

General Disclaimer

One or more of the Following Statements may affect this Document

- This document has been reproduced from the best copy furnished by the organizational source. It is being released in the interest of making available as much information as possible.
- This document may contain data, which exceeds the sheet parameters. It was furnished in this condition by the organizational source and is the best copy available.
- This document may contain tone-on-tone or color graphs, charts and/or pictures, which have been reproduced in black and white.
- This document is paginated as submitted by the original source.
- Portions of this document are not fully legible due to the historical nature of some of the material. However, it is the best reproduction available from the original submission.

THE RATE OF SYNTHESIS AND DECOMPOSITION OF TISSUE PROTEINS
IN HYPOKINESIA AND INCREASED MUSCULAR ACTIVITY

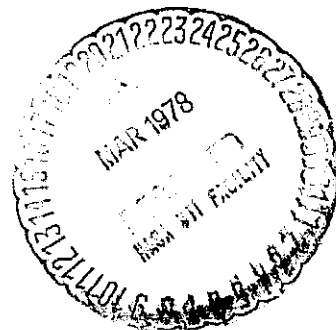
I.V. Fedorov, A.V. Chernyy and A.I. Fedorov

(NASA-TM-75203) THE RATE OF SYNTHESIS AND
DECOMPOSITION OF TISSUE PROTEINS IN
HYPOKINESIA AND INCREASED MUSCULAR ACTIVITY
(National Aeronautics and Space
Administration) 10 p HC A02/MF A01 CSCL 06S G3/52

N78-19751

Unclas
08048

Translation of "Intensivnost' sinteza i raspada tkaneykh
belkov pri gipokinezii i povyshennoy myshechnoy aktivnosti,"
Fiziologicheskii Zhurnal SSSR im. I.M. Sechenova, Vol. 63,
No. 8, 1977, p. 1128-1133



1. Report No. NASA TM-75203	2. Government Accession No.	3. Recipient's Catalog No.	
4. Title and Subtitle: THE RATE OF SYNTHESIS AND DECOMPOSITION OF TISSUE PROTEINS IN HYPOKINESIA AND INCREASED MUSCULAR ACTIVITY		5. Report Date February 1978	6. Performing Organization Code
		8. Performing Organization Report No.	
7. Author(s) I.V. Fedorov, A.V. Chernyy and A.I. Fedorov, Biochemistry Department, Medical Institute, Yaroslavl		10. Work Unit No.	
		11. Contract or Grant No. NASw-2790	
9. Performing Organization Name and Address Leo Kanner Associates Redwood City, California 94063		13. Type of Report and Period Covered Translation	
		14. Sponsoring Agency Code	
12. Sponsoring Agency Name and Address National Aeronautics and Space Administration, Washington, D.C. 20546			
15. Supplementary Notes Translation of "Intensivnost' sinteza i raspada tkanevykh belkov pri gipokinezii i povyshennoy myshechnoy aktivnosti," Fiziologicheskii Zhurnal SSSR im. I.M. Sechenova, Vol. 63, No. 8, 1977, p. 1128-1133			
16. Abstract In sixty day hypokinesia and physical loading (swimming) of rats, the radioactivity of skeletal muscle, liver, kidney, heart and blood proteins was determined 1, 3, 6, 12, 24 and 48 hours after administration of radioactive amino acids. Tissue protein synthesis decreased during hypokinesia, and decomposition increased. Both synthesis and decomposition increased during physical loading, but anabolic processes predominated in the total tissue balance. In the first case, this led to a decrease and in the second, to an increase in total mass of skeletal muscles and body weight of the animals.			
17. Key Words (Selected by Author(s))		18. Distribution Statement This copyrighted Soviet work is reproduced and sold by NTIS under license from VAAP, the Soviet copyright agency. No further copying is permitted without permission from VAAP.	
19. Security Classif. (of this report) Unclassified	20. Security Classif. (of this page) Unclassified	21. No. of Pages	22. Price

**ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY**

THE RATE OF SYNTHESIS AND DECOMPOSITION OF TISSUE PROTEINS IN HYPOKINESIA AND INCREASED MUSCULAR ACTIVITY

I.V. Fedorov, A.V. Cherny and A.I. Fedorov
Biochemistry Department, Medical Institute, Yaroslavl

Determination of the state and direction of tissue protein synthesis and lysis is important for the development of methods and means of prophylaxis and treatment of the aftereffects of limitation of muscle activity (hypokinesia) and for determination of the rate and duration of optimum physical loads of athletes during training. The patterns of these processes in hypokinesia and increased muscle activity can be followed sufficiently completely, by study of the incorporation and elimination of radioactive labels at certain times after a single administration of the labeled amino acids. We failed to find work of this type in the literature.

/1128*

Method

The tests were carried out on 108 rats, divided into three equal groups: increased muscle activity, hypokinesia, control. Hypokinesia was produced by placing the animals in small, individual plexiglas cages. Increased muscle activity was achieved by systematic physical loading (swimming) [11]. The control group rats were kept in conventional cages. The animals were injected intraperitoneally with a mixture of three amino acids of equal radioactivity (alanine-2-¹⁴C, phenylalanine-1-¹⁴C, aspartic acid-1-¹⁴C, at the rate of 10000 counts per g of body weight). One rat from each group was killed by decapitation simultaneously 1, 3, 6, 12, 24 and 48 hours after administration of the radioactive amino acids. Six rats were killed each time. After killing, blood was collected from the animals, and the liver, right kidney, heart and anterior muscles of the femur were removed. The serum was separated by centrifuging, and the blood, tendons, fascia and fat were removed from the organs. The tissues of the entire heart, kidney and fragments (about 1 g) of the liver and skeletal muscles were pulverized, and the proteins were precipitated with trichloroacetic acid. The proteins were further treated according to I.I. Ivanov et al [4]. Two weighed portions of 10 mg each were taken from each sample, to count the radioactivity in a T-25-BFL endwindow counter. The numerical data were statistically processed.

*Numbers in the margin indicate pagination in the foreign text.

Results of Study and Discussion

The weights of the animals decreased (-40%) in 60 day hypokinesia, compared with the control, and they increased (+12%) during increased muscle activity. Such changes are characteristic of these states, and they were observed previously by a number of investigators [1,6].

In previous studies [14], on day 15 of hypokinesia, a large difference was found in the animals (compared with the control), between the radioactivities of the proteins 2 hours after administration of the label. This is connected with the use of a more rigid model of hypokinesia and a different time of testing. In the present tests, we were interested primarily in the direction of the changes, and it proved to be the same in all cases. /1129

It was determined that the radioactivity of the liver, kidney, heart and skeletal muscle tissue proteins (Figs. 1-3) of the control animals increased sharply in the period from 1 to 3 hours. In the period from 3 to 6 hours, the radioactivity did not change appreciably, and it dropped from 6 to 12 hours. By 24 hours, compared with the preceding period, it increased somewhat, and it dropped again at 48 hours, but less abruptly than between 6 and 12 hours. Incorporation of the label in the blood proteins differed from the other tissues in that, after the rise from 1 to 3 hours, a gradual decrease in radioactivity was observed at subsequent times.

In the first hour of the test, the highest concentration of label, actively incorporated in newly synthesized proteins, is produced in the metabolic stock. Therefore, the rising part of the curve (up to 3 hours) and the more or less pronounced plateau (3-6 hours) characterizes predominantly protein synthesis. Beyond 6 hours, the label content of the metabolic stock is basically exhausted and is not actively replenished through catabolic processes. Consequently, the descending part of the curve reflects predominantly protein decomposition, as a consequence of a gradual reduction of label in the previously synthesized protein. The small rise in radioactivity noted at 24 hours is connected with reinclusion of label, by means of its intake from the catabolized proteins. Free blood amino acids, just like its proteins, are the materials for tissue protein synthesis, which probably explains some characteristics of the incorporation of label in the blood proteins, compared with the other tissues (Fig. 1).

In hypokinesia, the average tissue radioactivities one hour after administration of the label were lower and, during increased muscle activity, higher than in the control animals. The rising part of the curve during hypokinesia was not as steep, the height of the peak was lower than in the control animals, and the plateau was seen less distinctly. On the other hand, during physical /1130

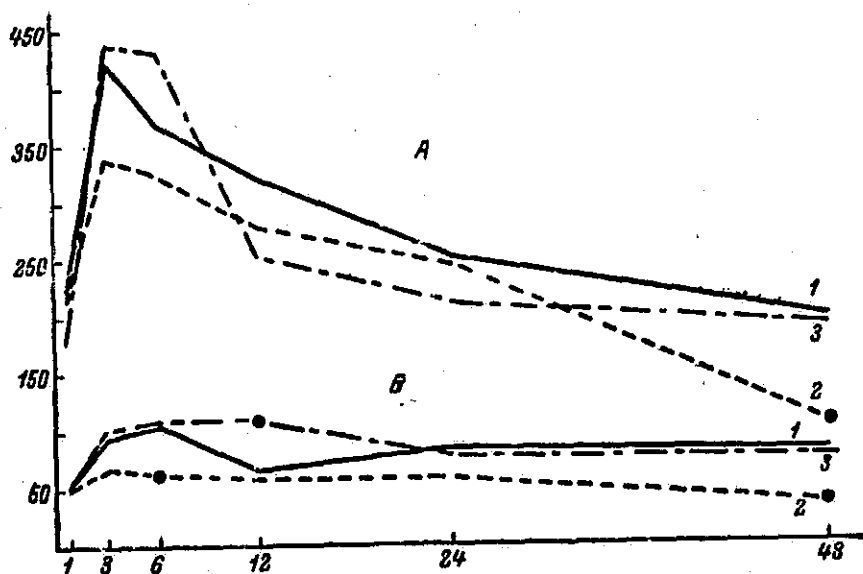


Fig. 1. Rate of incorporation of ^{14}C radioactive amino acids in blood (A) and heart tissue (B) proteins of rats under various motor activity conditions: ordinate, radioactivity in count/min per 10 mg of protein; abscissa, time after administration of radioactive amino acids in hours; 1. control; 2. hypokinesia; 3. increased muscle activity; significance of differences from control animal values are designated by dots.

loading, the rising part of the curve was steeper and the highest peak of the curve was higher than the corresponding peak of the control animals.

The most distinct changes were found for the skeletal muscle and heart proteins (Figs. 1,2). Thus, for animals with hypokinesia, the height of the peak for these tissues was 22 and 29% lower, respectively, than for the controls, and with increased muscle activity, on the other hand, 107 and 10% higher.

Although the differences between the groups of animals were not always statistically significant, the data obtained permit the conclusion to be drawn that the tissue protein synthesis rate of animals in 60 day hypokinesia was somewhat depressed, and that that of the animals subjected to systematic physical loads, activated compared with the control rats. For the animals under hypokinesia, the descending portions of the radioactivity curves in the 6-12, 12-24 and 24-48 hour time segments were lower than the corresponding curves of the controls, for skeletal muscles, myocardium and kidneys (Figs 1,2). The tendency of this pattern for the liver was not of a statistically significant nature.

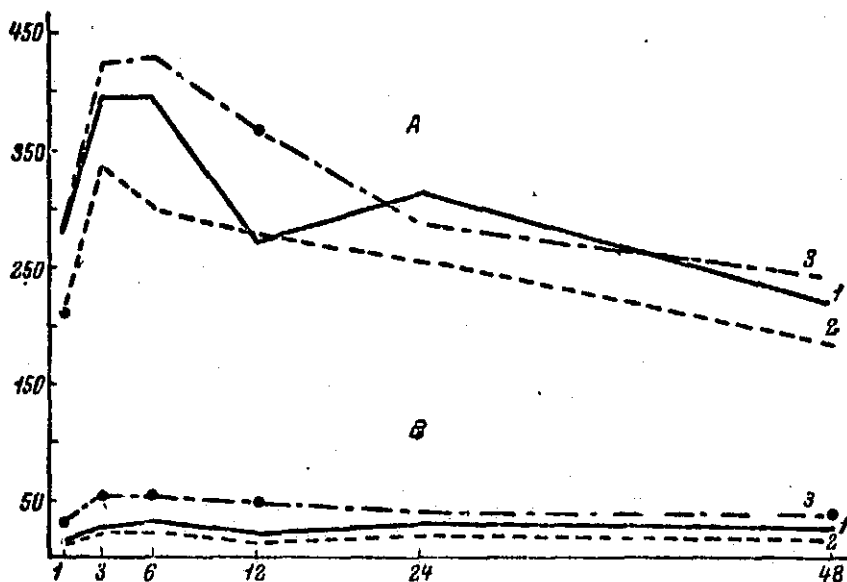


Fig. 2. Rate of incorporation of radioactive ^{14}C amino acids in tissue proteins of kidneys (A) and skeletal muscles (B) of rats under various motor activity conditions; designations same as in Fig. 1.

By 24 hours, just as for the control rats, a small rise was noted in radioactivity of the heart and skeletal muscle tissues, connected with reincorporation of the label. By 48 hours, the radioactivity of the blood, liver, kidneys, heart and skeletal muscle tissue proteins was lower than in the controls, by 46, 38, 16, 52 and 33%, respectively. Consequently, for the animals in 60 days of hypokinesia, protein decomposition took place more actively than for the control rats. The decay constant (determined by the calculations of I.A. Oyvin [9]) for skeletal muscles was twice as high for the animals with hypokinesia as for the controls. The decrease in weight of the skeletal muscles during immobilization, established by many authors in animals and man [2,5,6], becomes completely explicable, in the light of the data obtained. The skeletal muscle protein synthesis rate decreases, and their decomposition increases.

With systematic physical exercises, as previous analysis has shown, an increase in the formation of proteins was observed in all tissues. It is known that, simultaneously with intensification of synthesis, tissue lysis should increase. In the present tests with radioactive amino acids, it was determined that the descending portion of the radioactivity curves of the liver, kidneys, heart and skeletal muscles of animals with increased muscle activity, in much the same way as the tissues

/1131

of the control and hypokinetic animals, began in 6 hours but, further, reduced rather steeply until 24 hours. It is characteristic that, with increased muscle activities, in the 6-24 hour time segment, all curves of tissue radioactivity were higher than for the controls and, all the more so, the hypokinetic animals (Fig. 1-3). During physical loading, protein decomposition occurred at a greater rate, since the drop in activity between the highest peak and its 24 hour level was considerably higher than for the control animals (Figs. 1-3). The radioactivity curves are flat from 24 to 48 hours, at almost the same level as the control for the liver, kidney and heart tissues and, for the skeletal muscles, 30 and 57% higher than it after 24 and 48 hours, respectively. Thus, protein synthesis predominated in the total tissue balance of the animals with increased muscle activity.

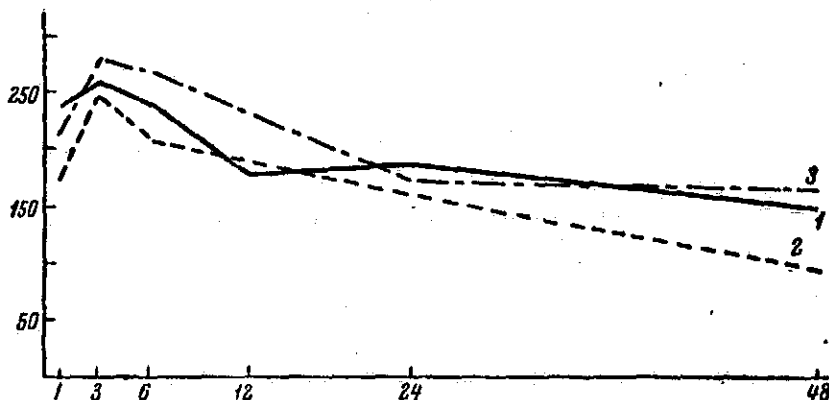


Fig. 3. Rate of incorporation of ^{14}C radioactive amino acids in liver tissue proteins of rats under various motor activity conditions; designations same as in Fig. 1.

The unity of three flows is necessary for protein synthesis: energy, material, information. The energy flow weakens in hypokinesia. The glycogen reserves decrease, the efficiency of oxidative phosphorylation decreases 2-3 times, glycolysis suffers [6,7], and the content and rate of metabolism of ATP drops [8]. During physical loading, an increase in the absolute content of glycogen, creatine phosphate and ATP and an increase in the rate of metabolism of the latter were found [13]. The capacities for aerobic and anaerobic resynthesis of ATP increases [19].

During immobilization of the animals, the intake of structural material for protein synthesis decreases and its composition changes. The total amino acid content of tissues drops by 20% in 60 days, and the amounts of individual amino acids change still more sharply [16]. During increased muscle activity, the amino acid

stock of the body is constantly supplemented by means of food and an increase in metabolizability of the tissue proteins.

Efficient use of material and energy in the cell for protein synthesis is possible, only with the availability of sufficiently full value information. During physical loading, the working muscle itself is a source of such information. The afferent signals, entering the central nervous system from working muscles, stimulate nerve trophism, including that of the vegetative nervous system, which has an adaptive-trophic effect on muscles [10,19]. In this case, endocrine gland activity increases. Their hormones assist in mobilization of energy and plastic material [19]. The secretion of anabolic hormones, which act directly on the genetic apparatus, increases [19]. It has been shown that the basis of adaptation of muscles to systematic muscle activity is an increase in gene activity. Thus, during muscular work, the activity of DNA-dependent RNA-polymerase increases [12]. Transcription is disrupted by denervation [17]. /1132

In hypokinesia, the efferent pulses are greatly weakened and distorted [3]. Of course, efferent effects on muscle suffer, and one has to speak, not of the trophic effect of the nervous system, but of physiological denervation [3]. The production of many hormones, including anabolic hormones, decreases during long-term hypokinesia [7,15,18]. Work on the direct determination of gene activity of immobilized animals could not be found. It can be suggested that transcription and other stages of protein synthesis are blocked. If the suggestions expressed are adopted, there is every basis for thinking that the return to normal of protein metabolism disrupted by hypokinesia can be achieved by systematic exercises, involving all groups of muscles as far as possible.

References

1. Bityutskaya, L.K., "Effect of systematic muscle activity on energy potential level and weight pattern of mature rats and preadolescent white rats," Fiziol. zh. SSSR 57/6, 888-891 (1971).
2. Zhdanova, A.G., "Micrometric changes of composition of the human body in hypodynamia," Arkhiv anatomii, gistol., embriol. 49/12, 29-34 (1965).
3. Zhukov, Ye.K., Z.I. Barbashova and V.V. Fedorov, "Effect of hypokinesia on the functional condition of skeletal muscles," Fiziol. zh. SSSR 57/9, 1240-1245 (1971).
4. Ivanov, I.I., V.K. Modestov, Yu.M. Shtukkenberg, Ye.F. Romantsev and Ye.I. Vorob'yev, Radioaktivnyye izotopy v meditsine i biologii [Radioactive Isotopes in Medicine and Biology], Moscow, 1955, p. 115-118, 122, 150.
5. Katinas, G.S., V.S. Oganov and A.N. Potapov, "The hypodynamic and hypokinetic condition of skeletal muscles," Fiziol. zh. SSSR 60/10, 1606-1608 (1974).
6. Kovalenko, Ye.A., V.L. Popkov, Yu.I. Kondrat'yev, E.S. Mailyan, Yu.S. Galushko, A.A. Prokhonchukov, V.A. Kazaryan, R.S. Morozova, L.V. Serova, A.N. Potapov, V.S. Romanov and V.B. Pishchik, "Change in body functions during long-term hypoxia," Patolich. fiziologiya i eksperimental'naya terapiya 14/6, 3-9 (1970).
7. Kovalenko, Ye.A., E.S. Mailyan, V.L. Popkov, Yu.S. Galushko, A.A. Prokhonchukov, Z.S. Dolgun, Yu.I. Kondrat'yev, M.I. Kozar', G.P. Tikhonova, A.G. Kolesnik, V.A. Kazaryan, R.S. Morozova, L.V. Serova, A.V. Ryzhskiy, A.N. Potapov, V.S. Romanov, V.B. Pishchik and L.M. Grinberg, "Function and metabolism of the body in long-term hypokinesia in a complex experiment," Usp. fiziol. nauk 6/3, 110-136 (1975).
8. Mikhaleva, N.P., I.I. Ivanov, I.V. Fedorov and E.M. Amdiy, "Study of the functional condition of skeletal muscle protein composition in hypokinesia," Kosmich. biol. i meditsina 4/2, 42-45 (1970).
9. Oyvin, I.A., "Some questions of the physiology and pathology of vascular permeability," Materialy po patogenezu vospaleniya i patologii sosudistoy pronitsayemosti (sb. rabot kafedry pat. fiziol.) [Material on the Pathogenesis of Inflammation and Pathology of Vascular Permeability (Collection of Works of the Department of Pathological Physiology)], Vol. 3, 1956, p. 5-31.

10. Orbeli, L.A. Adaptatsionno-troficheskaya funktsiya nervnoy sistema. Izbr. trudy [Adaptive-Trophic Function of the Nervous System: Selected Works], AN SSSR Press, Moscow-Leningrad, 1962, Vol. 2, p. 94, 227, 413, 427.
11. Pinchuk, V.M., L.I. Levina and V.N. Popov, "The nature of changes in the myocardium of white rats under various physical loading conditions," Byull. eksper. biol. i meditsiny 76/5, 18-20 (1973).
12. Rogozkin, V.A., M.L. Zil'ber and A.V. Pliskin, "Effect of systematic activity on RNA transcription and nuclear-cytoplasmic transport processes in skeletal muscles," Voprosy med. khimii 20/4, 376-379 (1974).
13. Siryk, L.A. and M.I. Trigulov, "Characteristics of energy transformation in rats developing under exposure to various skeletomuscular loads," Byull. eksper. biol. i meditsiny 76/10, 21-24 (1973).
14. Fedorov, I.V., V.N. Vinogradov, Yu.I. Milov and L.A. Grishanina, "Tissue protein synthesis in animals during hypodynamia," Kosmich. biol. i meditsina 1/1, 53-57 (1967).
15. Fedorov, I.V., "Hypodynamia and hormonal activity," Kosmich. biol. i meditsina 5/4, 59-61 (1971). /1133
16. Fedorov, I.V., "Free amino acids of tissues of animals during hypodynamia," Kosmich. biol. i meditsina 7/5, 35-39 (1973).
17. Khalafarova, N.M., "Neural regulation of RNA synthesis in nuclei of the gastrocnemius muscle of the rabbit," dissertation, Leningrad, 1975.
18. Shurygin, D.Ya., K.A. Sidorov, V.I. Mazurov and K.M. Alekseyeva, "The endocrine system during hypodynamia and readaptation," Voyenno-med. zhurn. 12, 55-58 (1976).
19. Yakovlev, N.N, Biokhimiya sporta [The Biochemistry of Sports], Fizkul'tura i sport Press, Moscow, 1974, p. 53-67, 77-88, 129-136, 205-212.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

ЖМ-75203

УДК 612.746

ИНТЕНСИВНОСТЬ СИНТЕЗА И РАСПАДА ТКАНЕВЫХ БЕЛКОВ ПРИ ГИПОКИНЕЗИИ И ПОВЫШЕННОЙ МЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

И. В. Федоров, А. В. Черный, А. И. Федоров

Кафедра биохимии (зав. И. В. Федоров) Медицинского института, Ярославль

При обездвижении в течение 30 дней и физической нагрузке (плавание) у крыс определялась радиоактивность белков скелетных мышц, печени, почек, сердца и крови через 1, 3, 6, 12, 24 и 48 часов после введения радиоаминокислот. Синтез тканевых белков при гипокинезии снижался, а распад — увеличивался. При физической нагрузке увеличивался как синтез, так и распад, но в общем балансе тканей преобладали анаболические процессы. В первом случае это приводило к уменьшению, а во втором — к увеличению общей массы скелетной мускулатуры и веса тела животных.

Выяснение состояния и направленности процесса синтеза и распада тканевых белков важно для разработки мер и средств профилактики и лечения последствий ограничения мышечной активности (гипокинезии) и определения интенсивности и продолжительности оптимальных физических нагрузок у спортсменов при тренировке. Динамику этих процессов при гипокинезии и повышенной мышечной активности можно проследить с достаточной полнотой при изучении включения и выключения радиоактивной метки в несколько сроков после однократного введения меченых аминокислот. Работ такого плана в литературе найти не удалось.

МЕТОДИКА

Опыты проведены на 108 крысах, разделенных на три равные группы: повышенная мышечная активность, гипокинезия, контроль. Гипокинезию создавали помещением животных в индивидуальные тесные клетки из плексигласа, повышенная мышечная активность достигалась систематической физической нагрузкой (плавание) [1]. Крысы контрольной группы содержали в обычных клетках. Животным вводили внутривенно равную по радиоактивности смесь трех аминокислот: аланина- $2\text{-}^{14}\text{C}$, фенилаланина- $1\text{-}^{14}\text{C}$, аспарагиновой кислоты- $1\text{-}^{14}\text{C}$ из расчета 10 000 импульсов на 1 г веса тела. Одновременно забивали обезглавливанием по 1 крысу из каждой группы соответственно через 1, 3, 6, 12, 24 и 48 часов после введения радиоаминокислот. На каждый срок было забито по 6 крыс. После забоя у животных собирали кровь, извлекали печень, правую почку, сердце и передние мышцы бедра. Сыворотку отделяли центрифугированием, а органы освобождали от крови, сухожилий, фасций, жира. Ткань всего сердца, почки и кусочки (около 1 г) печени и скелетных мышц измельчали и осаждали белки трихлоруксусной кислотой. Далее белки обрабатывали по Иванову И. И. и др. [2]. На каждой пробе отбирали 2 навески по 10 мг для подсчета радиоактивности на торцевом счетчике Т-25-БФЛ. Цифровой материал подвергали статистической обработке.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вес животных к 30-м суткам гипокинезии уменьшался (-40%) по сравнению с контролем, а при повышенной мышечной активности — увеличивался ($+12\%$). Такие изменения характерны для этих состояний и наблюдались ранее рядом исследователей [1, 3].

УДК 612.746

IX БЕЛКОВ
ТИВНОСТИ

Прославль

нагружено
скелетных
18 часов
ри гипо-
нагружено
ней пре-
одило и
ной мус-

а и распада
филактики и
ипокинезии)
чых физиче-
х процессов
проследить
ни радио-
ния моче-
о удалось.

повышенной
повышением
или мышечной
[11]. Кровь
или внутри-
2-¹⁴C, фенола-
и на 1 г веса
группы соот-
ют. На каже-
ь, выделении
или центри-
шри. Ткань
амеличили и
ли по Ива-
дета радио-
вертали ста-

-40%) по
ности —
состояний

В предшествующих работах [11] на 15-е сутки гипоккинезии у животных была выявлена (по сравнению с контролем) большая разница между величинами радиоактивности белков через 2 часа после введения метки. Это связано с использованием более жесткой модели гипоккинезии и иного срока исследования. В настоящих опытах нас интересовала в основном направленность изменений, она же во всех случаях оказалась одинаковой.

Установлено, что радиоактивность белков ткани печени, почек, сердца и скелетных мышц (рис. 1—3) у контрольных животных резко возрастала в период с 1 до 3 часов. В период с 3 до 6 часов радиоактивность заметно снижалась, а с 6 до 12 часов падала. К 24 часам по сравнению с предше-

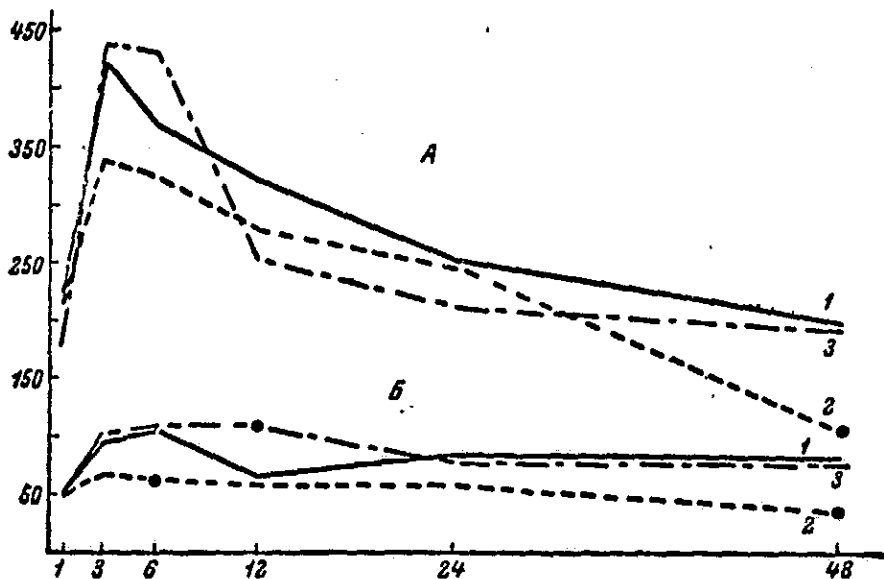


Рис. 1. Интенсивность включения радиоаминокислот-¹⁴C в белки крови (А) и ткани сердца (В) крыс при различных режимах двигательной активности.

По оси ординат — радиоактивность, в имп./мин. на 10 мг белка; по оси абсцисс — время после введения радиоаминокислот, в часах. 1 — контроль, 2 — гипоккинезии, 3 — повышенная мышечная активность. Точками обозначена достоверность различий с величинами у контрольных животных.

ствующим сроком она несколько повышалась и вновь падала к 48 часам, но менее резко, чем между 6 и 12 часами. Включение метки в белки крови по сравнению с другими тканями отличалось тем, что после подъема с 1 по 3-й час в последующие сроки наблюдался постепенный спад радиоактивности.

В первые часы опыта в метаболическом фонде создается наибольшая концентрация метки, активно включающейся во вновь синтезируемый белок. Поэтому восходящая часть кривой (до 3 часов) и более или менее выраженное плато (3—6 часов) характеризуют преимущественно процессы синтеза белка. После 6 часов содержание метки в метаболическом фонде в основном исчерпывается и активно не пополняется за счет катаболических процессов. Следовательно, нисходящая часть кривой отражает преимущественно процессы распада белка вследствие постепенного уменьшения метки в ранее синтезированном белке. Небольшой подъем радиоактивности, отмеченный к 24 часам, связан с повторным включением метки за счет ее поступления на катаболизируемых белков. Свободные аминокислоты крови, так же как сами белки ее, являются материалом для синтеза тканевых белков, чем, вероятно, и объясняются некоторые особенности включения метки в белки крови по сравнению с другими тканями (рис. 1).

При гипоккинезии средние величины радиоактивности тканей через 1 час после введения метки были ниже, а при повышенной мышечной ак-

тивности выше, чем у контрольных животных. При гипоксизии восходящая часть кривой шла не так круто, высота пика была ниже, чем у контрольных животных, плато просматривалось менее отчетливо. Напротив, при физической нагрузке восходящая часть кривой шла более круто и наивысший пик кривой был выше, чем соответствующий пик у контрольных животных.

Наиболее четкие изменения обнаружены для белков скелетных мышц и сердца (рис. 1, 2). Так, у животных с гипоксизией высота пика для этих тканей была соответственно ниже, чем у контрольных на 22 и 29%, а при повышенной мышечной активности, напротив, выше на 107 и 10%.

Хотя различия между группами животных были не всегда статистически достоверны, полученные данные позволяют заключить, что интен-

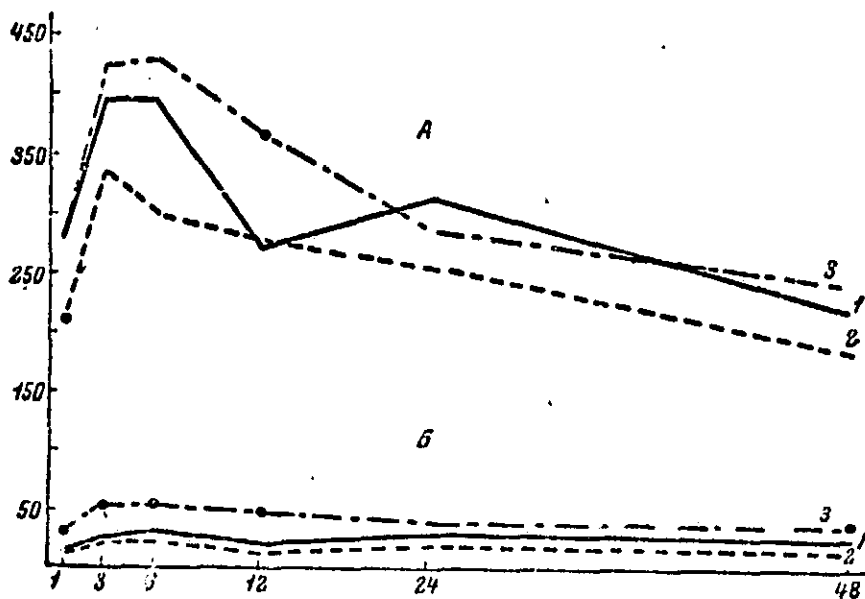


Рис. 2. Интенсивность включения радиоаминокислот-¹⁴C в белки тканей почек (А) и скелетных мышц (Б) крыс при различных режимах двигательной активности.

Обозначения те же, что и на рис. 1.

сивность синтеза тканевых белков у животных к 60-м суткам гипоксизии была несколько подавлена, а у животных, подвергавшихся систематическим физическим нагрузкам, активирована по сравнению с контрольными крысами. У животных при гипоксизии нисходящие части кривых радиоактивности в отрезки времени 6—12, 12—24 и 24—48 часов для скелетных мышц, миокарда и почек проходили ниже, чем соответствующие кривые у контрольных (рис. 1 и 2). Для печени эта закономерность носила характер статистически недостоверной тенденции.

К 24 часам, так же как и у контрольных крыс, отмечался небольшой подъем радиоактивности тканей сердца и скелетных мышц, связанный с повторным включением метки. К 48 часам радиоактивность белков тканей крови, печени, почек, сердца и скелетных мышц была ниже, чем в контроле соответственно на 46, 38, 16, 52 и 33%. Следовательно, у животных к 60-м суткам гипоксизии распад белков проходил более интенсивно, чем у контрольных крыс. Константа распада (установленная по расчетам Н. А. Ойвина [9]) для скелетных мышц была у животных с гипоксизией в два раза выше, чем у контрольных. Уменьшение веса скелетной мускулатуры при обездвиживании, констатируемое многими авторами у животных и человека [2, 6, 9], в свете полученных данных становится вполне объяснимым: снижается интенсивность синтеза белков скелетной мускулатуры и увеличивается их распад.

При
стиющие
белков.
усилила
установ
почек, с
активно
ных поч
Характе
мени 6-
ходили
пах (ри
интенси

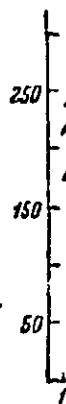


Рис. 3. И

се уров
вотных
для тка
а для с
48 часо
ной ми

Для
териала
падают
тельного
и скоро
вно аб
ченко
аэробно

При
ного ма
жание а
менее
печной
плетен

Эрфа
белка в
При фи
такой в
первую
в том

интенсивности, чем у контрольных. Напротив, более круто и у контрольных

мышц эти пики для 22 и 29%, а 107 и 10%. статистиче- что интен-

При систематических физических упражнениях, как показал предшествующий анализ, во всех тканях наблюдалось повышение образования белков. Известно, что одновременно с интенсификацией синтеза должен усиливаться распад тканей. В настоящих опытах с радиоаминокислотами установлено, что нисходящая часть кривых радиоактивности печени, почек, сердца и скелетных мышц у животных с повышенной мышечной активностью аналогично тканям контрольных и гипокнетических животных начиналась с 6 часов, но далее довольно круто снижалась к 24 часам. Характерно, что при повышенной мышечной активности в отрезок времени 6—24 часа все кривые, отражающие радиоактивность тканей, проходили выше, чем у контрольных и тем более — гипокнетических животных (рис. 1—3). При физической нагрузке распад белков шел с большей интенсивностью, так как перепад активности между наивысшим пиком и

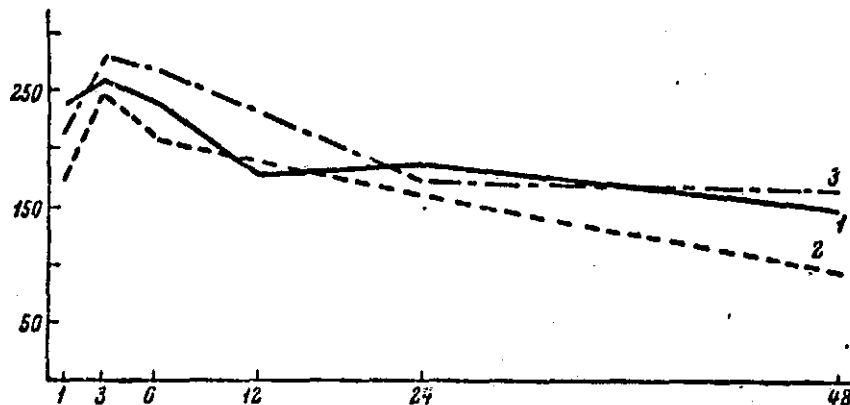


Рис. 3. Интенсивность включения радиоаминокислот-¹⁴C в белки ткани печени крысы при различных режимах двигательной активности.

Обозначения те же, что и на рис. 1.

со уровнем к 24 часам был значительно больше, чем у контрольных животных (рис. 1—3). С 24 до 48 часов кривые радиоактивности идут полого: для тканей печени, почек и сердца почти на одном уровне с контролем, а для скелетных мышц выше его на 30 и 57% соответственно через 24 и 48 часов. Таким образом, в общем балансе в тканях животных с повышенной мышечной активностью преобладал синтез белков.

Для синтеза белка необходимо единство трех потоков: энергии, материала, информации. При гипокнетизме поток энергии ослабевает. Уменьшаются запасы гликогена, снижается в 2—3 раза эффективность окислительного фосфорилирования, страдает гликолиз [6, 7], падает содержание и скорость обмена АТФ [8]. При физических нагрузках выявлено повышение абсолютного содержания гликогена, креатинфосфата, АТФ и увеличение скорости обмена последней [12]. Интенсифицируются возможности аэробного и анаэробного ресинтеза АТФ [13].

При обездвигивании у животных уменьшается поступление строительного материала для синтеза белков и меняется его состав. Общее содержание аминокислот в тканях к 60-м суткам падает на 20%, еще более резко меняется количество отдельных аминокислот [10]. При повышенной мышечной активности аминокислотный фонд организма постоянно пополняется за счет пищи и усиления обменяемости тканевых белков.

Эффективное использование материала и энергии в клетке для синтеза белка возможно лишь при наличии достаточно полноценной информации. При физических нагрузках сама работающая мышца является источником такой информации. Аfferентные сигналы, поступающие в центральную нервную систему от работающих мышц, стимулируют нервную трофику, в том числе вегетативную нервную систему, оказывающую адаптивно-

трофические влияния на мышцы [16, 19]. При этом возрастает активность желез внутренней секреции, гормоны которых способствуют мобилизации энергии и пластического материала [19]. Увеличивается секреция анаболических гормонов, непосредственно действующих на генетический аппарат [19]. Показано, что в основе адаптации мышц к систематической мышечной деятельности лежит возрастание генной активности. Так, при мышечной работе повышается активность ДНК-зависимой РНК-полимеразы [12]. При денервации же процесс транскрипции нарушается [17].

При гипокинезии афферентная импульсация во много раз ослаблена и искажена [3]. Естественно, страдают эфферентные воздействия на мышцу, и приходится говорить не о трофическом влиянии нервной системы, а о физиологической денервации [3]. Продукция многих гормонов, в том числе и анаболических, при длительной гипокинезии снижается [7, 15, 18]. Работ по напрямую определению генной активности у обезьянок животных пайти не удалось. Можно предположить, что блокируется транскрипция и другие этапы синтеза белка. Если признать высказанные предположения правдоподобными, то есть все основания полагать, что нормализация обмена белков, нарушенного гипокинезией, может быть достигнута систематическими упражнениями, по возможности затрагивающими все группы мышц.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Битюцкая Л. К. Влияние систематической мышечной деятельности на уровень энергетического потенциала и динамику веса взрослых крыс и половозрелых белых крыс. Физиол. ж. СССР, 1971, 57, 6, 888—891.
- [2] Жданова А. Г. Микрометрически изменении состава тела человека при гиподинамии. Архив анатомии, гистол., эмбриол., 1965, 49, 12, 29—34.
- [3] Жуков Е. К., Барбанова Э. И., Федоров В. В. Влияние гипокинезии на функциональное состояние скелетных мышц. Физиол. ж. СССР, 1974, 57, 9, 1240—1245.
- [4] Иванов И. И., Модестов В. К., Штукконберг Ю. М., Романцев Е. Ф., Воробьев Е. Н. Радиоактивные изотопы в медицине и биологии. М., 1955, 115—118, 122, 150.
- [5] Катинас Г. С., Оганов В. С., Потапов А. Н. Гиподинамическое и гипокинетическое состояние скелетных мышц. Физиол. ж. СССР, 1974, 60, 10, 1606—1608.
- [6] Коваленко Е. А., Пошков В. Л., Кондратьев Ю. И., Маилли Э. С., Галушко Ю. С., Прохончуков А. А., Казарин В. А., Морозова Р. С., Серова Л. В., Потапов А. Н., Романов В. С., Пищик В. Б. Изменение функций организма при длительной гипокинезии. Патологич. физиологии и экспериментальная терапия, 1970, 14, 6, 3—9.
- [7] Коваленко Е. А., Маилли Э. С., Пошков В. Л., Галушко Ю. С., Прохончуков А. А., Долгун Э. С., Кондратьев Ю. И., Козарь М. И., Тихонова Г. И., Колесник А. Г., Казарин В. А., Морозова Р. С., Серова Л. В., Рязский А. В., Потапов А. Н., Романов В. С., Пищик В. Б., Гришберг Л. М. Функции и метаболизм организма при длительной гипокинезии в комплексном эксперименте. Усп. физиол. наук, 1975, 6, 3, 110—136.
- [8] Михалева Н. И., Иванов И. И., Федоров И. В., Амдий Э. М. Изучение функционального состава белков скелетной мускулатуры при гипокинезии. Космич. биол. и медицина, 1970, 4, 2, 42—45.
- [9] Ойвини П. А. Некоторые вопросы физиологии и патологии сосудистой проницаемости (сб. работ кафедры пат. физиол.) 1956, 3, 5—31.
- [10] Орбели Л. А. Адаптационно-трофическая функции нервной системы. Набр. труды, 2, 94, 227, 413, 427. Изд. АН СССР, М.—Л., 1962.
- [11] Пилчук В. М., Левина Л. И., Попов В. И. О характере изменений миокарда белых крыс при различных режимах физической нагрузки. Бюлл. экпер. биол. и медицины, 1973, 76, 5, 18—20.
- [12] Роговкин В. А., Зильбер М. Л., Плескин А. В. Влияние систематической деятельности на процессы транскрипции и ядерно-цитоплазматического транспорта РНК в скелетных мышцах. Вопросы мед. химии, 1974, 20, 4, 376—379.
- [13] Сирин Л. А., Тригулов М. И. Особенности энергетических преобразований у крыс, развивающихся в условиях действия различных скелетно-мышечных нагрузок. Бюлл. экпер. биол. и медицины, 1973, 76, 10, 21—24.
- [14] Федоров И. В., Виноградов В. Н., Мидов Ю. И., Гришанин Л. А. О синтезе тканевых белков у животных при гиподинамии. Космич. биол. и медицина, 1967, 1, 1, 53—57.

- [15] Федоров И. В. Гиподинамия и гормональная активность. Космич. биол. и медицина, 1971, 5, 4, 59--61.
- [16] Федоров И. В. Свободные аминокислоты тканей у животных при гиподинамии. Космич. биол. и медицина, 1973, 7, 5, 35--39.
- [17] Халафарица Н. М. Нервная регуляция синтеза РНК в ядрах митохондриальных мышц кроликов. Дисс. М., 1975.
- [18] Шурагин Д. И., Сидоров К. А., Мазуров В. И., Алексеева К. М. Эндокринная система при гиподинамией и реадaptации. Военно-мед. журн., 1976, 12, 55--58.
- [19] Яковлев П. П. Биохимия спорта. Изд. «Физкультура и спорт», М., 1974, 53--67, 77--88, 129--136, 205--212.

Получено 2 VI 1977

THE INTENSITY OF SYNTHESIS AND DECOMPOSITION OF TISSUE PROTEINS IN HYPOKINESIA AND INCREASED MUSCULAR ACTIVITY

I. V. Fedorov, A. V. Cherny and A. I. Fedorov

Medical Institute, Yaroslavl

With the aid of radioactive amino-acids, the protein synthesis in the rat liver, kidneys, heart, skeletal muscles, and blood was shown to be inhibited by hypokinesia. The protein decomposition increased leading to reduction of the skeletal muscles and body weight. The protein synthesis and lysis were increased in hyperkinesia but the processes of anabolism were prevalent in the total balance.

активность
билизации
ации ана-
огический
атической
Так, при
К-полим-
чается [17].
ослаблена
наименше,
системы,
в, в том
; 18, 18].
ных жи-
тен транс-
ние пред-
то норма-
ть дости-
вающими

тности на
ис и непо-

ловка при
34.

яния гипо-
н, СССР,

Р о м а н-
лю и био-

ическое и
4, 60, 10.

М а и -
К а в а -

о в А. И.,
да при дли-
ания, 1970,

Л., Га-

К о н д -
и и А. Г.

Д., Р и ж -
в В. Б.,

альной гипо-
110--130.

и в Э. М.
при гипо-

истой про-
истой про-

емз. Набр.

заменил
ти. Биол.

ин система-
атического

и, 4, 370 -

преобразо-
ельно-ма-

и-26.
Г р и ш а -
и. Космич.