

040.5
п 94

ТАРТУСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Библиограф
М

На правах рукописи

ПЫЖОВА
Валерия Анатольевна

**ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ
БИОХИМИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА
К МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОТ СПОСОБОВ
ПОВЫШЕНИЯ ТРЕНИРУЮЩИХ НАГРУЗОК**

(03.00.04 — Биологическая химия)

Диссертация написана на русском языке

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

ТАРТУ 1974

АКАДЕМИЯ НАУК
И ФУНД.

Работа выполнена в секторе биохимии Ленинградского
научно-исследовательского института физической культуры
(директор - доктор биологических наук В.А.Рогозкин)

Научный руководитель:
заслуженный деятель науки РСФСР
доктор биол.наук, проф. Н.Н.ЯКОВЛЕВ

Официальные оппоненты:
доктор биологических наук, проф. А.А.ВИРУ
кандидат медицинских наук, доц. У.С.ТАРВЕ

Ведущее учреждение:
Краснодарский институт физической культуры

Автореферат разослан " 8 " 1974 г.

Защита диссертации состоится " 8 " 1974 г.
в 15 час. на заседании ученого совета медицинского совета
Тартуского госуниверситета (главное здание университета,
Тарту, ул.Юликооли 18).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке
Тартуского государственного университета.

Ученый секретарь ТГУ:

И. Маароос
(И.Маароос)

Процесс биохимической адаптации организма к мышечной деятельности связан с нарушениями гомеостаза, вызываемыми физическими нагрузками. Эти нарушения являются причиной адаптационных изменений, направленных на сохранение гомеостаза при мышечной деятельности /Ямпольская, 1950; Чаговец Р., 1954; Яковлев, 1955/. По мере повышения адаптированности организма к мышечной деятельности, применяемые физические нагрузки вызывают все меньшие нарушения гомеостаза и, следовательно, меньшие положительные следовые явления, наблюдаемые в периоде отдыха /Крестовников, 1951; Яковлев, 1955, 1971; Зимкин, 1962; Самоданова, 1970/. Это приводит к снижению темпа нарастания адаптационных биохимических изменений, которое может быть выражено логарифмической кривой, стремящейся стать параллельной оси абсцисс. Поэтому рост работоспособности организма в процессе спортивной тренировки возможен лишь при непрерывном увеличении тренировочных нагрузок.

В современном спорте, особенно в тренировке спортсменов высшего класса, применяются очень большие объемы нагрузок высокой интенсивности и длительности, нередко близких к пределу работоспособности. Это ставит вопрос о повышении эффективности тренировочного процесса без значительного дальнейшего увеличения объема и интенсивности нагрузок.

Изыскание факторов, повышающих эффективность адаптации организма и его мышечной системы к интенсивной мышечной деятельности идет по двум направлениям. Во-первых, это использование низко-

молекулярных метаболитов и биологически активных веществ, способствующих повышению спортивной работоспособности, предотвращающих возможные отрицательные влияния физических нагрузок, близких к пределу, и ускоряющих протекание процессов реституции после напряженной мышечной деятельности /Яковлев, 1960-1961; Rogozkin, 1965/. Во-вторых, это использование факторов "перекрестной адаптации", т.е. таких дополнительных воздействий на организм, которые оказывают на метаболические процессы влияние, близкое к влиянию мышечной деятельности, и адаптация к которым идет, в основном, однонаправленно с адаптацией к повышенной мышечной активности. К числу таких факторов могут быть отнесены гипоксия /Барбашова, 1960; Матов и Суркина, 1970; Keul et al., 1967-а, 1968, 1969/ и пониженная внешняя температура /Яковлев, 1969-а; Яковлев и др., 1971; Косенкова, 1972/.

Немногочисленные данные педагогических исследований свидетельствуют о том, что эффективность тренировки может быть повышена и без применения дополнительных воздействий на организм посредством лишь более рационального распределения физических нагрузок в тренировочном цикле. Ряд авторов /Воробьев, 1968, 1970, 1971; Матвеев, 1969; Озолин, 1970; Харре, 1971/ указывает на эффективность /особенно при высоких степенях тренированности/ не постепенного, равномерного, а ступенчатого /скачкообразного/ увеличения нагрузок. Однако, с биологических позиций ступенчатое повышение тренировочных нагрузок не изучено, а без этого нельзя в полной мере оценить эффективность данного способа увеличения нагрузок и дать рекомендации к его применению.

Вместе с тем, решение этого вопроса имеет и более общее значение для теории адаптации организма к повреждающим факторам, представляя новый материал о значении варьирования силы раздра-

жителя на процесс адаптации и степени нарушений гомеостаза для его эффективности. Можно полагать, что резкое повышение физической нагрузки должно вызывать в организме более значительные нарушения гомеостаза, которые приведут к усилению анаболических процессов в периоде реституции, а это, в конечном итоге, при оптимальном соотношении работы и отдыха будет способствовать более глубокой адаптации организма к мышечной деятельности.

Исходя из изложенного, целью нашего исследования было сравнение адаптационных биохимических изменений в организме животных при разных вариантах тренировки: с равномерным и ступенчатым повышением нагрузок. Поставленная цель потребовала решения следующих конкретных задач:

1. Определить характер биохимических изменений в организме животных при тренировке с равномерным и ступенчатым увеличением нагрузок.
2. Выяснить различия биохимических изменений в организме животных, тренированных ступенчато возрастающими нагрузками, по вариантам, отличающимся размерами "ступеней" /их высотой и продолжительностью/.
3. Исследовать непосредственную реакцию организма тренированных животных на разные степени увеличения разовой нагрузки / биохимическая характеристика "скачка" / и разную длительность применения одинаковой нагрузки / биохимическая характеристика "плато", следующего за "скачком" /.
4. Сопоставить эффект наиболее контрастных вариантов тренировки животных с равномерным и ступенчатым увеличением нагрузок.
5. Проверить эффективность разных вариантов тренировки путем определения предельно возможной длительности работы и биохимических изменений, происходящих в организме животных в этих условиях.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

I. Постановка опытов на животных.

Исследования проводили на белых крысах весом 160-180 г. Животных делили на нетренированных /контрольных/ и подвергнутых тренировке плаванием при температуре воды 30-32°C по пяти вариантам. Суммарное количество работы, выполненное животными разных групп было, практически, одинаковым /от 1025 до 1085 мин. за весь период адаптации/; одинаковой была и длительность нагрузки в первый день тренировки /5 мин./. Дальнейшее увеличение нагрузок в течение первых двух недель происходило равномерно и составляло в I, II, III и IV группах +1 мин. ежедневно, а в V группе /форсированный вариант тренировки/ +2 мин. ежедневно. Начиная с третьей недели, когда животные уже достигли некоторой степени адаптированности к мышечной деятельности, во II, III и IV группах нагрузки увеличивали скачкообразно: во II группе - на 5 мин. еженедельно, в III группе - 10 мин, каждые две недели, в IV группе /форсированный вариант тренировки/ - на третьей и четвертой неделях - на 10 мин., а на пятой и шестой - на 15 мин. еженедельно. В I и V группах характер повышения нагрузок сохранялся прежним /равномерным, см. рис./. Общая длительность адаптации составила в I, II и III группах 56 дней, а в IV и V группах /форсированные варианты/ - 42 дня.

Контрольных и тренированных животных исследовали в состоянии покоя, после 15 мин. интенсивного плавания и через 1 час отдыха после него.

Часть животных исследовали на 15 день тренировки, когда нагрузки увеличивали в I группе на 1 мин./как и прежде/, во

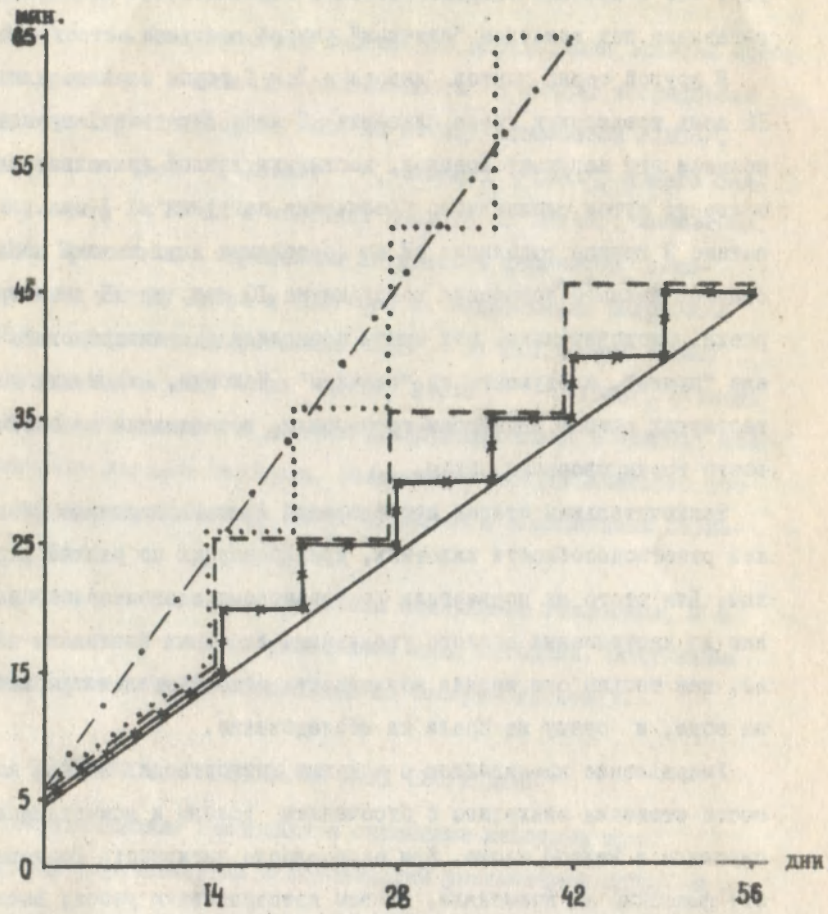


Рис. I Схема повышения нагрузок в разных вариантах тренировки.

Варианты тренировки: — I — II — III
— IV — V

II и III группах - скачкообразно /на 5 мин. и 10 мин. соответственно/. Это позволило охарактеризовать биохимические изменения в организме под влиянием "скачков" разной величины.

В другой серии опытов животных I и III групп исследовали на 28 день тренировки после плавания 25 мин. животные I группы выполняли эту нагрузку впервые, достигнув данной длительности плавания путем ежедневного увеличения нагрузок на 1 мин., а животные III группы выполняли её на протяжении двух недель после скачкообразного повышения нагрузки на 10 мин. на 15 день тренировки. Следовательно, эти опыты позволили охарактеризовать влияние "плато", следующего за "скачком". Наконец, животных, подвергнутых разным вариантам тренировки, исследовали по окончании всего тренировочного цикла.

Заключительным этапом исследований явилось изучение физической работоспособности животных, тренированных по разным вариантам. Для этого их подвергали одноразовому многочасовому плаванию до наступления полного утомления. Животных извлекали из ванны, как только они теряли возможность самостоятельно держаться на воде, и сразу же брали на исследование.

Умерщвление производили с помощью декапитации. Задние конечности отсекали синхронно с отсечением головы и моментально фиксировали в жидком азоте. При определении активности ферментов эту фиксацию не применяли, но всю препаративную работу вели в условиях охлаждения /+3°; +4°/.

Исследование тренированных животных проводили через сутки с момента выполнения последней тренировочной нагрузки.

В течение всего эксперимента велись наблюдения за динамикой веса животных.

2. Биохимические методы исследования.

В качестве биохимических тестов для определения степени адаптации организма к мышечной деятельности в мышцах исследовали содержание креатинфосфата /КФ/ по методу Алексеевой /1956/, гликогена по Good , Kramer , Somogyi /1933/, общего белка по Lowry /1951/ и молочной кислоты по Barker, Summerson, /1941/. Кроме того, определяли активность ферментов мышц-АТФ-азы по методу Дюбуа и Поттера в модификации Смирновой /1956/, сукцинатдегидрогеназы /СДГ/ - по Кип, Abood /1949/, цитохромоксидазы /ЦО/ - по Smith, Stotz /1949/, а также интенсивность дыхания и уровень фосфорилирования в мышцах макронетрическим методом Варбурга. Содержание неорганического фосфата определяли по методу Лоури и Лопеса в модификации Скулачёва /1962/.

В миокарде и печени исследовали содержание гликогена, а в крови - молочной кислоты указанными выше методами. Полученные данные статистически обработаны по Фишеру-Стьюденту.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

I. Биохимические изменения в организме животных при тренировке с равномерным и ступенчатым увеличением нагрузки

Результаты опытов с изучением биохимических изменений у животных, тренированных по вариантам с разным характером увеличения нагрузок, показали, что повышение общего энергетического потенциала организма / содержания КФ в мышцах и гликогена в мышцах, печени и миокарде/ и возможностей окислительных процессов /активностей ЦО и СДГ мышц/, как и способности мышц к мо-

билизации энергии АТФ /активности АТФ-азы/ у животных, тренированных ступенчато возрастающими нагрузками выражено в большей степени, чем у животных, тренированных в условиях равномерного возрастания нагрузок. /Табл. I/.

Таблица I

Увеличение уровня биохимических ингредиентов мышц под влиянием различных способов тренировки /в % к уровню нетренированных /

Биохимические ингредиенты	Варианты тренировки			
	I	III	IV	V
Креатинфосфат	+26	+56	+21	+47
Гликоген	+51	+50	+50	+80
Общий белок	+ 6	+14	+10	+25
Активность АТФ-азы	+ 7	+25	+17	+43
Активность цитохромоксидазы	+204	+294	+190	+272
Активность сукцинатдегидрогеназы	+125	+331	+119	+312
ΔO	+34	+52	-	+51
ΔP	+47	+71	-	+111

Более интенсивно и эффективно у первых протекал и процесс окислительного фосфорилирования / ΔO и ΔP ; табл. I/; величина коэффициента P/O у животных III группы /2,42/ достоверно выше, чем у животных I группы /2,06/.

Следует оговорить, что эти данные расходятся как с данными

литературы /Holloşzy , 1967; Kraus et al. , 1969/, так и с результатами предшествующих исследований лаборатории Н.Н.Яковлева /Яковлев, 1969; Яковлев, Краснова и др., 1970; Ленкова, Яковлев, 1970/, свидетельствующими о том, что под влиянием тренировки происходит, практически, одинаковое возрастание величин ΔO и ΔP без изменения коэффициента P/O . Согласно нашим данным, такая закономерность наблюдается лишь при равномерном увеличении нагрузок /I вариант/, т.е. таком же, как в исследованиях приведенных выше авторов. При ступенчатом же повышении тренировочных нагрузок /III вариант/ величина ΔP возрастает более значительно, следствием чего является возрастание коэффициента P/O .

При выполнении стандартной физической нагрузки /15 мин. интенсивного плавания/ тренированные животные более экономно расходуют свои энергетические потенциалы за счёт возрастания доли аэробного окисления. Эти положительные изменения более значительно выражены у животных, тренированных ступенчато повышающимися нагрузками, чем у тренированных нагрузками, увеличиваемыми равномерно. Так, на 28 день тренировки 15-минутное плавание вызывало у животных I группы прирост содержания молочной кислоты в крови на 280% и в мышцах - на 160%, а у животных II группы - на 85% и 90% /соответственно/. Эта же закономерность сохранилась и в конце тренировочного цикла /на 56 день тренировки/. Активность окислительных ферментов мышц /ЦО и СДГ/ в группах животных, тренированных ступенчато нарастающими нагрузками, была достоверно выше, чем в группах, тренированных с равномерным увеличением их. Действительно, активность ЦО составляла у II группы животных 872 мкг индофеноловой сини/г влажной ткани, у III-й - 853, а у I-й - 653. Активность СДГ у III группы животных была равна 76 мкг тетраволия/г влажной ткани, а у I-й - 45. В мышцах животных III группы отмечалась и

большая степень сопряженности дыхания с фосфорилированием, о чем свидетельствует и изменение коэффициента P/O /III группа - 2,08, I группа - 1,65/. В отношении КФ мышц следует отметить, что расходование его на 28 день тренировки у животных II группы было меньшим /-22%; при большем исходном уровне/, чем у животных I группы /-33%/. В конце тренировочного цикла, когда уровень КФ в мышцах обеих групп стал достаточно высоким /269-303 мг%/, степень расходования его оказалась, практически, одинаковой /-19%; -20%/.

Следовательно, с ростом адаптации организма к мышечной деятельности во всех группах тренированных животных физическая нагрузка вызвала меньшую степень нарушений биохимического гомеостаза в мышцах, чем у нетренированных животных /Табл.2/. Эти изменения были наиболее выражены у животных, тренированных по "ступенчатым" вариантам, при которых, очевидно, достигается более высокая степень адаптации к мышечной деятельности, обеспечивающая более эффективное, а следовательно, и более экономное расходование источников энергии.

Таблица 2

Биохимические изменения в мышцах животных в разные дни тренировки под влиянием 15 мин. плавания по отношению к исходному уровню

Биохимические ингредиенты	Нетренированные животные	Дни тренировок			
		28		56	
		Варианты тренировки			
		I	II	I	II
КФ /мг%креатинина/	-104	-82	-61	-53	-62
Гликоген /мг%/	-150	-92	-87	-79	-121
Молочная кислота /мг%/	+108	+73	+41	+33	+ 26
Активность ЦО /мкг индофенол.сини на г влажной ткани	+ 34	+33	+64	-51	+12

В соответствии с характером биохимических изменений, вызываемых стандартной физической нагрузкой, протекают и процессы реституции в периоде отдыха. При этом интенсивность процессов восстановления и величина фазы суперкомпенсации зависят от интенсивности процессов расходования /Ямпольская, 1950; Фольборг, 1952; Чаговец, 1957 и др./.

Результаты исследования животных через 1 час отдыха после работы показали, что у нетренированных животных наблюдалась отчётливая суперкомпенсация содержания КФ $+14\%$ и гликогена $+13\%$ мышц и дальнейший рост активности окислительных ферментов: СДГ $+110\%$ и ЦО $+26\%$. У тренированных животных суперкомпенсация КФ мышц была ниже: $+7\%$ в I группе, $+10\%$ во II группе, а в III группе содержание его не достигало даже уровня покоя -10% . Содержание гликогена в мышцах приблизилось к исходному уровню -1% в I и II группах и -7% в III группе/. Менее значительно, чем у нетренированных животных было повышение активности ЦО $+3$, $+4\%$ и СДГ $+50\%$ в I группе и -4% в III группе/.

Всё это свидетельствует о том, что прогрессивные следовые явления, в результате суммирования которых развивается состояние адаптации к мышечной деятельности, относительно наиболее велики у нетренированных животных, а у тренированных - менее выражены.

Рассмотренные опыты подтверждают общую закономерность развития процесса биохимической адаптации организма к мышечной деятельности: по мере повышения адаптированности уменьшается величина оставаемых физическими нагрузками положительных следовых биохимических изменений, а значит, снижается и интенсивность развития про-

цесса адаптации. Однако, при тренировке ступенчато возрастающими нагрузками это замедление происходит при достижении более высокого уровня общего энергетического потенциала организма и активности окислительных ферментов.

2. Биохимические изменения в организме тренированных животных в зависимости от величины однократной нагрузки на разных этапах процесса тренировки

Разовое скачкообразное увеличение нагрузки /+5 мин. и +10 мин./ в сравнении с равномерным /+1 мин./ на 15 день тренировки вызывало у животных более значительное расходование гликогена /на 11% и 15% соответственно/ повышение активности ЦО /на 11% и 9%/ , а также увеличение концентрации молочной кислоты в мышцах /на 60% и 70%/ и в крови /на 70% и 120%/ при одинаковом уровне расходования КФ мышц.

Следовательно, если по достижении некоторого уровня тренированности происходит внезапное значительное увеличение нагрузки /"скачок"/, оно приводит к более разким биохимическим сдвигам в организме, чем небольшое увеличение её, характерное для тренировки с равномерным повышением нагрузок.

Изучение влияния на процесс адаптации к мышечной деятельности следующего за "скачком" "плато" /охватывающего период тренировки, в котором животные выполняют одинаковую ежедневную нагрузку/ показало, что длительные "плато" оказывают, до известной степени, отрицательное влияние. Так, после двухнедельного плавания длительностью 25 мин. ежедневно /величина нагрузки, достигнутая в результате первого "скачка" после 14 дней тренировки с равномерным возростанием нагрузок/ мышечная деятельность вызывает у животных

меньше расходование КФ /на 17%/ и гликогена /на 9%/ мышц, меньшее накопление молочной кислоты в мышцах /на 110%/ и в крови /на 120%/, чем после равномерного увеличения нагрузок /с 15 до 25 мин./ в течение того же периода. Это, с одной стороны, свидетельствует о большей адаптированности к мышечной деятельности той группы животных, где нагрузка была увеличена скачкообразно. С другой стороны, очевидно, что перспективы дальнейшего прогрессивного развития адаптации /при существующем положении/ у этой группы животных хуже, чем у другой. Следовательно, для повышения эффективности тренировки необходимо рациональное сочетание прогрессивного повышения объема работы на каждой "ступени" с оптимальной длительностью следующего за "скачком" "плато".

В связи с этим предположением был исследован эффект двух вариантов с форсированным увеличением нагрузок - равномерным IУ-й и ступенчатым - У-й /см.стр. 4 /.

3. Влияние форсированной тренировки с равномерным и ступенчатым увеличением нагрузки на биохимические изменения в организме животных

Результаты опытов показали, что из всех исследованных вариантов тренировки наиболее эффективным оказался У-й, в котором величина "ступеней" возрастала на +10, +10, +15 и +15 мин., а длительность "плато" во всех случаях была одинаковой и небольшой - одна неделя.

Прежде всего следует отметить, что применяемые в этом варианте тренировки нагрузки не были чрезмерными, ибо не вызывали у животных состояния, напоминающего перетренировку, для которого

характерно снижение веса тела /Яковлев, 1946,1949,1950; Seitz, 1933/. Наоборот, ступенчатое повышение нагрузок /в том числе и форсированное/ приводило к более значительному росту веса тела животных, чем равномерное увеличение нагрузок. Так, к концу тренировочного цикла животные I и IV групп имели вес на 30% и 32% /соответственно/, а II,III и V групп - на 75%, 55% и 69% /соответственно/ выше исходного. О более выраженной рабочей гипертрофии мышц у животных V группы свидетельствует изменение величины сухого остатка, а также содержания общего белка в мышцах./Табл.3/.

Таблица 3

Содержание сухого остатка и общего белка в мышцах
разных групп животных /M ± m; n = 5/

Группы животных	Сухой остаток в %	Общий белок в мг/г влажн.ткани
Контроль	22,5 ± 0,20	176 ± 1,86
I	24,1 ± 0,19 I	187 ± 2,5
II	25,6 ± 0,16 I,2	200 ± 1,39 I,2
IV	24,5 ± 0,20 I,3	194 ± 1,3 I
V	26,7 ± 0,19 I,2,3,4	221 ± 1,27 I,2,3,4

Примечание: достоверные различия: I - по сравнению с контролем, 2 - по сравнению с I группой; 3 - с II группой; 4 - с IV группой.

Высокая эффективность форсированного ступенчатого повышения тренировочных нагрузок подтверждается данными биохимических исследований. Действительно, сравнение V варианта тренировки с IV-м,

в котором нагрузки увеличивали форсированно, но равномерно /+2 мин. ежедневно/, показало, что в первом случае наблюдалось более значительное повышение содержания в мышцах КФ, гликогена и активности ферментов /ЦО, СДГ и АТФ-азы/ по отношению к уровню нетренированных животных. /Табл. I/

Вместе с тем, У вариант оказался более эффективным и в сравнении со "ступенчатым" Ш-м вариантом. Это проявилось и в большем накоплении гликогена /У-й - 860 мг%. Ш-й - 713 мг%/, и в более эффективном протекании процесса окислительного фосфорилирования в мышцах. Так, одинаковое поглощение кислорода мышечной кашицей /У-й - 109,0 мк А О/гвлажной ткани/час, Ш-й - 109,7/ сопровождалось у животных У группы более значительной деминерализацией неорганического фосфата /У группа - 317 мкА Р/г влажной ткани /час, Ш-я - 262/. Соответственно и величина коэффициента Р/О для мышц этих животных оказалась достоверно выше /У группа - 2,62, Ш-я - 2,42; $P < 0,01$ /.

Сопоставление величин ΔP , характеризующих продукцию АТФ в цепи биологического окисления, показывает, что возможности генерирования АТФ наиболее велики были в мышцах животных У группы. Так, если принять за I величину ΔP в мышцах нетренированных животных, то для тренированных по I, Ш и У вариантам получили величины соответственно 1,47:1,74:2,11. Эти различия еще более возрастают при исследовании мышц, взятых у животных после 15мин. плавания /1,66:2,27:2,70/. Следовательно, в мышцах животных, тренированных по У варианту, продукция АТФ и в покое, и при мышечной деятельности была наибольшей. Этому способствовала не только большая интенсивность дыхания и фосфорилирования, но и

меньшая степень разобщения их, вызываемая мышечной деятельностью. Так, коэффициент P/O в покоящихся мышцах у нетренированных животных составлял 2,09, а у тренированных по I варианту - 2,06, по III-му - 2,42 и по У-му - 2,62. После 15 мин. плавания он снижался в разной степени и составлял 1,4; 1,65; 2,08; 2,40 /соответственно/. Значит, в мышцах животных У группы создаются лучшие условия для сохранения баланса АТФ при мышечной деятельности, чем у животных других групп.

В соответствии с этим биохимическая реакция на 15 мин. плавание у животных У группы оказалась меньшей, чем у животных остальных групп. Так, послерабочий уровень КФ в мышцах животных III группы был на 28%, в IU-й - на 21%, а в У-й - лишь на 7% ниже исходного. Если содержание молочной кислоты в мышцах животных III и IU групп повысилось на 100% и 60% /соответственно/, то в У-й только на 40% в сравнении с уровнем покоя.

Всё это свидетельствует о большей эффективности тренировки со ступенчатым повышением нагрузок /и особенно форсированного - У варианта её/. Можно полагать, что причиной высокого эффекта этого варианта является значительное нарушение биохимического гомеостазиса организма под влиянием примененных нагрузок на протяжении всего эксперимента. Каждый последующий "скачок" происходит при еще полностью не сгладившихся последствиях предыдущего, когда организм окончательно не адаптировался к величине ежедневной нагрузки, обусловленной произошедшим "скачком". Это приводит к более значительным изменениям биохимического статуса работающих мышц и создает лучшие условия для дальнейшего прогресса адаптации организма к мышечной деятельности.

Следует отметить, что тренировка ступенчато возрастающими нагрузками не только в большей степени, но и более разносторонне

адаптирует организм к мышечной деятельности, чем тренировка с равномерным увеличением нагрузок. Так, значительное увеличение содержания белка и процента сухого остатка в мышцах, наряду с наибольшим возрастанием веса тела, говорит в пользу большей выраженности рабочей гипертрофии мышц у животных, тренированных по У варианту. Активность АТФ-азы мышц у них также значительно выше. Вместе с тем, из данных литературы /Попова, 1951; Макарова, 1954, 1958; Яковлев, 1954, 1965; Гольдштейн, 1955/ известно, что степень рабочей гипертрофии и активности АТФ-азы определяют силу мышц при их сокращениях.

Всё это позволяет полагать, что у животных, тренированных ступенчато возрастающими нагрузками, создаются лучшие биохимические предпосылки для проявления силовых качеств.

У этих животных в большей степени развиваются биохимические предпосылки "анаэробной производительности" мышц, под которой понимают способность их к скоростной работе высокой интенсивности, сопровождающейся кислородным дефицитом, рабочей гипоксией и возникновением кислородной задолженности. Возможность сохранения интенсивности такой работы во времени зависит от креатинкиназного и гликолитического ресинтеза АТФ, а следовательно, от содержания в мышцах АТФ, а следовательно, от содержания в мышцах КФ и гликогена /Яковлев, 1948, 1955, 1971; Яковлев и Яковлева, 1953, 1971; Трошанова, 1952 и др./, а также от уровня активности АТФ-азы /Макарова, 1958/. При тренировке со ступенчатым повышением нагрузок эти показатели у животных повышались в большей степени, чем при равномерном увеличении их. Наконец, у первых под влиянием тренировок создавались лучшие условия для проявления и "аэробной производительности" организма. Действительно, у этих животных наблю-

далось более значительное увеличение активности СДГ, ЦО, величин ΔO и ΔP /табл. I/, а также содержания гликогена не только в мышцах, но и в печени. Все это и определяет "аэробную производительность" организма, лежащую в основе выносливости к длительной работе /Яковлев, 1955, 1965, 1971; Holloway, 1967; Keul et al., 1969; Kraus et al., 1969 и др./.

Следует подчеркнуть, что тренировка со ступенчатым увеличением нагрузок /по сравнению с равномерным изменением их/ приводит не просто к большему повышению всех исследованных биохимических параметров. Различные биохимические показатели возрастают не в одинаковой степени; по одним из них разница между эффектом двух систем тренировки /"ступенчатой" и "равномерной"/ оказывается большей, по другим - меньшей.

Это особенно заметно на примере сопоставления степени увеличения активности АТФ-азы и содержания КФ со степенью увеличения содержания гликогена, а также на примере величин ΔP и активности СДГ по сравнению с величинами ΔO и активности ЦО.

Такие различия позволяют говорить о качественной специфике сравниваемых способов тренировки и о большей "поливалентности" ступенчатого повышения нагрузок.

Причины качественного различия между эффектами тренировки со ступенчатым и равномерным увеличением нагрузок, предположительно, можно объяснить следующим.

В организме не тренированном и на начальных этапах тренировки значительные физические нагрузки сопровождаются существенным расходом КФ, усилением гликолиза и нарушением баланса между расходом и ресинтезом АТФ. Это объясняется еще недостаточной

функциональной мощностью систем внешнего дыхания и кровообращения, возникновением кислородного дефицита и рабочей гипоксии /Яковлев, 1955; Яковлев, Лешкевич, Шапошникова, 1957/, частичным разобщением дыхания и фосфорилирования /Яковлев, 1960; Яковлев, и др., 1972; Ленквист, 1968/, а так же недостаточной пропускной способностью "производственных площадей" митохондриального аппарата мышечных волокон / Keul et al., 1967, 1969/.

Тренировка с равномерным, сравнительно небольшим увеличением нагрузок приводит к возрастанию функциональной мощности митохондриальный мускул /Рогозкин, и др., 1964; Gollnick, King, 1969; Kraus et al.,

1969; Holloszy et al., 1970 и др./ и возможностей дыхательного ресинтеза АТФ /"аэробная производительность"/. Поэтому физические нагрузки сопровождаются меньшим усилением гликолиза, меньшим расходом КФ, не столь значительными, как ранее, степенями разобщения дыхания и фосфорилирования, нарушения баланса между расходом и ресинтезом АТФ и затруднения протеиносинтеза /Яковлев, 1955, 1971; Яковлев, Рогозкин, 1965; Яковлев и др., 1972; Самоданова, 1972 и др./.

Влаче обстоит дело при ступенчатом увеличении нагрузок, когда тренированные животные реагируют на внезапно возросшую нагрузку почти как не тренированные. Большие степени расхода КФ и гликогена приводят к большому накоплению их во время отдыха. Более значительные нарушения баланса АТФ, приводящие к преобладанию деструкции белков над их синтезом, влечет за собой в периоде отдыха усиление синтеза мышечных белков /как энзиматических, так и структурных/. Одновременно с этим происходят и адаптивные изменения биохимических систем, связанных с "аэробной производительностью" организма.

Периодическое повторение "скачков" снова и снова создает условия, отличные от тех, что вызывает равномерное увеличение нагрузок, оказывая воздействие не только на "аэробную" но и на "анаэробную" производительность организма и на мышечные белки.

В процессе тренировки эти следовые изменения суммируются и, в результате, тренировка со ступенчатым повышением нагрузок оказывает на мышечную систему организма более разносторонний адаптирующий эффект.

4. влияние различных способов повышения нагрузок в процессе тренировки на общую работоспособность животных

Непосредственно определить в эксперименте силу и скорость движений животных не представлялось возможным. Поэтому мы ограничились лишь определением общей работоспособности животных /выносливости к длительным нагрузкам/, о чём судили по длительности плавания нетренированных и разных групп тренированных животных до полного утомления.

Эти опыты показали, что наиболее выносливыми являются животные, тренированные ступенчато повышающимися нагрузками /особенно по У варианту с прогрессивным возрастанием "скачков" и сравнительно короткими "плато"/. Это проявляется не только в большей длительности плавания животных /табл.4/, но и в том, что биохимические изменения в организме у них были не большими, чем при меньшей длительности плавания у животных, тренированных равномерно возрастающими нагрузками. Так, снижение активности АТФ-азы мышц, свидетельствующее о наступлении утомления во всех группах животных было одинаковым. Гликоген мышц и печени тренированные животные расходовали более полно, чем нетренированные /табл.5/.

Таблица 4

Предельная длительность плавания животных, тренированных по разным вариантам в часах / $\bar{M} \pm m$; $n = 5$ /

Нетренированные животные	Варианты тренировки			
	I	III	IV	V
$11,66 \pm 0,9$	$16,85 \pm 1,0$ I	$22,00 \pm 1,4$ I,2	$20,50 \pm 1,0$ I,2	$28,56 \pm 1,0$ I,2,3,4

Примечание: достоверные различия: I - по сравнению с нетренированными животными; 2 - по сравнению с I вариантом тренировки; 3 - с III вариантом; 4 - с IV вариантом.

Интенсивность расходования гликогена печени у животных V группы была ниже /-135 мг% в час/, чем у животных других групп /I группа - 161, III - 180 и IV-я - 185/, что, возможно, связано с

Таблица 5

Расходование гликогена /в мг%/ в тканях животных при плавании предельной длительности / $\bar{M} \pm m$; $n=5$ /

Название ткани	Нетренированные животные	Варианты тренировки			
		I	III	IV	V
Мышцы	-264	-498 ₁	-45 _{I,2}	-51 _{I,3}	-570 _{I,2,3,4}
Печень	-1174	-2873 _I	-3963 _{I,2}	-3795 _{I,2}	-3874 _{I,2}
Миокард	-154	-109 _I	-156 ₂	-161 ₂	-200 _{I,2,3,4}

Примечание: достоверные различия: I-по сравнению с нетренированными животными, 2-по сравнению с I вариантом, 3 - с III вариантом; 4 - с IV вариантом.

более значительным использованием липидов в энергетическом обеспечении длительной работы /Яковлев, 1952; Лешкевич, 1960, 1961, 1970 и др./.

Плавание, продолжительностью, близкой к пределу, вызывало существенное снижение гликогена миокарда, особенно у нетренированных и у наиболее долго плававших животных У группы /табл.5/, что возможно, связано с дистрофическими изменениями в миокарде левого желудочка /Яковлев, Вольнов, Лешкевич, 1965/. Однако, у нетренированных животных всё это имело место после сравнительно непродолжительного плавания, а у животных У группы - при очень большой длительности /табл.4/.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Окончательно резюмируя результаты исследования, можно констатировать, что полученный на животных экспериментальный материал показал, во-первых, преимущество ступенчатого повышения нагрузок по сравнению с равномерным увеличением их. Первая система тренировки приводит к более резкому нарушению биохимического гомеостаза, следствием чего является более глубокая и разносторонняя адаптация организма к мышечной деятельности. Во-вторых, степень этой адаптации зависит от размеров "ступеней", включающих величину "скачка" и длительность "плато", следующего за ним. Несомненно, что выявленные закономерности присущи и организму человека. В этом нас убеждают и данные, имеющиеся в спортивно-педагогической литературе /Матвеев, 1969; Воробьев, 1970; 1971; Озолин, 1970; Харре, 1971/.

Всё это позволяет рекомендовать ступенчатое увеличение нагрузок как один из наиболее рациональных способов повышения эффективности тренировки при уже достигнутом некотором уровне тренированности.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Исходя из результатов исследования, мы можем сформулировать следующие общие выводы:

1. Скачкообразное увеличение нагрузок после некоторого периода постепенного равномерного повышения их вызывает у тренированных животных биохимические изменения, близкие к тем, что имеет место у нетренированных животных при выполнении значительно меньших нагрузок. Одновременно с этим наблюдается и повышение интенсивности биохимической реституции в периоде отдыха, а также величины следовых адаптационных изменений.

2. Вслед за скачкообразным увеличением нагрузки должен следовать некоторый период тренировки без дальнейшего повышения нагрузок /"плато"/, стабилизирующий адаптационный ответ организма на внезапно возросшую нагрузку; возрастание нагрузок должно быть ступенчатым, причём каждая "ступень" имеет высоту, определяемую величиной "скачка" и длительность в виде "плато".

3. Длительное применение одинаковых ежедневных нагрузок /"плато" после скачкообразного повышения их/ приводит к меньшим биохимическим сдвигам в организме при мышечной деятельности, чем равномерное увеличение нагрузок за этот же период адаптации.

4. Ступенчатое возрастание тренировочных нагрузок приводит к более глубокой и более разносторонней адаптации организма к мышечной деятельности, чем равномерное увеличение их. При этом эффект тренировки зависит от степени повышения нагрузок на каждой "ступени" и от длительности "плато" между "скачками".

5. Большая глубина и разносторонность эффекта тренировки со ступенчатым увеличением нагрузок выражается в существенно более значительном повышении уровня как биохимических показателей аэробного окисления и сопряженного с ним фосфорилирования /активности сукцинатдегидрогеназы и цитохромоксидазы, величины ΔO и ΔP /, так и биохимических ингредиентов мышцы, имеющих отношение к мобилизации химической энергии /активности АТФ-азы/и анаэробному ресинтезу

АТФ /уровня креатинфосфата/, а также в большем усилении синтеза мышечных белков.

6. Наиболее эффективной оказалась система тренировки с форсированным увеличением "высоты ступеней" при сравнительно коротких "плато". У животных этой группы наблюдались не только более значительные адаптационные биохимические изменения в мышцах, но они проявили и большую предельную длительность плавания; при этом биохимические сдвиги в мышцах у них были не большими, чем у животных, тренированных равномерно возрастающими нагрузками, которые показали существенно меньшую продолжительность плавания до наступления полного утомления.

7. При тренировке со ступенчатым повышением нагрузок, как и при тренировке с равномерным увеличением их, проявляется общая биологическая закономерность - снижение интенсивности нарастания адаптационных биохимических изменений по мере повышения адаптации организма к мышечной деятельности в связи со все меньшими нарушениями гомеостаза, вызываемыми физическими нагрузками. Однако при ступенчатом возрастании нагрузок это наблюдается при достижении более высокого уровня общего энергетического потенциала организма и активности ферментных систем мышц.

8. Полученные данные позволяют рекомендовать ступенчатое увеличение нагрузок для практики спортивной тренировки, как один из наиболее рациональных способов повышения её эффективности, при условии медико-биологического контроля за реакцией организма на скачкообразное увеличение нагрузки и регламентацию "плато" между "скачками".

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Пыжова В.А. Значение характера увеличения физических нагрузок для адаптации организма к интенсивной мышечной деятельности. Физиолог. журнал СССР, 58, 4, 584-589, 1972.
2. Пыжова В.А. Биохимические изменения в организме в зависимости от характера увеличения нагрузок в процессе тренировки. Сб. по вопросам высшего спорт. мастерства. I., 142-146, 1972.
3. Пыжова В.А. Регуляция биохимической адаптации организма к мышечной деятельности посредством изменения режима увеличения тренировочных нагрузок. Материалы Всесоюз. симпозиума "Регуляция обмена веществ при мышечной деятельности и в выполнении спортивных упражнений". Л., 181-185, 1972.
4. Пыжова В.А. Адаптация мышц к повышенной функциональной активности при разном характере увеличения нагрузки. II Всесоюз. конф. по биохимии мышечной системы. Л., 167-169, 1972.
5. Пыжова В.А. Зависимость эффективности тренировки от характера повышения тренировочной нагрузки. III Всесоюз. конф. по физиол., морфол., биомех. и биохимии мышечной деятельности. Львов, 212-218, 1972.
6. Пыжова В.А. Анализ аффекта увеличения нагрузок на адаптацию к мышечной деятельности. Физиол. журнал СССР, 59, 8, 428-433, 1978.
7. Пыжова В.А. Биохимические изменения в организме при мышечной деятельности предельной длительности в зависимости от способа адаптации к ней. Физиол. журн. СССР, 59, 7, 1087-1091, 1978.