

Залежність між функціональним станом нервових центрів і відновною дією активного відпочинку

І. В. Муравов

Класичні праці І. М. Сеченова, виконані ним на межі XIX і XX століть, склали основу дальших досліджень з проблеми активного відпочинку. Виявлений І. М. Сеченовим факт посилення процесу відновлення працездатності втомленої руки при її відпочинку, що супроводжується роботою другої руки або ніг, а також тетанізацією руки, в дальшому дістав назву сеченовського феномена. Своєрідну форму відпочинку втомленої кінцівки, що використовувалася при цьому, стали називати активним відпочинком. Відзначивши це цікаве і в певній мірі парадоксальне явище, І. М. Сеченов дав йому таке пояснення. Причиною повнішого відновлення працездатності втомленої руки він вважав рефлекторні впливи, що виникають при рухах кінцівки або при подразненні її. Ці нервові імпульси, як вказував І. М. Сеченов, «заряджають енергією нервові центри». Таке розуміння механізму явища активного відпочинку дістало цілковите підтвердження в усіх пізніше виконаних дослідженнях.

На відміну від праць зарубіжних авторів (Моссо, Фере, Ульманн та ін.), що характеризувалися недостатньою об'єктивністю методики, більшість радянських дослідників продовжувала розроблювати проблему активного відпочинку, використовуючи класичну методику І. М. Сеченова. При цьому був зібраний великий фактичний матеріал, який значно сприяв дальшому з'ясуванню механізму активного відпочинку. Було виявлено, що сеченовський феномен зростання працездатності втомлених м'язів має місце і при статичній роботі (Маршак, Розенблат та ін.), що благотворний вплив активного відпочинку характеризується тривалою післядією (Маршак, Нарікашвілі і Чахнашвілі та ін.). Було виявлено також, що сам процес відновлення працездатності при активному відпочинку відбувається швидше, ніж при пасивному відпочинку (Трахтенберг і Савицький). Поряд з цим цілий ряд дослідників відзначив, що активний відпочинок не завжди виявляється ефективним, а іноді навіть, якщо порівнювати його з пасивним відпочинком, явно несприятливо впливає на працездатність втомлених м'язів (Маршак, Попов, Нарікашвілі і Чахнашвілі, Крпівінцева, Трахтенберг і Савицький).

Праці радянських дослідників, присвячені проблемі активного відпочинку, дозволили також висвітлити питання про фізіологічний механізм сеченовського феномена. Більшість авторів приєднується до висновку Г. В. Фольборта, що в основі активного відпочинку лежить «посилення гальмування в центрі втомленої кінцівки, викликане діяльністю другої сторони. Це «посилення гальмування... і є тим самим відновним

моментом, який І. М. Сеченов у своїх дослідях назвав «зарядженням енергією нервових центрів» (Г. В. Фольборт).

Працюючи під керівництвом Г. В. Фольборта над вивченням явища активного відпочинку, ми, звичайно, підійшли до описаних явищ з точки зору взаємовідношень трофічних процесів — процесів втоми і відновлення — і залежності їх від функціонального стану нервових центрів. Рядом досліджень, виконаних в лабораторіях, керованих Г. В. Фольбортом (Фуголь, Семерніна, Фольборт і Семерніна, Фольборт і Зольнікова, Путілін, Черкес, Фролькіс, Ваколюк та ін.) було встановлено, що інтенсивність відновних процесів у тканинах у великій мірі залежить від функціонального стану кори головного мозку. Тому і здавалось цілком можливим припустити, що відзначений рядом авторів різний вплив активного відпочинку, а також факт втрачання активним відпочинком благотворної дії, можливо, пояснюється впливом різної глибини (фази) процесу гальмування у відповідних центрах на перебіг трофічних процесів. Інтерес вивчення явища активного відпочинку з позицій вчення про нервову трофіку пояснювався ще однією обставиною. Відзначений рядом авторів факт переходу позитивного ефекту активного відпочинку в негативний є дуже інтересним для вивчення явищем в зв'язку із схожістю його з іншими, відзначеними Г. В. Фольбортом та його співробітниками випадками, коли процес гальмування втрачає свої відновні властивості.

Дане повідомлення є фрагментом роботи, яка мала на меті за допомогою методу активного відпочинку вивчити вплив поступового поглиблення гальмування в центрах стомленої кінцівки на взаємовідношення між процесами втоми і відновлення. Виходячи з поглядів Г. В. Фольборта про те, що швидкість розвитку процесу втоми є одним з основних подразників відновлення, ми поклали це положення в основу вивчення взаємовідношень між процесами втоми і відновлення.

Методика. Досліди провадились на ергографах, пристосованих для запису роботи м'язів передпліччя. Робота полягала в підніманні в певному ритмі (60 раз в 1 хв.) під метроном вантажів різної ваги як правою, так і лівою рукою. Як звичайно, вплив активного відпочинку вивчали на стомленій правій руці, робота ж лівої руки створювала умови для активного відпочинку правої. Права рука працювала 2 хв., потім відпочивала (активний або пасивний відпочинок) 1 хв., після чого протягом 2 хв. знову виконувалась робота правою рукою.

Для диференціювання швидкості розвитку процесу втоми була використана робота правої руки з різними навантаженнями, які підбирали індивідуально. Для повільного розвитку процесу втоми були використані такі вантажі, з якими досліджувані могли працювати довгий час (не менше 20—25 хв.). В наших умовах це були вантажі вагою до 2—4 кг. Щоб досягти середньої швидкості розвитку процесу втоми були використані вантажі, з якими можна було працювати 10—15 хв. Для цього вантаж був збільшений до 4 кг. Для швидкого розвитку процесу втоми були взяті вантажі, з якими робота правої руки припинялась через 3—6 хв. (від 4 кг і більше).

Під час роботи ергограму закривали від досліджуваного екраном. Досліди провадились щодня в той самий час. Було досліджено 8 чоловіків і жінок віком від 20 до 27 років. Всього проведено близько 200 досліджень.

Результати досліджень

Нами було помічено, що при повільному розвитку процесу втоми (робота правої руки з малими вантажами і робота лівої руки з невеликими вантажами під час відпочинку правої руки) активний відпочинок «малої інтенсивності» не завжди виявлявся ефективнішим, ніж пасивний відпочинок правої руки. Так, у половини досліджених повніше відновлення працездатності стомленої руки спостерігалось при активному її відпочинку, у решти — сприятливішим виявився пасивний від-

починок. При повторних дослідженнях іноді помічалось протилежне співвідношення.

Отже, при повільному розвитку процесу втоми відновний вплив активного відпочинку на працездатність однієї руки при роботі другої руки з малим вантажем в наших дослідженнях помітно не відрізнявся від впливу пасивного відпочинку. Типові взаємовідношення ефективності активного і пасивного відпочинку в цих умовах можна бачити на рис. 1, де показані результати дослідження гр-ки Ф. Права рука досліджуваної виконувала роботу з вантажем в 2 кг, активний відпочинок

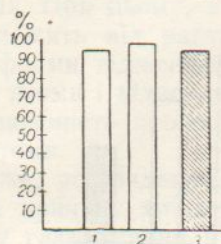


Рис. 1. Ефективність активного і пасивного відпочинку у досліджуваної Ф. при роботі обох рук з малими вантажами.

1 і 2 стовпці — пасивний відпочинок; 3 — активний відпочинок.

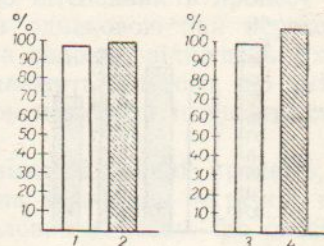


Рис. 2. Зміна ефективності активного відпочинку у досліджуваного О. при збільшенні вантажу на лівій руці з 1 кг (1, 2 стовпці) до 2 кг (3 і 4 стовпці).

створювався роботою лівої руки з вантажем в 1 кг. На рис. 1, як і на інших, білі стовпці відбивають співвідношення працездатності стомленої правої руки після пасивного, а заштриховані стовпці — після активного відпочинку в порівнянні з працездатністю перед відпочинком, прийнятою за 100%. Висока працездатність правої руки після відпочинку пояснюється повільним розвитком процесу втоми, який протягом 2 хв. лише в незначній мірі знижував функціональну здатність м'язів. Вказані взаємовідношення змінювались при збільшенні інтенсивності роботи лівої руки. При цьому чітко виявився сприятливий ефект активного відпочинку.

На рис. 2 наведені порівняльні дані про ефективність активного і пасивного відпочинку правої руки при постійних умовах її роботи (вантаж на праву руку не міняється). Інтенсивність роботи лівої руки під час відпочинку правої визначалася в першому досліді вантажем в 1 кг, в другому вона була збільшена до 2 кг. З наведеного графіка видно, що збільшення інтенсивності роботи лівої руки під час відпочинку правої супроводжується посиленням відновного впливу активного відпочинку в порівнянні з пасивним відпочинком. Якщо при вантажі для лівої руки в 1 кг не було помітної різниці між дією активного і пасивного відпочинку (відповідно 97% і 99% відновлення працездатності), то при збільшенні вантажу до 2 кг активний відпочинок став значно сприятливіше впливати на відновлення працездатності (відповідно 99% і 107%).

Отже, при збільшенні інтенсивності роботи лівої руки при відпочинку правої, яка виконувала роботу з малими вантажами, відновна дія активного відпочинку в порівнянні з впливом пасивного відпочинку теж зростає.

Інші відношення спостерігались при відносно середній швидкості розвитку процесу втоми. При цьому активний відпочинок навіть «малої інтенсивності», тобто робота лівої руки з невеликими вантажами, сприятливіше впливає на відновлення працездатності втомленої правої

руки, ніж пасивний її відпочинок. При збільшенні інтенсивності роботи лівої руки під час відпочинку правої благотворний вплив до лівної межі зростає, після чого в ряді випадків спостерігалось зменшення ефективності активного відпочинку, а в деяких осіб сприятливий вплив активного відпочинку зовсім не був відзначений.

Рис. 3 ілюструє вказані явища. У досліджуваного М. втому правої руки викликали роботою її з вантажем у 4 кг. Активний відпочинок створювався роботою лівої руки з різними вантажами. Було встановлено, що при збільшенні вантажу на лівій руці до 5 кг сприятливий вплив

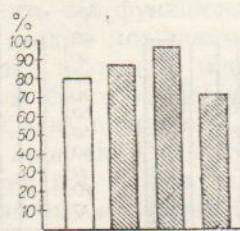


Рис. 3. Зміна ефективності активного відпочинку у досліджуваного М. при збільшенні вантажу на лівій руці.

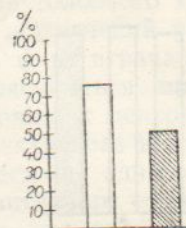


Рис. 4. Падіння відновної дії активного відпочинку у досліджуваного М. при роботі обох рук з великими вантажами.

активного відпочинку зростає (відновлення працездатності збільшувалось від 87% до 96%), набагато перевершуючи відновну дію пасивного відпочинку, який відновлює працездатність лише на 80%. Проте при дальшому збільшенні інтенсивності роботи лівої руки ефективність відновної дії активного відпочинку знижувалася до 71%. В цьому випадку ефективнішою виявлялась дія пасивного відпочинку стомлених м'язів.

При відносно швидкому розвитку втоми не було значної різниці в процесі відновлення працездатності стомленої правої руки, якщо ліва рука виконувала роботу з малими вантажами. Проте на відміну від попередньої серії дослідів при збільшенні інтенсивності роботи лівої руки ефективність активного відпочинку здебільшого не зростала, а зменшувалась. При цьому значно скоріше наставав перехід позитивної дії активного відпочинку в негативну — пасивний відпочинок відновлював працездатність більше, ніж активний. Так, у досліджуваного М. робота лівої руки з вантажем в 4 кг негативно впливала на відновлення працездатності втомленої правої руки (рис. 4). Працездатність після активного відпочинку в порівнянні з пасивним відпочинком була значно знижена, становлячи при пасивному відпочинку 76%, а при активному — 51%. Цікаво, що це явище нерідко супроводжувалось сильною втомою, неприємними відчуттями або навіть болем в м'язах під час роботи.

Обговорення результатів досліджень

Обговорюючи результати дослідів, ми виходили з того, що активний відпочинок — робота лівої руки — є фактором, який в основному створює різну глибину гальмування в центрах стомленої кінцівки. Робота правої руки, точніше різна швидкість розвитку втоми при її роботі, становить різної сили подразник для відновних процесів. Це положення, однак, не виключає того, що і робота правої руки може спричинити розвиток гальмування в центрах.

Одержані нами результати цілком узгоджуються з даними ряду дослідників (Попов, Нарікашвілі і Чахнашвілі, Крапівінцева, Трахтенберг і Савицький), які при певних умовах спостерігали перехід позитивного впливу активного відпочинку в негативний. Механізм виникнення цього явища стає зрозумілим в світлі праць Г. В. Фольборта та його співробітників, які встановили основні закономірності процесів втоми і відновлення і залежність їх від функціонального стану центра. З цих позицій зміна працездатності стомленої руки при різних формах її відпочинку є результатом зміни інтенсивності процесів втоми і відновлення. При цьому, в зв'язку з тим що інтенсивність процесу втоми, яка залежить від вантажу, залишається однаковою при переході від однієї форми відпочинку до другої, зміна силових відношень між процесами втоми і відновлення, очевидно, залежить від того, що змінюється інтенсивність процесів відновлення при незмінній інтенсивності процесів втоми.

Отже, розглядаючи втому як подразник відновних процесів, треба шукати причину зміни силових відношень між ними в різній глибині процесу гальмування в центрах кори головного мозку, що опосередковують трофічні процеси в стомлених м'язах.

Праця Н. К. Верещагіна і В. В. Розенблата, які методом умовних рефлексів відтворили феномен Сеченова, може служити доказом того, що трофічні процеси в м'язах регулюються центрами кори головного мозку. Очевидно, в ході розвитку гальмування в центрах стомленої руки при активному її відпочинку можуть виникати ті чи інші фазові стани, які своєрідно порушують силові відношення між трофічними процесами в стомлених тканинах.

Той факт, що при повільному розвитку процесу втоми (тобто при слабому подразнику відновних процесів) позитивний сеченовський ефект не переходить у негативний навіть при значному збільшенні інтенсивності роботи лівої руки під час активного відпочинку, пояснюється силовими відношеннями між слабим подразником і реакцією на нього при поступовому поглибленні гальмування в центрі. Як відомо, навіть якщо в центрах розвивається зрівняльна або парадоксальна фаза, — слабкий подразник не втрачає своєї ефективності. Підвищення сприятливого впливу активного відпочинку при збільшенні вантажу на ліву руку добре узгоджується з уявленням про перехід центра із зрівняльної фази в парадоксальну.

Відсутність виразної сприятливої дії активного відпочинку при швидкому розвитку процесу втоми правої руки при малій «інтенсивності» активного відпочинку можна пояснити зрівнянням дії сильного трофічного подразника, яке повинно мати місце при неглибокому процесі гальмування в центрі (зрівняльна фаза). При дальшому ж поглибленні процесу гальмування (парадоксальна фаза) його ефективність повинна закономірно знизитись, що і виявляється в переході позитивного впливу активного відпочинку в негативний.

Отже, при різній глибині процесу гальмування в центрах в умовах активного відпочинку нами відзначені фазові явища у взаємовідношеннях процесів втоми і відновлення. Наведений фактичний матеріал дозволяє висловити припущення, що в основі активного відпочинку лежить зміна силових відношень між трофічними процесами — процесами втоми і відновлення — фазовим станом відповідних центрів. Таке уявлення про механізм сприятливої дії активного відпочинку дозволяє разом з тим пояснити закономірний перехід позитивного сеченовського ефекту в негативний. Тим самим в деякій мірі стає зрозумілим один з випадків

втрата процесом гальмування своєї відновної дії. Це тлумачення дуже близьке до поглядів ряду авторів, які пояснюють відсутність сприятливого впливу активного відпочинку особливостями процесу гальмування (Трахтенберг і Савицький та ін.). При цьому нами враховуються зміни як в центрах, так і в стомлених тканинах, і той чи інший кількісний або якісний ефект активного відпочинку пояснюється лише взаємодією цих двох факторів.

Наведений матеріал підтверджує в іншій методичній формі залежність профічних процесів від функціонального стану центрів і, разом з тим, дозволяє висловити припущення, що метод активного відпочинку може бути використаний для вивчення цієї залежності.

ЛІТЕРАТУРА

- Сеченов И. М., К вопросу о влиянии раздражения чувствующих нервов на мышечную работу человека, Собр. соч., т. 1, М., 1907.
 Фольбогт Г. В., Сб. тр. Укр. психоневр. инст., 1946; Доклад на научной сессии Академии наук УССР 1—3 ноября 1950; Сб. тр. кафедры норм. физиол. КМИ, 1951.
 Фольбогт Г. В. и Зольникова Е. С., Физиол. журн. СССР, 1938.
 Фольбогт Г. В. и Семернина А. В., Сб. тр. Укр. психоневр. инст., 1946.
 Ваколюк Н. И., Вопр. физиол., № 6, 1953.
 Верещагин Н. К., Теория и практика физич. культ., № 9, 1953.
 Маршак М. Е., Физкультура и соц. строительство, № 10—11, 1932.
 Нарикашвили С. П., Теория и практика физич. культ., № 7, 1953.
 Нарикашвили С. П. и Чахнашвили Ш. А., Теория и практика физич. культ., № 7, 1947.
 Попов Г. В., Физиол. журн. СССР, вып. 5, 1939.
 Розенблат В. В., Канд. дисс. (автореферат), 1953.
 Семернина А. В., Сб. тр. Укр. психоневр. инст., 1946.
 Трахтенберг И. М. и Савицкий И. В., Тезисы докл. на науч. сессии Киев. инст. гигиены труда и профзабол., 1954.
 Фролькис В. В., Вопр. физиол., № 5, 1952.
 Фуголь О. М., Сб. тр. каф. норм. физиол. ХМИ, 1941.
 Черкес В. А., Канд. дисс., 1950.
 Fere, Travail et plaisir, 1904, Paris.
 Моссо, «Усталость», 1893.
 Uhlmann, Pfl. Arch., 1912.
 Київський медичний інститут ім. акад. О. О. Богомольця,
 кафедра нормальної фізіології.

Зависимость между функциональным состоянием нервных центров и восстанавливающим действием активного отдыха

И. В. Муравов

Резюме

Установленный И. М. Сеченовым факт усиления процесса восстановления работоспособности утомленной руки при отдыхе ее, сопровождающемся работой другой руки или ног, — в дальнейшем был назван сеченовским феноменом. Отметив это интересное и в известной мере парадоксальное явление, И. М. Сеченов дал ему следующее объяснение: причиной более полного восстановления работоспособности утомленной руки нужно считать рефлекторные влияния, которые возникают при движении конечности или раздражении ее; эти нервные импульсы, по словам И. М. Сеченова, «заряжают энергией нервные центры». Такое понимание механизма явления активного отдыха было подтверждено последующими работами.

Советскими исследователями (Маршак, Попов, Нарикашвили и Чахнашвили, Крапивинцева, Верещагин и Розенблат, Трахтенберг и Савицкий и др.) собран большой фактический материал, который во многом способствовал дальнейшему выяснению механизма активного отдыха. В частности, рядом авторов было отмечено, что активный отдых не всегда оказывается эффективным, а иногда, если сравнивать его с влиянием пассивного отдыха, даже оказывает явно неблагоприятное воздействие на восстановление работоспособности утомленных мышц.

В понимании физиологического механизма активного отдыха большинство авторов в настоящее время присоединяется к выводу Г. В. Фольборта о том, что в основе активного отдыха лежит «усиление торможения в центре утомленной конечности, вызванное деятельностью другой стороны». Это усиление торможения «является тем восстанавливающим моментом, который И. М. Сеченов в своих опытах назвал «заряжением энергией нервных центров» (Г. В. Фольборт).

Г. В. Фольборт и его сотрудники показали, что интенсивность восстановительных процессов в тканях в большой мере зависит от функционального состояния коры головного мозга. Поэтому, изучая вопросы активного отдыха, мы подошли к описанным явлениям с точки зрения изучения взаимоотношений трофических процессов — процессов утомления и восстановления — и их зависимости от функционального состояния нервных центров. Мы считали возможным предположить, что отмеченное рядом авторов различное влияние активного отдыха, а также и сам факт потери активным отдыхом своего благотворного действия, быть может, объясняется влиянием различной глубины (фазы) тормозного процесса в соответствующих центрах на течение трофических процессов. Изучение проблемы активного отдыха с позиций учения о нервной трофике представляло, кроме того, значительный интерес ввиду сходства явления потери активным отдыхом своего благотворного восстанавливающего влияния с отмеченными Г. В. Фольбортом и его сотрудниками случаями потери процессом торможения своих восстанавливающих свойств.

Настоящее сообщение представляет собой фрагмент работы, целью которой являлось изучение при помощи метода активного отдыха влияния постепенного углубления торможения в центрах утомленной конечности на интенсивность процессов утомления и восстановления.

Исследования проведены на эргографах, приспособленных для записи работы мышц предплечья. Влияние активного отдыха изучалось на утомленной правой руке, работа же левой руки создавала условия для активного отдыха. Утомление правой руки путем соответствующего подбора грузов производилось с различной скоростью. Разная скорость развития утомления на основании работ Г. В. Фольборта и его сотрудников рассматривалась как различной силы раздражитель восстановительных процессов.

Медленно развивающийся процесс утомления, являющийся слабым раздражителем восстановительных процессов, по мере повышения интенсивности работы левой руки во время отдыха правой (т. е. тогда, когда есть основания предполагать возникновение и углубление процесса торможения в центрах утомленной правой руки) становится более эффективным. Этот факт хорошо согласуется с представлением об изменении силовых отношений между слабым раздражителем и ответной реакцией при переходе к уравнительной и парадоксальной фазам состояния центра.

При быстром развитии процесса утомления, т. е. в случае действия сильного раздражителя восстановительных процессов, выраженное благотворное действие активного отдыха при малой его «интенсивности» отмечено не было. Этот факт можно объяснить уравниванием действия сильного трофического раздражителя, которое должно иметь место при неглубоком тормозном процессе в центре (уравнительная фаза). При дальнейшем же углублении процесса торможения до парадоксальной фазы должно закономерно наступать падение его эффективности, что, повидимому, и проявляется в переходе положительного влияния активного отдыха в отрицательное.

Полученные нами результаты показывают, что при различной глубине процесса торможения в центрах в условиях активного отдыха наблюдаются фазовые явления во взаимоотношениях процессов утомления и восстановления, определяющих более или менее благоприятное действие активного отдыха. Это позволяет вместе с тем объяснить закономерно наблюдающийся переход положительного сеченовского эффекта в отрицательный. Тем самым проливается свет на один из случаев потери процессом торможения своего восстанавливающего действия.

Предлагаемое нами объяснение в основном совпадает со взглядами ряда авторов, которые объясняют отсутствие благотворного влияния активного отдыха особенностями процесса торможения (Трахтенберг и Савицкий и др.). Вместе с тем при этом учитываются изменения как в центрах, так и в утомленных тканях, а тот или иной количественный или качественный эффект активного отдыха объясняется лишь взаимодействием этих двух факторов.

Приведенный фактический материал позволяет высказать предположение, что в основе физиологического механизма явлений активного отдыха лежит изменение силовых отношений между трофическими процессами — процессами утомления и восстановления, причиной которого является фазовое состояние соответствующих центров.

Настоящая работа подтверждает в иной методической форме зависимость трофических процессов от функционального состояния центров и, вместе с тем, позволяет считать возможным использование метода активного отдыха для изучения этой зависимости.