

## ТКАНЕВОЙ И СОСУДИСТЫЙ КОМПОНЕНТЫ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ

*Кобза М. Т., Симферопольский государственный университет*

Восстановление функций организма после физических нагрузок представляет собой процесс, обеспечиваемый не только реакциями кровообращения и дыхания [1-5], но и, прежде всего, восстановительными процессами в самих тканях. В том, что это так, можно убедиться на утомленной электрическими стимулами изолированной мышце лягушки: через некоторое время, находясь в физиологическом растворе, она возобновляет способность сокращаться.

Известно, что физическая тренировка является мощным стимулятором восстановительных процессов [6-12]. Однако, в доступной литературе мы не нашли работ, в которых было бы выяснено, в какой мере стимуляция процессов функционального восстановления при занятиях физическими упражнениями связана с усилением – а, может быть, и улучшением – кардиореспираторной функции, и в какой мере – с улучшением восстановительных процессов в самих тканях.

Для ответа на этот вопрос были предприняты исследования, составившие содержание настоящей работы. В исследованиях на 17 молодых практически здоровых мужчинах в возрасте 20-24 лет изучалось влияние занятий физическими упражнениями на тканевый и сосудистый факторы восстановительных процессов при мышечной деятельности. Нагрузки с весом в 1/8 от показателя динамометрии кисти у испытуемых выполнялись на кистевом эргографе конструкции И.В.Муравова и сотр. [13], причем работа выполнялась в ритме 60 сокращений в минуту до утомления. После одноминутного перерыва работа продолжалась. С целью выделения тканевого фактора восстановления в период отдыха блокировался при помощи сфигмоманометрической манжеты кровотока в сосудах плеча по методу Веландера [14]. Сопоставление восстанавливающего действия отдыха, рассчитываемого как отношение работы, выполненной после отдыха, к исходной работе, в условиях нормального и выключенного кровотока позволяло количественно оценить вклад тканевого и сосудистого факторов восстановления до и после месячного периода физической тренировки, которая осуществлялась в виде ежедневной работы на кистевом эргографе (5 периодов работы до утомления с одноминутными перерывами). Для оценки «сердечной стоимости» работы при помощи электрокардиографической регистрации частоты сердечных сокращений (чсс) по методу Нэба-Бутченко [15] определялся прирост сердечных сокращений за период работы и минуты последующего отдыха. Относя рабочую надбавку к величине выполненной работы в кгм, мы оценивали «сердечную стоимость» работы в показателе чсс/кгм.

Результаты исследований позволили оценить относительную величину тканевого фактора восстановления во всем реституционном процессе. Если в обычных условиях, т.е. при ненарушенном во время отдыха кровотоке, восстанавливающее действие отдыха составляет 66,79%, а при заблокированном кровотоке – 46,14 %, то это значит, что собственно на сосудистый фактор восстановления во время минут-

ного отдыха приходится 20,65 %, т.е. около 1/5 доли всего восстановления, которое реализуется в этом периоде (табл. 1). Такая сравнительно небольшая величина вклада сосудистого фактора находит свое объяснение в том, что кровообращение в утомленных мышцах блокируется лишь в периоде отдыха, причем после такого блокирования – как показано И.В.Муравовым [6] – развивается реактивная гиперемия. Реализующаяся на ее фоне работа оказывается в условиях лучшего кровоснабжения мышц [16], что в какой-то мере «нейтрализует» неблагоприятное влияние отключающегося кровотока.

Таблица 1

Показатели работоспособности и восстанавливающего действия отдыха в условиях нормального и блокированного кровообращения до и после физической тренировки, М ± m

| Период                        | Условия нормального кровообращения |                          |                             | Условия блокированного кровообращения |                          |                             |
|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
|                               | Работа до отдыха, кгм              | Работа после отдыха, кгм | Восстан. действие отдыха, % | Работа до отдыха, кгм                 | Работа после отдыха, кгм | Восстан. действие отдыха, % |
| До тренировки                 | 106,24<br>± 3,08                   | 71,76<br>± 4,41          | 66,79<br>± 3,22             | 105,82<br>± 3,04                      | 49,94<br>± 3,63          | 46,14<br>± 2,70             |
| После тренировки              | 117,29<br>± 3,44                   | 87,06<br>± 4,73          | 73,64<br>± 3,05             | 118,18<br>± 3,88                      | 68,65<br>± 3,77          | 56,36<br>± 2,64             |
| Достоверность различий, t и p | 2,39<br>< 0,025                    | 3,23<br>< 0,005          | 1,54<br>> 0,2               | 2,51<br>< 0,025                       | 2,81<br>< 0,01           | 2,71<br>< 0,01              |

Полученные результаты свидетельствуют также об увеличении относительного вклада тканевого фактора восстановления в процесс функциональной реституции после физической нагрузки под влиянием физической тренировки. Так, если до физической тренировки восстанавливающее действие отдыха при блокировании кровообращения в периоде минутного отдыха после физической нагрузки снижалось с  $66,79 \pm 3,22$  до  $46,14 \pm 2,70$  %, т.е. на 20,65 % или на 30,9 % от исходной величины этого показателя, то после физической тренировки соответствующее уменьшение – с  $73,64 \pm 3,05$  до  $56,36 \pm 2,64$  % – составило лишь 17,28 %, т.е. снижалось лишь на 23,5 % от исходной величины восстанавливающего действия отдыха. Если отнести величину экономизации этого показателя в условиях блокирования кровообращения после тренировки к соответствующему показателю до тренировки, то становится ясно, что тренировка уменьшает неблагоприятное влияние выключения сосудистого фактора на 23,9 % ( $30,9 - 23,5/30,9$ , т.е. 23,9 %).

Проведенные исследования позволили также с иной стороны оценить роль сосудистого фактора в обеспечении функциональной реституции после физических нагрузок. Так, «сердечная стоимость» одного кгм работы после отдыха при переходе от нормальных условий к условиям блокированного кровообращения возрастает с  $2,48 \pm 0,11$  до  $2,94 \pm 0,14$  час/кгм (t различий 2,52; p < 0,025), т.е. на 18,5 % (табл. 2).

Иначе говоря, и при оценке «сердечной стоимости» работы, как проявления «внетканевых» факторов поддержания работоспособности и реституции, так и в условиях блокирования кровотока обнаруживаются близкие показатели «вклада»

этих факторов в реституционный процесс - в пределах 18,5-20,7 % суммарной величины восстанавливающего действия отдыха.

Таблица 2

«Сердечная стоимость» одного кгм работы в условиях нормального и блокированного кровообращения до и после физической тренировки, чсс/кгм,  $M \pm m$

| Период исследования           | Условия нормального кровообращения |                    | Условия блокированного кровообращения |                    |
|-------------------------------|------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|
|                               | до отдыха                          | после отдыха       | до отдыха                             | после отдыха       |
| До тренировки                 | 2,24<br>$\pm 0,08$                 | 2,48<br>$\pm 0,11$ | 2,25<br>$\pm 0,08$                    | 2,94<br>$\pm 0,14$ |
| После тренировки              | 1,97<br>$\pm 0,06$                 | 2,20<br>$\pm 0,08$ | 2,01<br>$\pm 0,06$                    | 2,52<br>$\pm 0,11$ |
| Достоверность различий, t и p | 2,70<br>< 0,025                    | 2,06<br>< 0,05     | 2,40<br>< 0,025                       | 2,35<br>< 0,025    |

Как было показано выше (табл. 1), физическая тренировка приводит к стимуляции тканевого фактора восстановления. Это проявляется в некотором «освобождении» восстановительного процесса от зависимости со стороны сосудистого обеспечения реституции. В иной форме такое «освобождение» выявляется в показателях «сердечной стоимости» работы: «сердечная стоимость» работы под влиянием тренировки существенно снижается, причем это снижение свойственно нагрузкам, выполняемым в условиях и нормального, и блокированного кровоснабжения мышц.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что тканевый и сосудистый факторы восстановления теснейшим образом взаимосвязаны. Нет сомнения в том, что усиление восстановительных процессов в тканях, обеспечиваемое стимуляцией процессов метаболизма [17-20], ослабляет запросы к кардиореспираторной системе. Как видно из наших исследований, работа сердца при этом облегчается в среднем на 10,2-14,3 %, т.е. примерно на 1/8. Основное значение во всей совокупности формирующихся под влиянием физической тренировки процессов, по-видимому, принадлежит тканевому фактору. Об этом свидетельствуют как преобладающий вклад этого фактора в поддержание мышечной работоспособности, так и более выраженные изменения его под влиянием физической тренировки. Очевидно, основной «мишенью» воздействия физической тренировки на организм являются изменения, происходящие на клеточном и тканевом уровне, а экономизация кардиореспираторной функции [1, 3, 7, 8, 10, 11, 19, 20] является в значительной мере следствием снижающихся тканевых запросов.

Результаты проведенных исследований позволяют объяснить ряд явлений, описанных специалистами физиологии спорта и спортивной медицины. Становится ясно, что спортивная брадикардия, как и гипотония у спортсменов [3, 5, 7, 19, 20], являются следствием первичных изменений в тканях, снижающих потребности в их гемодинамическом обеспечении. С этой же точки зрения развитие гипертензии и гипертонического типа реакций у спортсменов можно, по-видимому, оценить как результат увеличения запросов к сосудистому фактору восстановления в результате первичного ослабления трофики в тканях вследствие чрезмерных физических нагрузок.

**Литература**

1. Astrand P.-O., Rodahl K. Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise. New York: St. Louis: McGraw-Hill, 1977. - 681 p.
2. Бреслав И.С., Исаев Г.Г., Миняев В.И. О механизмах регуляции дыхания при мышечной деятельности // Успехи физиол. наук. - 1979. - 10, 3. - С. 87-104.
3. Карпман В.Л., Любина Б.Г. Динамика кровообращения у спортсменов. М.: Физкультура и спорт, 1982. - 135 с.
4. Озолин П.П. Адаптация сосудистой системы к спортивным нагрузкам. Рига: Зинатне, 1984. - 134 с.
5. Муравов І.В., Хромінський З. Вплив фізичних навантажень на організм // Лікувальна фізкультура та спортивна медицина / Підручник для студентів вищих навчальних медичних закладів. Київ: Здоров'я, 1995. - С. 14-29.
6. Муравов И.В. Физиологический анализ регуляции мышечной работоспособности при старении организма // Вопросы геронтологии и гериатрии. Т. 2. Киев, 1962. - С. 88-98.
7. Муравов И.В. Оздоровительные эффекты физической культуры и спорта. - К.: Здоровья, 1989. - 272 с.
8. Булич Э.Г. Физическая культура и здоровье. М.: Знание, 1981. - 64 с.
9. Булич Е.Г. Медико-біологічні засоби відновлення під час оздоровчого тренування і в сучасному спорті // Лікувальна фізкультура та спортивна медицина. / Підручник для студентів вищих навчальних медичних закладів. Київ: Здоров'я, 1995. - С. 76-89.
10. Nadel E. Physiological adaptation to aerobic training // Amer. Scientist. - 1985. - 73, 4. - P. 334-343.
11. Saltin B. Physiological adaptation to physical conditioning // Acta Med. Scand. - 1986. - V. 220. - Suppl. 711. - P. 11-24.
12. Kielak D., Konieczny M., Kosmol A., Perkowski K., Siwko F., Skowro ski W., Soza ski H., Iedziewski D. Wybrane elementy treningu sportowego. Pod red. H. Soza skiego. Warszawa: RSW ZG, 1987. - 216 s.
13. Муравов И.В., Сукачев Н.С., Романенко Д.И. К методике эргографии // Физиол. журнал СССР. - 1957. 43, 12. - С. 1202-1204.
14. Velander E. Einige Versuche für das Physiologische Praktikum // Scand. Arch. Physiol. - 1910. - B. 23. - S. 431-437.
15. Бутченко Л.А. Новое в методике электрокардиографического исследования спортсменов // Теория и практика физ. культуры. - 1957. - 20, 5. - С. 360-365.
16. Хаютин В.М. Функциональная гиперемия скелетных мышц // Физиология человека и животных. Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ. 1979. - С. 46-106.
17. Karlson J.B., Diamant B., Saltin B. Muscle metabolism during submaximal and maximal exercise in man // Scand J. clin. lab. Invest. - 1970. - V. 26, № 4. - P. 385-394.
18. Hermansen L. Muscle metabolism during exercise. - New York: Plenum, 1971. - P. 401-407.
19. Hollmann W., Hettinger T. Sportmedizin Arbeits- und Trainingsgrundlagen. - Stuttgart-New York. - 1986. - 773 s.
20. Мищенко В.С. Функциональные возможности спортсменов. К.: Здоровья, 1990. - 200 с.