

Фізіологічний аналіз впливу попередніх м'язових зусиль на працездатність нестомлених м'язів

І. В. Муравов і Ф. Т. Ткачов

Лабораторія фізіології рухового режиму Інституту геронтології і експериментальної патології АМН СРСР, Київ

Однією з найбільш актуальних проблем фізіології м'язової діяльності є проблема активного відпочинку, яка виникла на основі класичних дослідів І. М. Сеченова (1903). Результати досліджень багатьох фізіологів і гігієністів [4, 8, 11, 12, 13, 14, 15] набули великого значення для обґрунтування раціонального режиму діяльності в праці і спорті. Серед різноманітних аспектів проблеми найменш вивченим є питання про зміни працездатності нестомлених м'язів під впливом діяльності інших м'язових груп. Проте вивчення механізму цього впливу необхідне для найбільш ефективного використання ряду практичних заходів (розминка, вступна гімнастика, лікувальна фізкультура та ін.).

Підвищення м'язової працездатності під впливом попередніх м'язових зусиль було відзначене ще наприкінці минулого століття [17, 18].

Особливого значення для вивчення цього явища набула праця І. М. Сеченова «До питання про вплив подразнення чутливих нервів на м'язову роботу людини». І. М. Сеченову вдалося виявити не тільки підвищення працездатності непрацюючих м'язів руки під впливом попередньої діяльності другої руки, а й дати йому принципово правильне тлумачення. Це пояснення, що пов'язує підвищення м'язової працездатності із змінами функціонального стану нервових центрів, визначило успіхи, досягнуті наступними дослідниками [1, 2, 6, 7, 12, 14] у вивченні рефлекторних змін м'язової працездатності.

Вивчення впливу попередньої роботи одних м'язових груп на працездатність інших цікаве в теоретичному і важливе в практичному відношенні. Проте це питання не привернуло належної уваги фізіологів і гігієністів і залишилось поза основними напрямками розвитку фізіології праці і спорту. Саме цим пояснюється суперечливе розуміння суті фізіологічного механізму цього явища.

Так, поряд з уявленням про роль індукційного гальмування в механізмі змін працездатності під впливом попередніх м'язових зусиль [1, 3, 7, 13] існує принципово інше пояснення, що відводить основне значення підсиленню збуджувальних процесів за допомогою реципрокних взаємовідношень [12]. Деякі автори [5], не заперечуючи можливого впливу реципрокних взаємовідношень розглядуваного феномену, головним в його механізмі вважають участь симпатико-адреналової системи.

В дослідженні впливу попередніх м'язових зусиль на працездатність нестомлених м'язів істотним недоліком було те, що вивчення

часто обмежувалось констатацією самої можливості такого впливу без висвітлення різноманітних форм його проявів при різних умовах досліджу. Водночас, істотним недоліком була відсутність вікового аспекту у вивченні цього явища. В зв'язку з цим і були проведені наші дослідження. Мета їх полягала у вивченні впливу різних видів попередньої діяльності на працездатність нестомлених м'язів у молодих людей та осіб похилого віку.

Методика досліджень

Були досліджені зміни працездатності згиначів передпліччя правої руки під впливом різної за характером попередньої роботи симетричних м'язів лівої руки. Працездатність реєструвалась на ергографах конструкції І. В. Муравова (1957) в умовах повторної динамічної роботи правої руки з тягарем 11 кг в ритмі 60 піднять на хвилину. Як попередня діяльність була використана робота симетричних м'язів лівої руки в тому ж ритмі, проте різної інтенсивності (з трьома різними вантажами).

Порядок досліджу був такий: спочатку реєстрували ергограми м'язів правої руки (чотири вправи з 30-секундними перервами для відпочинку). Потім після двогодинної перерви досліджували виконували ту саму роботу після попередньої діяльності лівої руки. Підвищення чи зниження працездатності правої руки після включення лівої, тобто ступінь виявлення в цих умовах позитивного чи негативного сеченовського ефекту, визначали за працездатністю і відновним впливом відпочинку, порівнюючи з даними контрольних дослідів, тобто без попередньої роботи лівої руки. Відновну дію відпочинку виражали в процентному відношенні кожної наступної роботи (другої, третьої, четвертої) до величини першої роботи в контрольному дослідженні.

В дослідженнях взяло участь 20 молодих людей (14—26 років) і 20 осіб похилого (60—79 років) віку, всього проведено 1100 досліджень.

Результати досліджень

Проведені дослідження дозволили виявити ряд загальних закономірностей впливу попередньої роботи одних м'язових груп на працездатність інших.

Виявилось, що характер впливу попередніх зусиль на працездатність нестомлених м'язів як у молодих осіб, так і у людей похилого віку залежить від інтенсивності попередньої діяльності.

Попередня робота лівої руки малої інтенсивності здійснює незначний позитивний вплив на працездатність симетричних м'язів. Цей стимулюючий вплив посилюється до певної міри із збільшенням інтенсивності попередньої діяльності. Дальше збільшення стомлення приводить до зниження стимулюючого впливу. Після виконання попередньої роботи з граничними навантаженнями відзначається чітке зниження як працездатності, так і відновної дії відпочинку (рис. 1).

Отже, найбільш виражений стимулюючий вплив попередніх зусиль на працездатність нестомлених м'язів помічається при середніх навантаженнях. При цьому у всіх досліджуваних показників працездатності і відновного впливу відпочинку. Суб'єктивно досліджувани після попередньої діяльності лівої руки з середніми навантаженнями відзначали легше виконання роботи правою рукою.

Зіставлення змін м'язової працездатності під впливом попередніх зусиль у осіб різного віку показало істотні відмінності в зрушеннях, що розвиваються у молодих і похилих осіб.

Насамперед слід вказати на особливості ергографічних показників. У осіб похилого віку період впрацювання і період стійкої працездатності значно триваліші, ніж у молодих (робота закінчується при високих показниках ергограм, тобто при незначному зниженні кривої стомлення). Відношення наступних вправ (другої, третьої і четвертої)

до першої у осіб і самих умовах дослідження.

Попередня робота на кількісну сторону явища, відповідно змінюючи показники (див. рис. 1).

Робота лівої руки інтенсивності здійснює стимулюючий вплив на працездатність правої руки. Вплив більш виражений у людей похилого віку (на $\pm 0,25\%$). Відновлення у людей похилого віку після цієї роботи не змінює інтенсивності діяльності внаслідок навантаження до чин її стимулюється у людей до $33,2 \pm 2,9\%$, у молодих до $18,7 \pm 1,95\%$ вихідної працездатності.

Спільним у попередньої діяльності інтенсивності у молодих і похилого віку є збільшення працездатності. У молодому віці підвищення висхідної працездатності стає виражено.

Зміни м'язової працездатності під впливом зусиль різної інтенсивності

Інтенсивність попередніх зусиль (навантаження на лівій руці)	Вік
Мала (4 кг)	Молоді
Середня (9 кг)	Похило
Велика (19 кг)	Молоді
	Похило

Попередня робота на наступні фізіологічні впливи у молодих. Надалі

до першої у осіб похилого віку більше, ніж у молодих людей при тих самих умовах досліджу.

Попередня робота залежно від її інтенсивності впливає не тільки на кількісну (величину зміни працездатності), а й на якісну сторону явища, визначаючи напрям зрушень працездатності і відповідно змінюючи ергографічні показники (див. таблицю).

Робота лівої руки малої інтенсивності здійснює незначний стимулюючий вплив на працездатність правої руки. Цей вплив більш виражений у осіб похилого віку (на $3,0 \pm 1,33\%$), ніж у молодих людей ($0,8 \pm 0,25\%$). Відновна дія відпочинку у людей похилого віку і молодих осіб у цих умовах практично не змінюється. При підвищенні інтенсивності попередньої діяльності внаслідок збільшення навантаження до середніх величин її стимулюючий вплив посилюється у людей похилого віку до $33,2 \pm 2,9\%$, у молодих осіб до $18,7 \pm 1,95\%$ вихідного рівня працездатності.

Спільним у впливі попередньої діяльності середньої інтенсивності у молодих людей і осіб похилого віку є кількісне підвищення працездатності. Але якісна сторона цієї зміни інша (рис. 2). У молодому віці працездатність збільшується в основному внаслідок підвищення висоти м'язових скорочень, при цьому період стійкої працездатності стає виразнішим, показники стомлення слабшають більш поступово.

Зміни м'язової працездатності і відновної дії відпочинку під впливом попередніх зусиль різної інтенсивності у молодих осіб і людей похилого віку

Інтенсивність попередніх зусиль (навантаження на лівій руці)	Вік	Приріст працездатності в процентах	Приріст відновного впливу відпочинку		
			першого	другого	третього
Мала (4 кг)	Молодий	$0,8 \pm 0,25$	$1,4 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,04$	$0,8 \pm 0,01$
	Похилий	$3,0 \pm 1,38$	$0,8 \pm 0,11$	$0,7 \pm 0,14$	$0,4 \pm 0,17$
Середня (9 кг)	Молодий	$18,7 \pm 1,95$	$6,4 \pm 1,03$	$3,8 \pm 0,28$	$5,1 \pm 0,8$
	Похилий	$33,2 \pm 2,9$	$11,8 \pm 3,74$	$9,9 \pm 3,14$	$9,4 \pm 2,47$
Велика (19 кг)	Молодий	$-15,1 \pm 1,58$	$-3,2 \pm 1,48$	$-2,8 \pm 0,7$	$-3,6 \pm 0,27$
	Похилий	$-35,7 \pm 3,5$	$-3,4 \pm 0,17$	$-6,6 \pm 1,14$	$-4,3 \pm 0,26$

Попередня діяльність середньої інтенсивності сприятливо впливає на наступні фізичні вправи (другу, третю і четверту). Посилення відновного впливу відпочинку у осіб похилого віку виразніше, ніж у молодих. Надалі підвищення інтенсивності попередньої діяльності лі-

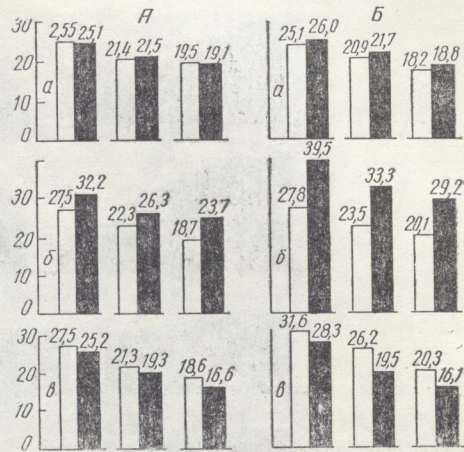


Рис. 1. Вплив попередніх м'язових зусиль на відновну дію відпочинку при повторних навантаженнях у молодих людей (А) і осіб похилого віку (Б).

Білі стовпчики — відновна дія відпочинку при навантаженні без попередньої роботи, чорні — після попередньої роботи лівої руки; а — робота малої інтенсивності; б — середньої і в — великої інтенсивності.

го значення в механізмі впливу феномена Сеченова. Одержані нами дані свідчать про те, що і в умовах відсутності стомлення феномен Сеченова в обох своїх формах — як у позитивній, так і в негативній реалізується досить чітко. Це вказує на те, що в механізмі як підвищення, так і зниження працездатності під впливом активного відпо-

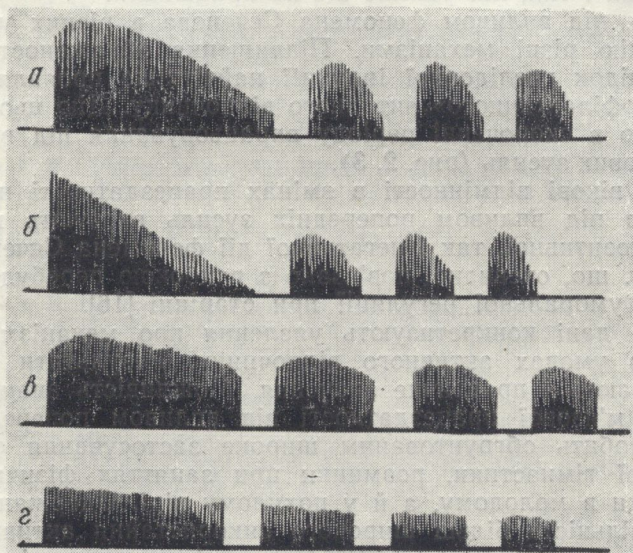


Рис. 3. Вплив попередніх м'язових зусиль великої інтенсивності на зміни працездатності нестомлених м'язів при повторних навантаженнях у молодій людини (досл. А-о, 18 років), і людини похилого віку (досл. Т-р, 60 років):

а — ергограма молодій людини, яка попередньо не виконувала будь-якої роботи; б — після неї; в і г — те саме у людини похилого віку.

чинку відбувається не проста зміна співвідношення між перебігом процесів стомлення і відновлення.

Очевидно, характер зміни працездатності при активному відпочинку насамперед визначається функціональним станом нервових центрів, що складається в цих умовах. Цей стан, який може бути в кінцевому підсумку досягнутий не тільки внаслідок різного співвідношення інтенсивності і глибини розвитку стомлення як однієї, так і другої групи м'язів, а також, як показують наведені вище дані, і при повній відсутності стомлення, очевидно, є основним фактором механізму феномена Сеченова.

Виявлені в дослідженнях факти висувають ряд питань, що стосуються феномена Сеченова. На даному етапі розвитку наших знань навряд чи можливе конкретне уявлення про весь взаємозв'язок факторів, які визначають різні за напрямком і вираженістю зрушення м'язової працездатності в умовах різних варіантів реалізації феномена Сеченова.

При всій складності внутріцентрального взаємовідношень, що складаються при переході від попередньої діяльності одних до наступної роботи симетричних м'язових груп, одержані результати вказують на те, що під впливом «профілактичного» активного відпочинку змінюється працездатність центральних нейронів нестомленої групи м'язів.

Зараз можна вважати загальноновизнаним існування тісного зв'язку між обміном речовин, енергетикою і, нарешті, працездатністю нервових центрів з їх функціональним станом. Ось чому рефлекторні впливи, що виникають під час попередньої діяльності нестомлених м'язів, не можуть не позначитись на працездатності як стомлених м'язових груп, так і тих, які раніше ще не працювали.

Очевидно, під впливом феномена Сеченова в різних умовах приводяться в дію різні механізми. Підвищення збудженості нервових центрів внаслідок послідовної індукції найчіткіше проявляється саме в умовах «профілактичного» активного відпочинку. Дію цього фактора виразно видно в скороченні періоду впрацювання під впливом попередніх м'язових зусиль (рис. 2, 3).

Виявлені вікові відмінності в змінах працездатності нестомлених м'язових груп під впливом попередніх зусиль вказують на великий діапазон як позитивної, так і негативної дії феномена Сеченова у осіб похилого віку, що, очевидно, пов'язано з глибокою перебудовою механізмів нейро-гуморальної регуляції при старінні [16].

Одержані дані конкретизують уявлення про механізм змін працездатності в умовах активного відпочинку. Результати проведених досліджень мають і практичне значення. Можливість значного підвищення рівня м'язової працездатності під впливом попередніх м'язових зусиль робить обґрунтованим широке застосування спеціальних форм вступної гімнастики, розминки при заняттях фізичними вправами не тільки в молодому, а й у похилому віці. Одержані дані вказують на доцільність більш широкого використання активного відпочинку не тільки як фактора, що прискорює відновлення після стомлення, а й як засобу, що «профілактично» підвищує працездатність нестомлених м'язів.

Висновки

1. Попередні зусилля симетричних м'язів можуть здійснювати як позитивний, так і негативний вплив на працездатність і відновну дію відпочинку при роботі перед тим нестомлених м'язів другої руки.
2. Прояв позитивного чи негативного впливу феномена Сеченова на працездатність нестомлених м'язів залежить від інтенсивності попередньої діяльності симетричних м'язів другої руки. При оптимальних умовах ступінь підвищення працездатності становить у молодих осіб $18,7 \pm 1,95\%$, у людей похилого віку — відповідно $33,2 \pm 2,9\%$.
3. Попередня діяльність малої інтенсивності підвищує працездатність у молодих осіб на $0,8 \pm 0,25\%$, у людей похилого віку на $3,0 \pm 1,38\%$.
4. Попередня робота великої інтенсивності викликає зниження працездатності і відновного впливу відпочинку при повторних навантаженнях у молодих осіб на $15,1 \pm 1,58\%$, у похилих — відповідно на $35,7 \pm 3,5\%$.
5. Можливість зміни працездатності нестомлених м'язів під впливом попередньої діяльності інших м'язових груп може бути використана при розробці раціональних форм фізичної культури для молодих осіб і людей похилого віку, виробничої гімнастики і спортивної розминки.

1. Верещагин Н. К.
2. Виноградов М. наук, № 6, 1938, с. 97
3. Врочинский К.
4. Ефимов В. В., Утской культуры, 6, №
5. Зима А. Г., в кн. Ата, 1955, с. 95; в кн.
6. Зимкин Н. В., Те
7. Крестовников
8. Маршак В. В., с. 52.
9. Муравов І. В.,
10. Муравов І. В., 1957, с. 1202.
11. Нарикашвили
12. Попов Г. В., Учен
13. Розенблат В. В.
14. Трахтенберг І. № 2, 1956, с. 12; Б
15. Фольборт Г. В. процессов утомления
16. Фролькис В. В. с. 54; т. II, 1962, с. 46
17. Kroneker et Cu
18. Patrici, Arch. Ital

Физиологические мышечных усилии

Лаборатория физиологии и эк

Изучались изм плеча правой руки тельной деятельности (14—26 лет) и по следований был ис динамической работ

Проведенные и номерностей влияния на работоспособность и на работоспособность молодых, так и у тельной деятельности

Предшествующ с малыми нагрузками яние на работоспособность выражено у лиц (0,8 ± 0,25%)

С повышением мулирующее влияние

ЛИТЕРАТУРА

1. Верещагин Н. К., Теория и практика физической культуры, 16, № 9, 1953, с. 599.
2. Виноградов М. И. и Делов В. Е., Ученые записки ЛГУ, 23. Серия биол. наук, № 6, 1938, с. 97.
3. Врочинский К. К., Врач. дело, № 7, 1955, с. 663.
4. Ефимов В. В., Утомление и борьба с ним, М., 1926; Теория и практика физической культуры, 6, № 1, 1931, с. 8.
5. Зима А. Г., в кн. «Работы каф. физиол. Казахского ин-та физкультуры», Алма-Ата, 1955, с. 95; в кн. сб. 2, 1957, с. 19.
6. Зимкин Н. В., Теория и практика физ. культуры, 15, № 4, 1952, с. 253.
7. Крестовников А. Н., Очерки по физиологии физических упражнений, М., 1951.
8. Маршак В. В., Физкультура и социалистическое строительство, 10—11, 1932, с. 52.
9. Муравов И. В., Физиол. журн. АН УРСР, т. II, № 6, 1956, с. 54.
10. Муравов И. В., Сукачев Н. С., Романенко Д. И., Физиол. журн., № 12, 1957, с. 1202.
11. Нарикашвили С. П. и Чахнашвили Ш. А., Теория и практика физкультуры, 10, № 7, 1947, с. 317.
12. Попов Г. В., Ученые записки ЛГУ, 23, 1938, с. 105.
13. Розенблат В. В., Теория и практика физ. культуры, 12, № 10, 1949, с. 733.
14. Трахтенберг И. М. и Савицкий И. В., Бюлл. exper. биол. и мед., 42, № 2, 1956, с. 12; Бюлл. exper. биол. и мед., 43, № 1, 1957, с. 28.
15. Фольборт Г. В., Физиол. журн. СССР, 34, 2, 1948, с. 157; в сб. «Физиология процессов утомления и восстановления», Киев, 7, 1951.
16. Фролькис В. В., в сб. Вопросы геронтологии и гериатрии, Ленинград, 1962, с. 54; т. II, 1962, с. 46.
17. Kroneker et Cutter, Compt. rend. Acad. Sc., 131, 1900, p. 492.
18. Patrici, Arch. Ital. de Biol., 19, 1893, p. 126.

Надійшла до редакції
25.V 1963 р.

Физиологический анализ влияния предшествующих мышечных усилий на работоспособность неустоленных мышц

И. В. Муравов и Ф. Т. Ткачев

Лаборатория физиологии двигательного режима Института геронтологии и экспериментальной патологии АМН СССР, Киев

Резюме

Изучались изменения работоспособности мышц сгибателей предплечья правой руки под влиянием различной по характеру предварительной деятельности симметричных мышц левой руки у лиц молодого (14—26 лет) и пожилого (60—79 лет) возраста. При проведении исследований был использован метод эргографии в условиях повторной динамической работы.

Проведенные исследования позволили выявить ряд общих закономерностей влияния предшествующей работы одних мышечных групп на работоспособность других. Характер влияния предшествующих усилий на работоспособность предварительно неустоленных мышц как у молодых, так и у пожилых лиц зависит от интенсивности предварительной деятельности.

Предшествующая работа левой руки малой интенсивности (т. е. с малыми нагрузками) оказывает незначительное положительное влияние на работоспособность симметричных мышц. Это влияние отчетливее выражено у лиц пожилого возраста (на $3,0 \pm 1,38\%$), чем у молодых лиц ($0,8 \pm 0,25\%$).

С повышением интенсивности предшествующей деятельности стимулирующее влияние у лиц пожилого возраста усиливается до $33,2 \pm$

$\pm 2,9\%$, у молодих лиц до $18,7 \pm 1,95\%$ исходного уровня работоспособности. Дальнейшее повышение интенсивности предшествующей деятельности левой руки до больших и предельных величин вызывает обратное действие, т. е. понижение работоспособности правой руки. У пожилых лиц в этих условиях мышечная работоспособность понижается на $35,7 \pm 3,5\%$, у молодых — на $15,1 \pm 1,58\%$.

Сопоставление изменений мышечной работоспособности под влиянием предварительных усилий у лиц разного возраста показало существенные различия развивающихся сдвигов у молодых и пожилых лиц.

Полученные нами данные показали, что и в использованной форме опыта сдвиги мышечной работоспособности подчиняются той же закономерности, которая проявляется в классической форме реализации феномена Сеченова.

Принципиальное сходство закономерностей влияния феномена Сеченова в различных условиях указывает на общность существенного звена влияния «профилактического» активного отдыха с действием этого же фактора на фоне утомления.

Physiological Analysis of the Effect of Preceding Muscular Efforts on the Capacity of Unfatigued Muscles

I. V. Muravov and F. T. Tkachev

Laboratory of motor regimen physiology of the Institute of Gerontology and Experimental Pathology of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev

Summary

The authors studied the capacity of the flexor muscles of the right forearm under the effect of preceding work of the symmetrical muscles of the left arm in young (14—26 years) and old (60—79 years) subjects. The ergography method was used under conditions of repeated dynamic work.

The investigation revealed a number of regularities of the effect of preceding work of some muscle groups on the capacity of others. The nature of the effect of the preceding work on the capacity of unfatigued muscles in both young and old subjects depends on the intensity of the previous activity. In old persons muscular capacity is reduced under these conditions by 35.7 ± 3.5 p. c.; in young subjects, by 15.1 ± 1.58 p. c.

Comparison of the changes in muscular capacity under the effect of preceding efforts in persons of various age showed substantial differences in the alterations developing in young and old subjects.

The data obtained showed that in the given experiment the alterations in muscular capacity is subject to the same laws as those manifested in the classical form of realization of Sechenov's phenomenon.

The essential similarity of the regularity of the effect of Sechenov's phenomenon under various conditions indicates that the effect of «prophylactic» active rest and the action of this same factor on a background of fatigue have a common basis.

Про зміну д показників при

М. І.

Лабораторія фізіології

Вивчення змін стивостей крові пр істотний інтерес дл гострому порушенн

Найвн з цього встановлені причин ді інфаркту міокар порушенням скоро 1945; Купфер, 1951 лапсу (Фішберг, 19

При вивченні г значає в перші дні трофільний лейкоц кова, 1949; Гельшт

Дані, що стосу Гротель (1940), Гел

у кількості еритро да, як правило, не дні захворювання

Волк і Лоснер (195 крові. Наростання також Золотова-Ко

до зміни кількості літературні дані та

Панченко, 1957). О реджена до вивчен

шість авторів вказу дні розвитку інфар

Раєвська і Влади (Ноздрюхіна, 1956

ня. При дослідженн закономірне приск

1956).

Наше дослідженн ментальний інфаркт м артерії методом затягу 7—10 днів до її оклю