

УДК 612.76

Вахур ЭЭПИК, Атко ВИРУ

СПЕЦИФИЧНОСТЬ АДАПТИВНОГО ПРОТЕИНОСИНТЕЗА ПРИ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЕ

Основой перехода от срочной к долговременной адаптации является усиление адаптивного синтеза белка, обеспечивающее увеличение массы активно функционировавших клеточных структур (Меерсон, 1973). Адаптивный протеиносинтез рассматривается также как основа изменений в организме, развивающихся при тренировке и обеспечивающих повышение работоспособности мышц (Виру, 1981). В период отдыха наблюдается усиление протеиносинтеза в работавших мышцах и интенсивное обновление сократительных белков (Виру, Варрик, 1986; Seene и др., 1986). Предполагается, что тренировка эффективна только тогда, когда наступает общее усиление протеиносинтеза в мышцах. Для проверки этого положения была поставлена серия экспериментов на крысах. Исходя из современных положений (Платонов, 1986), эксперимент по тренировке крыс состоял из микроциклов (5 дней нагрузки и 2 дня восстановления).

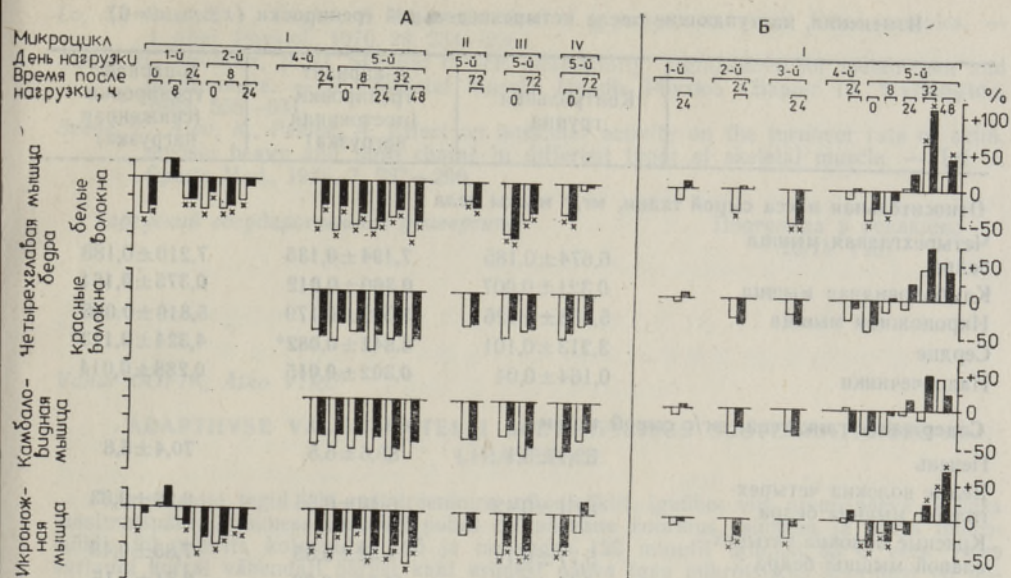
Методика исследования

Тренировка крыс линии 'Вистар' предусматривала плавание по 5 дней в течение четырех недель. Проводили два режима тренировок: А — в первые две недели продолжительность плавания составляла 90 мин, в третью — 105 мин, в четвертую — 120 мин. Б — в первые два дня каждой недели продолжительность плавания не меняли, а в три последние дня — сокращали на 60 мин. Непосредственно после нагрузок, а также после восстановления (рисунок), из всех плававших выделяли по 3—6 крыс, которым за 2 ч до декапитации вводили *in vivo* меченый тирозин в четырех равных дозах для определения интенсивности синтеза белка. Интенсивность синтеза белка как в миофибриллярной, так и в саркоплазматической фракциях мышц определяли по методу П. А. Дюстера (Deuster и др., 1985).

Через 72 ч после окончания четырехнедельной тренировки у части крыс определяли работоспособность — предельную продолжительность плавания, у другой части — физиологические изменения в организме — массу мышц, миокарда и надпочечников, содержание белка в мышцах (биуретовый метод, Coghall и др., 1949), гликогена в печени и мышцах (Lo и др., 1970) и активность сукцинатдегидрогеназы в мышцах (Kup, Abood, 1949).

Результаты исследования и обсуждение

Ежедневная тренировочная нагрузка привела к продолжительному угнетению протеиносинтеза скелетных мышц (белые и красные волокна



Изменения интенсивности синтеза миофибриллярных (□) и саркоплазматических (■) белков в разных скелетных мышцах во время четырехнедельного тренировочного цикла с постоянной нагрузкой (А) и пятидневного цикла со сниженной нагрузкой (Б), % от контроля. Интенсивность синтеза определяли как количество меченого тирозина, включенного в белки в течение 2 ч, нМ/мг. * $P < 0,05$. Для характеристики изменений в красных волокнах четырехглавой и камбаловидной мышц использовали одну среднегрупповую величину.

четырехглавой мышцы бедра, икроножная и камбаловидная мышцы) (рисунок). Пониженную интенсивность протеиносинтеза наблюдали в течение 48 ч после первого пятидневного микроцикла, а также через 72 ч после второго и третьего, отчасти и после четвертого микроцикла тренировки по варианту А. После снижения нагрузки (вариант Б) в течение двух дней восстановления имело место повышение интенсивности протеиносинтеза против контрольного. Эти данные позволяют предположить, что А-вариант тренировки оказался чрезмерным, Б-вариант — оптимальным. Наивысшая работоспособность крыс была достигнута в конце четырехнедельной тренировки по А-варианту опыта (таблица). Вместе с тем заметно увеличилось содержание гликогена в печени и в красных волокнах мышц, активность сукцинатдегидрогеназы в красных волокнах мышц, а также относительная сырая масса мышц, сердца и надпочечников. Однако изменение сырой массы органов обусловлено накоплением воды в тканях. Истинная гипертрофия наблюдалась лишь в надпочечниках — их сухая масса увеличилась от $25,1 \pm 0,85$ мг/100 мг сырой ткани (контрольная группа) до $29,9 \pm 0,4$ в первом варианте и до $27,4 \pm 0,8$ во втором.

Полученные данные свидетельствуют о том, что общая динамика синтеза белка во время тренировок связана с проявлением адаптивного синтеза лишь некоторых белков, от которых специфически зависит увеличение работоспособности мышц. Способность к выполнению продолжительной мышечной работы в значительной степени зависит от митохондриального аппарата мышечных волокон, в особенности от красных (Saltin, Gollnick, 1983). Увеличение активности сукцинатдегидрогеназы в нашем эксперименте подтвердило усиление адаптивного протеиносинтеза при тренировке в митохондриальном аппарате. Так как количество

Изменения, наступающие после четырехнедельной тренировки ($x \pm m$, $n=6$)

	Контрольная группа	А-вариант тренировки (постоянная нагрузка)	Б-вариант тренировки (сниженная нагрузка)
Относительная масса сырой ткани, мг/г массы тела			
Четырехглавая мышца бедра	6,674 ± 0,185	7,194 ± 0,135	7,210 ± 0,188
Камбаловидная мышца	0,321 ± 0,007	0,360 ± 0,012	0,375 ± 0,161
Икроножная мышца	5,453 ± 0,126	5,589 ± 0,179	5,810 ± 0,098
Сердце	3,213 ± 0,101	3,842 ± 0,082*	4,324 ± 0,113*
Надпочечники	0,164 ± 0,04	0,302 ± 0,015	0,288 ± 0,014
Содержание гликогена, мг/г сырой ткани			
Печень	52,1 ± 3,1	83,6 ± 6,5	70,4 ± 5,8
Белые волокна четырехглавой мышцы бедра	5,61 ± 0,42	6,40 ± 0,56	8,26 ± 0,63
Красные волокна четырехглавой мышцы бедра	5,77 ± 0,74	9,52 ± 0,85	7,85 ± 0,48
Камбаловидная мышца	6,69 ± 0,61	10,53 ± 0,78	8,34 ± 1,15
Икроножная мышца	6,71 ± 0,63	8,55 ± 0,75	8,25 ± 0,67
Активность сукцинатдегидрогеназы, восстановление трифенилтетразольхлорида, мкг/мг белка			
Белые волокна четырехглавой мышцы бедра	2,58 ± 0,14	2,73 ± 0,25	2,49 ± 0,17
Красные волокна четырехглавой мышцы бедра	6,36 ± 0,51	11,26 ± 0,65*	6,59 ± 0,56*
Камбаловидная мышца	7,07 ± 0,85	10,79 ± 0,76*	6,77 ± 1,48*
Икроножная мышца	5,01 ± 0,2	6,87 ± 0,59	6,13 ± 0,94
Работоспособность (время плавания, ч)	12,8 ± 1,5	26,2 ± 2,0(1,2)	18,2 ± 1,6(1,2)

* Различие между двумя разными тренировочными группами. Выделенные полужирным шрифтом данные означают отличие от контрольной группы. $P < 0,05$.

митохондриальных белков составляет не более 5% от общего содержания белков в мышечной ткани, то естественно, что изменения в их синтезе могли не отражаться на изменениях общей интенсивности протеиносинтеза.

ЛИТЕРАТУРА

- Виру А. А. Гормональные механизмы адаптации и тренировки. Л., 1981.
 Виру А. А., Варрик Э. В. Мобилизация пластического резерва при мышечной деятельности. — Успехи совр. биол. 1986, 102, № 1, 126—141.
 Меерсон Ф. З. Общий механизм адаптации и профилактики. М., 1973.
 Платонов В. Н. Подготовка квалифицированных спортсменов. М., 1986.
 Deuster, P. A., Morrison, S. D., Ahrens, R. A. Endurance exercise modifies cachexia of tumor growth in rats. — Med. Sci. Sports Exerc., 1985, 17, 385—392.
 Gornall, A. G., Bardawill, C. J., David, M. M. Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. — J. Biol. Chem., 1949, 177, 751—766.
 Kun, E., Abood, L. G. Colorimetric estimation of succinic dehydrogenase by triphenyltetrazolium chloride. — Science, 1949, 109, 144—146.

- Lo, S., Russell, I., Taylor, A. Determination of glycogen on small tissue samples. — *J. Appl. Physiol.*, 1970, 28, 234—236.
- Saltin, B., Gollnick, P. D. Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance. — In: *Skeletal Muscle. Handb. Physiol.* Chapter 19. Washington, 1983, 555—631.
- Seene, T., Alev, K., Pehme, A. Effect on muscular activity on the turnover rate of actin, myosin heavy and light chains in different types of skeletal muscle. — *Int. J. Sports Med.*, 1986, 7, 287—290.

Тартуский государственный университет

Поступила в редакцию
28/IV 1987

Vahur ÖÖPIK, Atko VIRU

ADAPTIIVSE VALGUSÜNTEESI SPETSIIFILISUS SÜSTEEMAATILISEL LIHASETÖÖL

Wistar rotid tegid läbi neli treeningu mikrotsükli, igaühes viis ujumispäeva ja kaks taastumispäeva. Esimese variandi puhul oli päevane koormus esimeses ja teises mikrotsükli 90 minutit, kolmandas 105 ja neljandas 120 minutit ujumist 33°C vees. Teise variandi korral vähendati pärast kaht esimest päeva igas mikrotsükli koormust 60 minuti võrra. Esimese variandi tagajärg oli sarkoplasma ja müofibrillaarvalkude sünteesi pärssumine lihastes. See seisund püsis ka taastumispäevadel. Teise variandi puhul taastumispäevadel valgusüntees intensiivistus kontrolltasemest kõrgemale. Nelja treeningunädala järel suurenesid lihaste töövõime, glükogeenivarud, suksinaadi dehüdrogenaasi aktiivsus punastes lihastes ja neerupealiste kuivkaal. Need muutused olid ulatuslikumad esimese variandi puhul. Seega lihasevalkude sünteesi üldise intensiivistumise puudumine taastumisperioodidel ei välista treeningu positiivset efekti. Nähtavasti põhineb vastupidavustreeningu efekt üksikute valkude adaptiivsel sünteetil.

Vahur ÖÖPIK, Atko VIRU

SPECIFIC NATURE OF ADAPTATIVE PROTEIN SYNTHESIS IN SYSTEMATIC MUSCULAR ACTIVITY

Wistar rats performed four training microcycles consisting in 5 days of swimming and 2 days of recovery. In the first variant the daily load was 90 min of swimming in the 33°C water during the first and the second microcycles, 105 and 120 min during the third and the fourth microcycles, respectively. In the second variant the daily load was reduced by 60 min after the first two days in every microcycle. The first variant led to a depressed level of sarcoplasmic and myofibrillar protein synthesis in various muscles, continuing also during the days of recovery. In the second variant the protein synthesis intensified to a level above control values during the days of recovery. After four weeks training the physical working capacity, glycogen reserves, activity of succinate dehydrogenase in red muscles and dry weight of adrenals increased that was more pronounced in the first variant of microcycles. Thus the lack of general augmentation of muscle protein synthesis during recovery periods do not exclude the positive training effects. Obviously, the training effects are founded on the adaptive synthesis of some minor proteins.