

УДК —591.14.147

А. Е. Пашенко, З. И. Фабри, В. Д. Чернов

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ТКАНЕВОЙ ОБМЕН СУЛЬФИДРИЛЬНЫХ ГРУПП

Сульфгидрильные (SH) группы играют важную роль в осуществлении ряда физиологических и биохимических функций в организме [3, 7, 9]. Они обуславливают активность ряда ферментов, принимают участие в окислительно-восстановительных процессах и др. [4, 11]. Физиологические нагрузки, сопровождаемые усилением энергетического обмена, изменением синтеза и распада белков и других соединений, вызывают перестройку тиоловых групп [1, 2]. Сульфгидрильные группы белков обеспечивают перестройку их высших структур путем образования и перераспределения дисульфидных (S—S) групп; при этом меняется их количество при физиологических процессах, связанных с функциональной перестройкой белков [5, 6]. Физические нагрузки вызывают функциональную перестройку белков мышц, повышение энергетических потребностей и тем самым интенсификацию окислительно-восстановительных процессов и активирование ферментов. Следовательно, можно допустить значительную роль тиоловых групп тканей в выполнении физической работы. Однако в литературе подобных данных нет.

Возникает необходимость проследить перестройку тканевых сульфгидрильных групп при физических нагрузках различной продолжительности для установления возможного их участия в адаптации организма в этом процессе.

Методика исследований

Для решения поставленных задач проведен эксперимент на 30 половозрелых крысах, весом 150—180 г, в возрасте трех месяцев.

Физическая нагрузка воспроизводилась плаванием при температуре воды $19 \pm 1^\circ\text{C}$ на протяжении 20, 40, 60 и 80 мин. При этом плавание продолжительностью 80 мин было предельной нагрузкой для основной массы белых крыс — животные переставали активно плавать и тонули.

Крысы были разделены на пять групп по шесть животных: I группа — интактные крысы, II группа — крысы, подвергнутые плавательной пробе в течение 20 мин, III группа — 40 мин, IV группа — 60 мин и V группа — 80 мин.

По окончании опыта животных декапитировали с последующим забором и обработкой (на холоду) тканей головного мозга, сердца, легких, печени, селезенки, почек и мышц. В тканях определяли содержание свободных SH-групп растворимых белков и низкомолекулярных соединений путем амперометрического титрования по Кольтгоффу [10]. Для титрования использовали прибор АУ-4М. Титрование проводили 0,001 н. раствором AgNO_3 в аммиачном буфере, pH 8,6.

Полученные данные обработаны методом вариационной статистики [8].

Результаты исследований и их обсуждение

Нами установлено неравномерное распределение уровня SH-групп белков в различных тканях интактных крыс (табл. 1). Самый высокий их уровень отмечен в печени, легких и селезенке. В остальных тканях их содержание было ниже, но примерно одинаковое.

Под влиянием физич (40 мин) наблюдалось сниж ков во всех тканях. При бс мечалось повышение их у с последующей тенденцией зок (80 мин). Следует отм в ряде тканей (почки, сс SH-групп превышало их у

Динамика белковых SH-груп
($M \pm m$)

Ткани	Статистические показатели	Инт жие
Печень	$M \pm m$ p	615
Почки	$M \pm m$ p	230
Сердце	$M \pm m$ p	280
Селезенка	$M \pm m$ p	350
Мозг	$M \pm m$ p	240
Легкие	$M \pm m$ p	487
Мышцы	$M \pm m$ p	255

Таким образом, инте ческих нагрузках сопров белков ряда тканей. В тс видно, происходит сниже дается торможение вклю

SH-группы низкомо л тканях неравномерно. Са сердце и почках, меньши мый низкий — в легких (1

Под влиянием нагруз далось значительное, дос комолекулярных соедине привела к повышению их.

В почках наблюдал низкомолекулярных соед лось некоторое их увели превышали исходный урс в этом органе регистриро

В то же время в сер жение содержания SH-г восстановления их уровн

В селезенке снижени мечалось при 40 мин, с п

Под влиянием физической нагрузки уже в начале опыта (20—40 мин) наблюдалось снижение содержания SH-групп растворимых белков во всех тканях. При более продолжительных нагрузках (60 мин) отмечалось повышение их уровня (неоднозначное для различных тканей) с последующей тенденцией к понижению в период запредельных нагрузок (80 мин). Следует отметить, что уже под влиянием 60 мин плавания в ряде тканей (почки, сердце, селезенка, мозг, мышцы) количество SH-групп превышало их уровень у интактных животных.

Таблица 1

Динамика белковых SH-групп в тканях крыс под влиянием плавательной пробы
($M \pm t$ мкмоль на 100 г сырой ткани)

Ткани	Статистические показатели	Интактные животные	20 мин плавания	40 мин плавания	60 мин плавания	80 мин плавания
Печень	$M \pm t$ p	615 $\pm$ 75,5	215 $\pm$ 15,2 <0,001	237 $\pm$ 30,9 <0,01	480 $\pm$ 37,4 <0,2	392 $\pm$ 30,7 <0,05
Почки	$M \pm t$ p	230 $\pm$ 50,8	207 $\pm$ 13,0 <0,7	292 $\pm$ 17,6 <0,6	300 $\pm$ 22,3 <0,2	240 $\pm$ 20,7 <0,9
Сердце	$M \pm t$ p	280 $\pm$ 18,3	240 $\pm$ 10,1 <0,1	265 $\pm$ 21,5 <0,7	350 $\pm$ 24,8 <0,1	287 $\pm$ 32,1 <0,9
Селезенка	$M \pm t$ p	350 $\pm$ 24,4	170 $\pm$ 10,1 <0,001	215 $\pm$ 24,6 <0,001	362 $\pm$ 36,1 <0,8	265 $\pm$ 28,1 <0,05
Мозг	$M \pm t$ p	240 $\pm$ 6,2	145 $\pm$ 9,3 <0,05	130 $\pm$ 5,1 <0,001	282 $\pm$ 34,3 <0,3	132 $\pm$ 16,8 <0,001
Легкие	$M \pm t$ p	487 $\pm$ 71,1	217 $\pm$ 9,2 <0,02	135 $\pm$ 6,1 <0,01	332 $\pm$ 46,1 <0,2	287 $\pm$ 37,6 <0,1
Мышцы	$M \pm t$ p	255 $\pm$ 27,9	230 $\pm$ 24,4 <0,5	227 $\pm$ 14,2 <0,5	325 $\pm$ 30,6 <0,2	195 $\pm$ 27,5 <0,2

Таким образом, интенсификация энергетического обмена при физических нагрузках сопровождается перестройкой SH-групп растворимых белков ряда тканей. В то же время при запредельных нагрузках, очевидно, происходит снижение энергетического обмена и поэтому наблюдается торможение включения свободных SH-групп белков в метаболизм.

SH-группы низкомолекулярных соединений также распределены в тканях неравномерно. Самый высокий их уровень отмечен в печени, сердце и почках, меньший — в мышцах, селезенке и головном мозге, самый низкий — в легких (табл. 2).

Под влиянием нагрузки (уже при 20 мин нагрузке) в печени наблюдалось значительное, достоверное снижение содержания SH-групп низкомолекулярных соединений. Более интенсивная нагрузка (60 и 80 мин) привела к повышению их концентрации до исходной.

В почках наблюдалась подобная картина перестройки SH-групп низкомолекулярных соединений, но уже при 40 мин плавании отмечалось некоторое их увеличение, продолжавшееся до 60 мин, когда они превышали исходный уровень. Достоверное снижение уровня SH-групп в этом органе регистрировалось при 80 мин плавания.

В то же время в сердце отмечалось закономерное, постоянное снижение содержания SH-групп на протяжении всего опыта, без фазы восстановления их уровня.

В селезенке снижение количества низкомолекулярных SH-групп отмечалось при 40 мин, с последующим восстановлением их концентрации

при 60 мин плавания и сохранением их количества практически на этом же уровне при 80 мин плавания.

В мозге рано (20 мин) наблюдалось достоверное снижение содержания SH-групп низкомолекулярных соединений. Однако, их количество быстро восстанавливалось до исходного уровня (при 40 мин плавания), затем снова достоверно снижалось при 60 мин плавания и сохранялось на этом уровне при 80 мин плавания.

Таблица 2

Динамика низкомолекулярных SH-групп в тканях крыс под влиянием плавательной пробы ($M \pm m$ мкмоль на 100 г сырой ткани)

Ткани	Статистические показатели	Интактные животные	20 мин плавания	40 мин плавания	60 мин плавания	80 мин плавания
Печень	$M \pm m$ p	$352 \pm 16,3$	$250 \pm 11,0$ $<0,001$	$230 \pm 9,1$ $<0,001$	$362 \pm 13,1$ $<0,7$	$352 \pm 9,5$ $<1,0$
Почки	$M \pm m$ p	$302 \pm 65,8$	$175 \pm 17,6$ $<0,05$	$272 \pm 12,0$ $<0,7$	$370 \pm 33,8$ $<0,4$	$142 \pm 12,9$ $<0,05$
Сердце	$M \pm m$ p	$340 \pm 10,7$	$325 \pm 13,2$ $<0,8$	$255 \pm 9,6$ $<0,05$	$215 \pm 20,7$ $<0,02$	$135 \pm 6,1$ $<0,001$
Селезенка	$M \pm m$ p	$245 \pm 15,3$	$255 \pm 9,6$ $<0,9$	$145 \pm 9,3$ $<0,05$	$250 \pm 23,6$ $<0,9$	$227 \pm 41,2$ $<0,8$
Мозг	$M \pm m$ p	$200 \pm 13,1$	$105 \pm 18,7$ $<0,05$	$190 \pm 9,1$ $<0,6$	$120 \pm 5,1$ $<0,001$	$130 \pm 6,1$ $<0,01$
Легкие	$M \pm m$ p	$144 \pm 3,7$	$155 \pm 24,2$ $<0,02$	$235 \pm 10,3$ $<0,001$	$142 \pm 46,9$ $<0,9$	$202 \pm 22,1$ $<0,05$
Мышцы	$M \pm m$ p	$265 \pm 13,6$	$170 \pm 12,3$ $<0,1$	$187 \pm 12,2$ $<0,1$	$152 \pm 6,5$ $<0,02$	$162 \pm 19,6$ $<0,05$

В легких наблюдалось достоверное повышение содержания низкомолекулярных SH-групп при 40 мин плавания с последующим повышением при 80 мин опыте.

В мышцах отмечено раннее (20 мин) снижение содержания SH-групп, которое практически сохранилось на низком уровне до конца опыта. Следовательно, в наиболее напряженных при физических нагрузках тканях — в скелетной мускулатуре и сердце, уже 20 мин нагрузка привела к резкому снижению содержания SH-групп низкомолекулярных соединений и на протяжении всего опыта их уровень оставался низким. Вероятно, подобную динамику содержания SH-групп в этих тканях можно трактовать как результат непрерывного повышения энергетических процессов, что обеспечивается окислительно-восстановительными реакциями, в которых значительное место принадлежит тиоловым соединениям.

Беспрерывность работы и энергетического обмена не дает возможности восстановить уровень низкомолекулярных SH-групп в этих тканях. Возможно, это имеет значение в возникновении усталости мышц при физических нагрузках. При этом наблюдается истощение SH-групп при запредельных нагрузках.

В остальных тканях — печени, почках, селезенке, мозге в начале физических нагрузок рано (20 мин) или поздно (40 мин) наблюдалось снижение уровня SH-групп, что связано с усилением метаболизма. Однако в процессе работы происходит восстановление исходного уровня этих соединений на различных этапах нагрузки (на 40 мин — в мозге; на 60 мин — в печени, почках, селезенке).

Запредельные нагрузки SH-групп низкомолекулярных соединений в почках и селезенке было на исходном уровне в ряде тканей ожидается снижением уровня.

Вместе с тем, в этих тканях их количества в процессе выполнения запредельных нагрузок низкомолекулярных соединений в легких их содержание норму, при 60 мин нагрузки повышалось при 80 мин плавания.

Подводя итоги проведенных исследований, можно сказать, что физическая нагрузка в пробе 20, 40, 60 и 80 мин в гидрильных групп тканей.

Вероятно, выявленные изменения в содержании SH-групп при физических нагрузках носят компенсаторный характер, отражая перестройку белковых соединений с участием SH-групп при сульфгидрильных групп, что является результатом декомпенсации.

1. Неравномерное распределение SH-групп в тканях интактных крыс: наибольшее количество — в почках и селезенке, ниже — в печени и мозге, что свидетельствует о последовательности, в которой они подвергаются нагрузкам.

2. Наиболее высокий уровень SH-групп отмечен в печени, почках и мозге, а самый низкий — в селезенке.

3. Содержание SH-групп в тканях крыс продолжительностью 20, 40, 60 мин опыта и повторных нагрузках.

4. Уровень SH-групп в тканях крыс снижался под влиянием плавательной пробы. Вместе с тем, во время плавания в процессе плавания их количества до исходного. Закономерное снижение содержания SH-групп при физических нагрузках.

1. Бобик Ю. Ю., Касаткина Л. В. Вмісту тканинних сульфгидрильних груп, 1975, № 4, с. 42—44.
2. Воронцов И. М. Об участии SH-групп в реакциях кровяных клеток, Т. 3, с. 112—129.
3. Гольдштейн Б. И. О влиянии физических нагрузок на содержание SH-групп в белках. Киев, Медиздат, 1975.

ки на это Запредельные нагрузки сопровождались резким снижением количества SH-групп низкомолекулярных соединений (60 мин — в мозге; 80 мин — в почках и селезенке), за исключением печени, где их количество было на исходном уровне. Отсюда видно, что в процессе физических нагрузок в ряде тканей усиление энергетического обмена сопровождается снижением уровня низкомолекулярных SH-групп.

Вместе с тем, в этих тканях существуют резервы для пополнения их количества в процессе увеличения продолжительности нагрузки. Однако запредельные нагрузки приводят к снижению уровня SH-групп низкомолекулярных соединений в тканях, кроме печени и легких. Важно, что в легких их содержание в период 20—40 мин плавания превышало норму, при 60 мин нагрузке — снижалось к исходному уровню и резко повышалось при 80 мин плавания.

Подводя итоги проведенных исследований, можно констатировать, что физическая нагрузка различной продолжительности — плавательная проба 20, 40, 60 и 80 мин в значительной мере влияет на динамику сульфгидрильных групп тканей.

Вероятно, выявленные изменения белковых SH-групп при физических нагрузках носят компенсаторно-приспособительный характер и отражают перестройку белков; перераспределение SH-групп низкомолекулярных соединений связано с интенсификацией энергетического обмена с участием SH-групп при физических нагрузках. Различные изменения сульфгидрильных групп, что наблюдалось при 80 мин плавания, являются результатом декомпенсации при истощении организма.

Выводы

1. Неравномерное распределение SH-групп белков отмечено в тканях интактных крыс: наиболее высокий уровень выявлен в печени, легких и селезенке, ниже — в сердце, мышцах, почках и головном мозге. Эта последовательность, в основном, сохраняется и при физических нагрузках.

2. Наиболее высокий уровень SH-групп низкомолекулярных соединений отмечен в печени, сердце, почках, ниже — в мышцах, селезенке, мозге и самый низкий — в легких.

3. Содержание SH-групп белков тканей снижалось при плавании продолжительностью 20, 40 мин с последующим повышением через 60 мин опыта и повторным снижением их количества при 80 мин плавания.

4. Уровень SH-групп низкомолекулярных соединений также снизился под влиянием плавания, но в различные периоды для отдельных тканей. Вместе с тем, во всех обследованных тканях, кроме мышц и сердца в процессе плавания на различных этапах наблюдалось снижение их количества до исходного. В мышцах и сердце отмечено непрерывное, закономерное снижение содержания тиоловых групп по мере увеличения нагрузки.

Литература

1. Бобик Ю. Ю., Касаткина Л. А., Пащенко А. Е., Мицо А. Ш., Фабри З. Я. Динаміка вмісту тканинних сульфгидрильних груп у плодів.— Педіатрія, акушерство і гінекологія, 1975, № 4, с. 42—44.
2. Воронцов И. М. Об участии SH-групп (соединений) в физиологических и патологических реакциях кроветворной системы.— Вопросы гематол. в педиатрии, Л., 1964. Т. 3, с. 112—129.
3. Гольдштейн Б. И. О влиянии сульфгидрильных групп на биологические свойства тканевых белков. Киев, Медиздат УССР, 1955. 48 с.

4. Виноградов А. Д., Николаева Л. В., Одрин Р. Д., Кондрашева М. Н. Влияние цистина на обратный перенос электронов в дыхательной цепи и количество SH-групп митохондрий.— В кн.: Митохондрии, структура и функции. М., «Наука», 1966, с. 33—41.
5. Пащенко А. Е., Бзюк Н. С., Фабри З. Я., Попова А. С. Изменение содержания тиоловых групп сыворотки крови при наркозе.— В кн.: Современ. проблемы фармакологии. Киев, 1971, с. 208—209.
6. Серебрянникова Н. Г. Влияние АТФ на содержание серина в миоэине и актомиэине.— Бюлл. exper. биол. и мед., 1951, 4, с. 434—440.
7. Торчинский Ю. М. Сульфгидрильные и дисульфидные группы белков. М., «Наука», 1971. 230 с.
8. Урбах В. Ю. Математическая статистика для биологов и медиков. М., 1963. 324 с.
9. Barron E. Thiol. groups of biological importance.— Adv. in Enzimology, 1951, 11, p. 201—266.
10. Kolthoff J., Stricks W., Morren C. Amperometric mercurimetric titration of sulphydryl groups in biologically important substances.— Analyt. Chem., 1954, 26, p. 366—372.
11. Slater E. The role of sulphydryl groups in the oxido-reductions of the living cel.— Chem. weekbl., 1958, 54, N 4, S. 49—54.

Кафедра биохимии и фармакологии
Ужгородского университета

Поступила в редакцию
26.XI 1976 г.

A. E. Pashchenko, Z. I. Fabry, V. D. Chernov

INFLUENCE OF PHYSICAL LOADS ON TISSUE METABOLISM IN SULFHYDRYL GROUPS

Summary

In experiments with 30 rats reorganization of the tissue sulphydryl groups is shown under conditions of physical loads (swimming in water at $19 \pm 1^\circ \text{C}$). Changes are found in sulphydryl groups of the low-molecular compounds with physical loads for which a decrease in the content of SH-groups for 20-40 minutes with a rise of their concentration in the intact animals to the 60th minute is peculiar to. Their repeated considerable decrease occurs to the 80th minute of the postlimiting loads.

Department of Biochemistry,
State University, Uzhgorod

УДК 612.674.341.4:577.3

С. Ф. Гол

ВОЗРАСТНЫ ВАЗОПРЕССИН В МИОКА

В последнее время все достаточности придается го Вазопрессин, как известно [17, 18, 26, 31], в том числе и сосудов головного мозга проводимости сердца [2, 14] мики организма [22, 25, 26].

В литературе имеются энергетического обмена в с на [1, 15, 17, 26]. Однако нений энергетического обм введении вазопрессина. Вм вазопрессина отмечаются ки [5], нарушения функции

В данной работе соп энергетического обмена ми и общей гемодинамики у прессина.

М

Исследования проведе возрастных групп: 8—10 л прессин (синтетический, ф ным уретаном (70 мг/100 г на 100 г веса. Контролем с вводили в том же объеме

В конце третьей мину вали грудную клетку для дили декапитацию. Сердц азот.

Для определения сод использовали растертую мозга и сердца. Содерж: др. в модификации [34], электрофореза на бумаге неорганического фосфора кислой среде при комнат ский фосфат (Φ_n) — [21].

ЭКГ регистрировали рате Элкар-6 в трех стан,