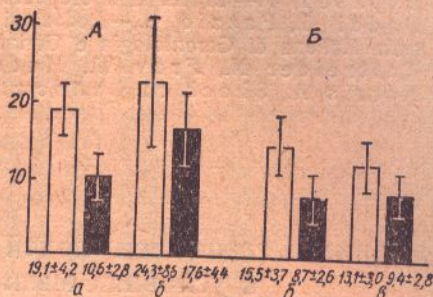


Рис. 3. Зниження кисневої «ціни» 1 кгм роботи під впливом фізичного тренування у жінок і чоловіків різного віку.

Умовні позначення: білі стовпці — до, чорні — після тренування. А — жінки, Б — чоловіки. а — 50—59 років, б — 60—69 років, в — 70—79 років. По вертикалі — киснева «ціна» 1 кгм роботи в мл.

70—79 років $6,0 \pm 0,8$ хв, а газообміну — $6,0 \pm 0,6$ хв, то після шестимісячних систематичних занять у групах здоров'я він скоротився відповідно до $3,7 \pm 0,3$ і $3,8 \pm 0,4$ хв.

Найбільш цікавим є те, що фізичне тренування сприяє підвищенню економічності роботи. Ця економічність проявляється в зниженні загального приросту поглинання кисню при стандартному навантаженні, а також зменшенні кисневої «ціни» 1 кгм роботи (рис. 3).

Так, у людей 60—69 років загальний приріст поглинання кисню знизився з $314,0 \pm 61,7$ до $215,0 \pm 29,2$ мл O_2 , а киснева «ціна» 1 кгм роботи зменшилась з $15,5 \pm 1,7$ до $8,7 \pm 1,2$ мл O_2 , у чоловіків 70—79 років цей приріст зменшився відповідно з $297,0 \pm 32,2$ до $201,8 \pm 28,2$ мл O_2 , а витрати O_2 на одиницю роботи знизились з $13,1 \pm 1,4$ до $9,4 \pm 1,3$ мл O_2 .

Тренованість виявилась також і в більш сталому зберіганні рівня оксигенації крові в умовах м'язової діяльності. В контрольних дослідках нам не вдалося визначити вірогідних вікових відмін у ступені насиченості артеріальної крові киснем. В середньому зниження оксигенації крові становило 1,5—3% щодо стану спокою.

У повторних дослідках, проведених після шести місяців систематичних занять фізичними вправами, насиченість артеріальної крові киснем підтримувалась на більш високому рівні, зниження її при фізичному навантаженні в різних вікових категоріях чоловіків та жінок не перевищувала 1,0—1,5%.

Отже, наведені результати дослідів свідчать про те, що не всі зміни в функції дихання, які відбуваються при старінні, є необоротними.

При відповідній активізації рухального режиму у людей похилого віку відбуваються зміни в дихальній системі, які значно поліпшують пристосовність її до фізичних навантажень. Водночас слід відзначити, що в організації занять фізичними вправами з цим контингентом людей треба використовувати такі засоби і методи фізичної культури, які б дозволили найбільш ефективно використати доцільні форми м'язової діяльності з метою запобігання передчасним віковим змінам в органах і системах старіючого організму.

Література

1. Головченко С. Ф., Грабина Е. Л.— В кн.: Механизмы старения, К., Госмедиздат УССР, 1963, 367.
2. Муравов И. В.— В кн.: Механизмы старения, К., Госмедиздат УССР, 1963, 355.
3. Муравов И. В.— В кн.: Вопросы геронтологии и гериатрии, К., Госмедиздат УССР, 1962, II, 88.

4. Соколов К. Т.— В кн.: Вопросы геронтологии и гериатрии, К., Госмедиздат УССР, 1962, 151.
5. Фролькис В. В., Головченко С. Ф., Духовичный С. М., Танин С. А.— Клин. медицина, 1962, 12, 87.
6. Binet L., Bour H.— В кн.: Основы геронтологии. М., Медгиз, 1960, 193.
7. Бурльер Ф.— Старение и старость (пер. с франц.) ИЛ, 1962.
8. Daddi G., Fazzio B.— Redazioni tenute al VII congresso Nazionale della società Italiana di Gerontologia e Geriatria. Geneva, Firenze, 1958, 49.
9. Kaltreider N., Fray W., Hude H.— Amer. Rev. tuberc., 1938, 37, 662.
10. Norris A., Shock N., Landowne M. and Falzone J.— 1956, 11, 4, 379.

Надійшла до редакції
2.VII 1966 р.

Дыхание и газообмен людей молодого и пожилого возраста в условиях мышечной деятельности

И. В. Муравов и К. Т. Соколов

Лаборатория физиологии двигательного режима
Института геронтологии АМН СССР, Киев

Резюме

Результаты исследований выявили у людей пожилого возраста ряд особенностей развития сдвигов функции дыхания и газообмена в условиях мышечной деятельности. Эти отличия проявляются как во время выполнения нагрузки, так и в периоде восстановления.

С возрастом особенно затрудняется переход организма от состояния покоя к мышечной деятельности. В начальном периоде работы при этом, как правило, обнаруживается ряд признаков нарушений дыхательной функции (затруднение дыхания, нарушение координации движений, отставание легочной вентиляции от запросов организма, резкое снижение насыщения артериальной крови кислородом и т. д.).

Другой особенностью развивающихся при физической нагрузке сдвигов дыхания и газообмена у пожилых людей является несоответствие между величиной потребления кислорода и интенсивностью нагрузки (при средней по интенсивности нагрузке прирост потребления кислорода выше, чем при работе большой интенсивности). Вместе с тем, кислородная «стоимость» 1 ккал работы увеличивается с ростом интенсивности нагрузки, и при всех видах работ величина ее больше у пожилых людей.

Таким образом, в пожилом возрасте происходит своеобразное «перераспределение» потребления кислорода, больший прирост его потребления отмечается не во время выполнения работы, а в первые минуты восстановления. Этот факт можно рассматривать как одну из сторон формирующегося с возрастом нового типа регуляции функции дыхания, проявление компенсаторно-приспособительных реакций при старении.

Respiration and Gas Exchange in the Young and Elderly People under Conditions of Muscle Activity

I. V. Muravov and K. T. Sokolov

Laboratory of physiology of motor regimen of the Institute of Gerontology,
Academy of Medical Sciences, USSR, Kiev.

Summary

The results of investigation indicated that people of elderly age have a series of peculiarities of developing shifts of the respiratory function and gas exchange under

conditions of muscle activity. This is particularly evident in the process of recreation.

The transition of organisms from rest to muscle activity is particularly hindered with age. A number of symptoms of the transition are observed.

Another peculiarity of the transition is that the number of symptoms of the transition in elderly people at physical load is the same as in young people, but the load intensity is lower.

In addition, oxygen «cost» of work increases with age, and in all kinds of work the oxygen «cost» is higher in elderly people.

Thus, at an elderly age the transition from rest to muscle activity takes place and the greater increment of work is observed in the first minutes of work, but in the first minutes of work of new type of regulating respiratory function, compensatory-adaptative reactions are observed.

conditions of muscle activity. These diversities are manifested both during carrying loads and in the process of recreation.

The transition of organism from the state of dormancy to the muscle activity is particularly hindered with age. In this case at the initial period of work, as a rule, a number of symptoms of the respiratory function disturbance is discovered.

Another peculiarity of the developed shifts of respiration and gas exchange in elderly people at physical load is the incompatibility between the oxygen consumption value and load intensity.

In addition, oxygen «cost» of 1 kgm of work increases with the growth of load intensity and in all kinds of work, its value is greater in elderly people.

Thus, at an elderly age the unusual «redistribution» of oxygen consumption takes place and the greater increment of its consumption is noted not during fulfilment of work but in the first minutes of recreation. This fact can be considered as one of the side of new type of regulating respiratory function forming with age, the manifestation of compensatory-adaptative reactions at ageing.