

02  
91

КИЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

На правах рукописи

БРУНО ВАЛЬИН АБРЪУ

АДАПТАЦИОННО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ  
МЫШЦ БРЮШНОГО ПРЕССА ПРИ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И СТАТИЧЕСКИХ  
ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

14.00.02 - анатомия человека

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Киев - 1979

891  
Диссертация выполнена в Киевском государственном институте физической культуры /ректор - профессор В.А.Парфенов/, на кафедре анатомии /зав.кафедрой - профессор П.З.Гудзь/.

Научный руководитель -  
доктор медицинских наук,  
профессор П.З.Гудзь

Официальные оппоненты

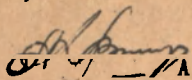
1. Доктор биологических наук, профессор И.В.Торская
2. Доктор медицинских наук, профессор И.В.Муравов

Ведущее учреждение - Краснодарский институт физической культуры

Защита диссертации состоится <sup>40</sup> "февр." 1979 года в "12" часов на заседании Специализированного Совета /К.046.02.01/ Киевского государственного института физической культуры /252005, г.Киев, ул.Физкультурная, I/.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Киевского государственного института физической культуры.

Автореферат разослан <sup>25</sup> "января" 1979 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА,  
КАНДИДАТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ НАУК, ДОЦЕНТ  А.В.ВОЛКОВ

7794  
БИБЛИОТЕКА  
Киевского государственного института физической культуры

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность темы. Изучение влияния физических нагрузок на организм и, в частности, на его соматическую мускулатуру представляет большой интерес не только для практики спорта и трудовой деятельности, но также и для разработки методов профилактики и лечения ряда заболеваний. Однако применение больших физических нагрузок, как наиболее эффективного способа повышения мышечной работоспособности у тренирующегося организма, при нерациональном использовании могут вызвать неблагоприятные и даже необратимые изменения в скелетной мускулатуре. Поэтому изучение состояния мышц, участвующих в акте движения при различных режимах тренировки физическими нагрузками представляет несомненный практический и теоретический интерес в аспекте научных обоснований режимов мышечной деятельности, обеспечивающих оптимальное состояние двигательного аппарата.

При изучении влияния физических нагрузок на морфологию мышечной ткани в ранее выполненных работах исследованию подвергались преимущественно мышцы конечностей, диафрагма или дорзальная мускулатура туловища / А. Hoffmann, 1947; А. К. Ковешникова, 1955; Е. С. Яковлева, 1955; П. З. Гудзь, 1959-1977; К. С. Лобынцев, 1968; А. Б. Ходос, 1971; Т. Я. Гальнина, 1973; Г. И. Ленская, 1975; А. И. Герус, 1975; Ю. Факи, 1977; и др. /.

Мышцам брюшного пресса, принимающим участие в создании внутрибрюшного давления, удерживании внутренностей в определенном положении, в акте выдоха, а также в движениях туловища, в этом отношении уделено недостаточно внимания. Если функция мышц конечностей в основном прекращается после беговой или статической физических нагрузок, то мышцы брюшного пресса продолжают и после этого выполнять свою специфическую функцию. А так как функциональная

способность мышц обеспечивается состоянием их структуры, важно знать, какие же морфологические преобразования происходят в ней на различных этапах тренировки.

Для практики спорта очень важным является вопрос об использовании различных факторов внешней среды для повышения мышечной работоспособности. В этом отношении существенный интерес представляет воздействие повышенных физических нагрузок и пониженного атмосферного давления, что достигается в условиях высокогорья. Медико-физиологические исследования в этом направлении очень обширны /В.К.Коваленко, 1965; А.Ф.Бойко с соавт., 1965; А.З.Колизинская, 1965; В.В.Матов с соавт., 1965; Р.А.Джуганян с соавт., 1970; Р.С.Hagerman с соавт., 1975; и др./. Изучению морфологических преобразований мышечной ткани у животных в условиях эксперимента при влиянии физических нагрузок и пониженного атмосферного давления посвящены лишь отдельные работы /Р.П.Женевская, 1956; Я.Р.Синельников с соавт., 1972; И.В.Кучеров, 1973; П.З.Гудзь, 1975; Ю.Феки, 1977; и др./.

Настоящая работа является разделом комплексных исследований кафедры анатомии Киевского государственного института физической культуры по теме 7,3 Всесоюзного сводного плана научно-исследовательской работы по физической культуре и спорту СССР на 1977-1980гг. "Механизмы адаптации организма на разных уровнях его организации к спортивной /мышечной/ работе различного вида, мощности и продолжительности".

Рабочая гипотеза. Реакция морфологических структур органов и систем оомы животных и человека на физическую деятельность находится в прямой связи с интенсивностью и продолжительностью физической работы. Представляется перспективным выявление морфоло-

гических изменений мышц брюшного пресса под влиянием кинематических и статических нагрузок путем экспериментального исследования для определения максимальных структуральных возможностей мышечной ткани мускулов брюшной стенки и установления наиболее эффективных режимов тренировки, способствующих повышению работоспособности.

Цель и задачи исследования. В соответствии с указанным сводным планом и состоянием научной разработки проблемы основной целью наших исследований явилось изучение адаптационных и компенсаторных морфологических изменений мышечной ткани и ее иннервационного аппарата мускулов брюшной стенки животных при кинематических и статических физических нагрузках в обычных условиях и при пониженном атмосферном давлении. В связи с этим были поставлены следующие задачи:

1. Изучить особенности мышечной ткани и ее иннервации мускулов брюшного пресса в норме.
2. Исследовать изменения мышечной ткани и ее иннервации мускулов брюшной стенки в различные сроки адаптации к динамическим нагрузкам при нормальном и пониженном атмосферном давлении.
3. Исследовать изменения мышечной ткани и ее моторной иннервации мускулов брюшной стенки в различные сроки эксперимента в процессе адаптации к статическим нагрузкам.
4. Исследовать изменения мышечной ткани и ее моторной иннервации мускулов брюшной стенки при хроническом переутомлении.

Методы исследования. Для решения задачи настоящей диссертационной работы были использованы гистологические, гистохимические и электронномикроскопические методы исследования. Полученные цифровые показатели подверглись обработке по общепринятым методам вариационной статистики.

Научная новизна данного исследования заключается в изучении динамики структурных преобразований в малоизучавшихся ранее мышцах брюшного пресса в различные сроки эксперимента /1, 10, 20, 30, 60, 80 и 182 дня/ с применением кинематических и статических физических нагрузок различной интенсивности. Впервые изучена ультраструктура субклеточных элементов мышечной ткани мускулов брюшного пресса тренирующегося организма. Оригинальным представляется освещение вопроса о целесообразности применения физических нагрузок в различных атмосферных условиях, основанном на данных о структурных изменениях мышечной ткани и их связи с уровнем мышечной работоспособности тренируемого организма. Определены количественные изменения элементов моторных бляшек /концевых веточек и нейромиеонных ядер/ мышц брюшного пресса при повышенной мышечной деятельности.

Обнаружено, что в мышцах брюшной стенки в условиях тренировки физическими нагрузками имеет место не только гипертрофия существующих мышечных волокон, но также увеличение их количества путем продольного расщепления. При мышечных перегрузках наряду с распадом отдельных мышечных волокон обнаружены явления регенерации.

Установлено, что кинематические и статические физические нагрузки при одинаковой их продолжительности вызывают различную степень реакции структур мышечной ткани в мышцах брюшной стенки. Более выраженные изменения происходят при статических нагрузках.

Практическая значимость заключается в раскрытии материальной основы адаптационных процессов мышц брюшного пресса при физических нагрузках различного вида, различной интенсивности и различных условиях их применения.

Значительной перестройке подвергаются структуры мышечной ткани мышц брюшной стенки как при кинематических, так и статических физических нагрузках. Более выраженное изменение мышц брюшного пресса при статических нагрузках может сказаться на акте выдоха, что в свою очередь повлечет нарушение кислородного обеспечения повышено функционирующего организма. Обнаруженная перестройка нервно-мышечных контактов, гипертрофия и гиперплазия мышечных волокон, а также явления регенерации при повышенной мышечной функции свидетельствуют о больших пластических свойствах мышц брюшной стенки в этих условиях.

Непродолжительная тренировка нагрузками в условиях пониженного атмосферного давления благоприятно сказывается на адаптационных свойствах структур мышц брюшной стенки, что соответствует воздействию длительной динамической нагрузки. Данные автора внедрены в учебный процесс преподавания курса спортивной морфологии на кафедре анатомии Киевского института физической культуры. Также использованы в лекции, прочитанной на Всесоюзном семинаре заведующих кафедрами анатомии институтов физической культуры 2-5 октября 1978г. в Киеве.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав /"Обзор литературы", "Материал, эксперимент и методики исследования", "Результаты собственных исследований", "Обсуждение полученных данных"/, выводов, указателя литературы, содержащего 274 источника /222 на русском и 52 на других языках/ и приложения. Вся диссертация, включая 104 рисунка, 19 таблиц и указатель литературы, занимает 245 машинописных страниц.

#### СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Первая глава - "Обзор литературы". В главе приведены данные советских и зарубежных работ, посвященных следующим вопросам:

1/ морфологические и функциональные особенности скелетной мускулатуры; 2/ о механизмах увеличения мышечной массы; 3/ ультраструктура мышечной ткани при физических нагрузках; 4/ моторная иннервация соматической мускулатуры; 5/ энергетическое обеспечение мышечной деятельности при физических нагрузках; 6/ мышечная деятельность при пониженном атмосферном давлении. На основании изучения доступной нам литературы и возникновения в результате этого ряда вопросов, касающихся воздействий повышенных физических нагрузок на мышечную ткань, мы решили провести настоящее исследование.

Вторая глава - "Материал, эксперимент и методики исследования". Объектами нашего исследования служили прямая, наружная и внутренняя косые и поперечная мышцы живота 109 трехмесячных белых лабораторных крыс весом 195±7,8 гр., которые в зависимости от цели эксперимента были разделены на четыре группы. Первая группа /16 крыс/ служила контролем.

Подопытные животные второй группы тренировались динамическими нагрузками и, в зависимости от интенсивности нагрузки, были разделены на две подгруппы. Животные, входящие в первую подгруппу /23 крысы/, получали постепенно повышающиеся нагрузки в течение 10, 20, 30, 80 и 182 дней. Вторая подгруппа состояла из животных /19 крыс/, тренировавшихся форсированно беговыми нагрузками на протяжении 1, 10, 20, 30 и 60 дней. Для тренировки животных динамическими нагрузками при нормальном атмосферном давлении сконструирован аппарат, который представляет собой барабан, приводимый в движение электродвигателем. Длина пути, пробегаемого животными в аппарате, регистрировалась показателем спидометра, что позволило при фиксации времени определять длительность и интенсивность нагрузки.



Третью группу составляли животные /21 крыса/, тренировавшиеся постепенно повышающимися статическими нагрузками в течение 10, 20, 30, 60 и 182 дней. Тренировку этих животных проводили при помощи аппарата из органического стекла, имеющего 6 клеток с вертикальной лестницей в каждой из них. Одна из стенок клетки являлась дверью через которую животные помещались внутрь камеры. Крысы, уцепившись четырьмя лапами, висели на лестнице.

Четвертая группа подвергалась воздействию пониженного атмосферного давления и в зависимости от характера тренировки подразделялась на три подгруппы. Первую подгруппу составляли животные, которые пребывали в условиях пониженного атмосферного давления без применения физических нагрузок 10, 20 и 30 дней. Характер тренировки животных второй подгруппы заключался в том, что они, не будучи подготовленными ни физическими нагрузками, ни тренировкой к пониженному атмосферному давлению, бегали в барокамере и умерщвлялись после 10, 20 и 30 дней опыта. Животные третьей подгруппы, будучи подготовленными умеренными динамическими нагрузками в течение 10 дней, бегали в барокамере-третбане при пониженном атмосферном давлении 10, 20 и 30 дней. Тренировку животных при пониженном атмосферном давлении осуществляли при использовании специального аппарата - третбана-барокамеры конструкции И.В.Гудая и А.О.Навро-ты /1972/. В данном эксперименте животные тренировались при среднем давлении проточного воздуха 430 мм рт. ст., соответствующем "высоте" 4500 м. Скорость "подъема" и "спуска" составляла 1000 м за 3 минуты.

Выбор таких животных обусловлен тем, что способность крыс к бегу и лазанию позволяет поставить эксперимент с применением статических нагрузок - висение и динамических - бег. Кроме того, белые лабораторные крысы имеют сравнительно короткий жизненный цикл,

позволяющий наблюдать за небольшой промежуток времени закономерности процессов, протекающих у тренирующегося человека в течение длительного периода. Небольшие размеры животных позволяют исследовать большую часть интересующих мускулов.

При тренировке животных были использованы современные принципы постепенности увеличения, чередования и повторности физических нагрузок /Л.П.Матвеев, А.Д.Новиков, 1976; Л.П.Матвеев, 1977/. Метод тренировки осуществлялся по часто применяющейся в практике спорта схеме, которая предусматривает чередование малых /30% от максимальной нагрузки/, средних /50%/, субмаксимальных /80%/ и максимальных /100%/ нагрузок.

С целью изучения мест начала и прикрепления исследуемых мускулов, а также их макроморфологических особенностей препарировали три контрольные крысы под бинокулярной лупой по методу В.П.Воробьева /1925/.

Микроскопические структуры мышечной ткани изучали по общепринятым гистологическим методам: гематоксилин-эозин по Эрлиху для исследования особенностей мышечных ядер, пикрофуксин по Ван-Гизону для выявления соединительной ткани /В.Г.Елисеев с соавт., 1967; П.Лилли, 1969/. Цветную реакцию на гликоген проводили, применяя метод ШИК по Мак-Манусу /А.И.Кононский, 1976/. В качестве контрольной реакции на гликоген была реакция амилазой фильтрованной слюны. Гистосрезы толщиной 10-30 мк, изготовленные на замораживающем микротоме, окрашивались суданом-Ш по Ромейсу для выявления нейтральных липидов, периферические нервные волокна и их окончания импрегнировались солями азотнокислого серебра по Бильшовскому-Гросс и Кампосу. В некоторых случаях ядра моторных окончаний докрасивали гематоксилин-эозином по Эрлиху. Для этих целей брались кусочки размером 1 x 1 см верхней части надплечного отдела прямой мышцы,

верхне-медиальной части наружной и внутренней косых мышц и верхней-передней части поперечной мышцы живота. Учитывая, что движения животных во время опыта с кинематическими и статическими нагрузками были симметричными, мы сочли возможным подвергнуть гистологической обработке только правую половину мышц брюшного пресса. Для электронно-микроскопического исследования пробы отбирались с нижней части надпупочного отдела левой прямой мышцы живота животных, тренировавшихся 20,80 и 182 для постепенно повышающимися статическими и динамическими нагрузками, а также форсированно беговыми нагрузками на протяжении 20 дней.

Подсчитывали количество терминальных веточек и нейромионных ядер в 6150 подошвах моторных бляшек 208 мышц. Для каждой подопытной серии было не менее 90 наблюдений. Цифровые показатели обрабатывались по общепринятым методам вариационной статистики /Н.А.Плохинский, 1969; Г.Ф.Лакин, 1973; П.В.Терентьев, Н.С.Ростова, 1977/. Различия между сравниваемыми величинами считали статистически достоверными по критерию Стьюдента при  $t > 1,96$ .

Содержание гликогена в мышцах оценивали визуально по интенсивности окраски препаратов и по числу и величине его глыбчатых образований, обозначались в условных единицах от 0 до 5. Оценивали содержания липидов в мышцах аналогичным методом.

Результаты собственных исследований и их обсуждение.

Микроскопическое изучение мышц брюшного пресса показало, что прямая, наружная и внутренняя косые мышцы живота построены из тонических, тетанических и переходных мышечных волокон с преобладанием в количественном отношении первых, что согласуется с данными Е.К.Жукова, 1956; П.З.Гудзя, 1967; Ю.П.Бычкова, 1969; Л.П.Новака, 1969; В.Ф.Солошенко, 1975; и др., подтверждающих строение скелетных мускулов из красных, белых и смешанных мышечных волокон и про-

тиворечащими W.Knoll et al. /1940/, H.Frick /1954/, Т.В.Видику /1957/, которые утверждают, что соматическая мускулатура построена только из одного типа мышечных волокон.

При долговременном применении физических нагрузок статического характера тетанические мышечные волокна приобретают особенности, характерные для тонических. В них повышается количество саркоплазмы, миофибриллы собираются в пучки, увеличивается число ядер, которые приобретают округлую форму; глыбки хроматина в ядрах располагаются равномерно. Двигательные бляшки при этом расширяются по отношению к мышечным волокнам в поперечном направлении, прослойки эндо- и перимизия утолщаются. При выполнении динамических упражнений миофибриллы тонических волокон располагаются равномерно по всему мышечному волокну, поперечная исчерченность становится более выраженной, количество мышечных ядер также увеличивается, но в меньшей мере; они приобретают овальную или веретенообразную форму, происходит истончение прослойки эндо- и перимизия; двигательные бляшки вытягиваются по длине волокну.

В мышечных волокнах животных выявлено три типа мышечных ядер: округлые, овальные и палочковидные. Округлые со светлой кариоплазмой и средними глыбками хроматина содержат 1-2 ядрышка. Часто встречаются в мышцах животных третьей группы, тренировавшихся статическими нагрузками. Овальные ядра с умеренно базофильной кариоплазмой и крупными глыбками хроматина содержат 2-3 ядрышка. Такие ядра наблюдали чаще в мышцах животных, тренировавшихся динамическими нагрузками. Палочковидные ядра, часто располагающиеся цепочкой, характеризуются сильно базофильной кариоплазмой. Включают 3-4 и больше ядрышек. В связи с базофилией кариоплазмы палочковидных мышечных ядер не всегда можно различить глыбки хроматина. Такие ядра

часто встречаются у животных, длительно тренировавшихся повышенными физическими нагрузками.

Проведенное нами электронно-микроскопическое исследование ядер показало, что в процессе тренировок физическими нагрузками на ядерной мембране появляются множественные углубления и выпячивания, которые увеличивают ее поверхность. Значительно увеличивается и количество осмиофильных гранул в ядре, располагающихся преимущественно ближе к кариоплазме. В многочисленных ядрах мышц животных, тренировавшихся форсированно беговыми нагрузками обнаруживали противоположную картину — содержание осмиофильных веществ значительно уменьшилось, что свидетельствует о нарушении процессов синтеза ядрами нуклеиновых кислот.

Электроннограммы мышечных волокон показали, что по мере возрастания тренировочных дней канальцы и боковые цистерны саркоплазматического ретикулаума увеличивались как в размерах, так и по количеству. При длительном применении больших физических нагрузок в просветах канальцев появляются частицы осмиофильного свойства, являющиеся, по данным В.В.Серова с соавт. /1975/, задержанным в канальцах продуктом метаболизма, который может препятствовать восстановительным процессам и проведению потенциалов действия от поверхности вглубь мышечного волокна. Количество и объем митохондрий при применении физических нагрузок также возросли, что гарантирует образование больших запасов АТФ-энергетического вещества, играющего важную роль в мышечном сокращении. Однако в период тренировок, когда животные находились в состоянии утомления, наблюдалось набухание митохондрий; фрагментация и разрушение крист, просветление матрикса и образование вакуолей на месте многочисленных митохондрий.

Основой гипертрофии мышечных волокон в первую очередь является увеличение количества миофибрилл, процесс, который обнаруживали даже на ранних стадиях тренировок физическими нагрузками. На поперечных срезах при помощи электронного микроскопа наблюдали прорастание саркоплазмы между белковыми нитями актина и миозина, разделявшей миофибриллы на две.

Среди ученых, изучавших влияние физических нагрузок на структуру мышечной ткани, не существует единого мнения о механизмах увеличения мышечной массы. В.Морган /1897/, В.Подвысоцкий /1905/, А.Нoffmann /1938/, Е.С.Яковлева, /1956/, А.К.Ковешникова /1956/ доказывали, что увеличение размеров тренирующихся мышц происходит только за счет гипертрофии мышечных волокон без изменения их количества. В трудах Т.В.Видик /1958/, П.З.Гудзя /1963-1967/, Ф.С.Балакина /1964/, Д.И. Ярославской /1964/, V.R.Edgerton /1970/, Г.Н. Ленской /1973/, А.И.Денисова /1973/, Т.Я.Галыниной /1975/, Ю.Феки /1977/ и др. доказано, что систематическая тренировка физическими нагрузками вызывает не только утолщение существующих мышечных волокон, но также и увеличение их количества путем продольного расщепления.

Проведенное нами исследование мышц живота подтвердило мнение о том, что в основе рабочей гипертрофии мышц лежат два процесса: гипертрофия и гиперплазия мышечных волокон. Причем процесс гиперплазии мышечных волокон становится наиболее выраженным при тренировке повышенными физическими нагрузками. С другой стороны, длительное применение максимальных физических нагрузок, вызывающих хроническое утомление, приводит к заметному подавлению этого процесса.

Гистохимические исследования свидетельствуют о том, что гликоген в мышечных волокнах находится в двух формах: диффузной и гранулярной. Причем этот полисахарид вследствие "бегства от фиксатора" располагается в одном полюсе мышечного волокна /Б.Ромейс, 1954; В.Ф.Солошенко, 1975/. В начальные периоды эксперимента количество гликогена в мышечных волокнах резко уменьшается, особенно в мышцах животных, тренировавшихся статическими нагрузками, а также в условиях пониженного атмосферного давления, благодаря его свойству расщепляться при кислородном голодании. По мере адаптации животных к физическим нагрузкам гликоген вначале восстанавливается, а затем накапливается в большем, чем в норме, количестве. Наибольшее снижение уровня гликогена отмечается у животных, форсированно тренировавшихся беговыми нагрузками без последующей существенной нормализации количества этого полисахарида в мышечных волокнах. Помимо восстановления содержания гликогена в мышцах наблюдали постепенное снижение запасных липидов. У животных, длительно тренировавшихся физическими нагрузками, скопление липидных гранул, сопровождающих кровеносные сосуды и нервные волокна, а также располагающихся в межволокнутом пространстве, встречается редко.

При исследовании нервных образований мускулов брюшного пресса установлено, что в результате применения физических нагрузок происходят как качественные, так и количественные изменения. В мышцах животных, тренировавшихся постепенно повышающимися динамическими и статическими нагрузками, нервные волокна утолщаются и сильнее импрегнируются солями азотно-кислого серебра. Под воздействием многократных тренировок на моторных аксонах образуются наплывы нейроплазмы, чередующиеся с выраженными сужениями, разрушение нейрофибрилл и вакуолизация некоторых осевых цилиндров. В отдель-

ных моторных бляшках терминали несколько огрубевают и укорачиваются. Следует отметить, что эти изменения периферических нервных структур более выражены в мышцах тренируемых статическими нагрузками в период с третьего по седьмой месяц, когда у животных наступают признаки утомления и даже, в некоторых случаях, в мускулах имеют место дегенеративные процессы в мотоаксонах и их окончаниях. При тренировке в условиях пониженного атмосферного давления характерным является резкое повышение базофилии "подшв" двигательных бляшек. После длительного форсированного воздействия тренировок динамическими нагрузками /60 дней/ подобные изменения появляются в большей степени. У этих же животных дегенеративным явлениям подвергаются некоторые нервные волокна целиком, в результате чего множество мышечных волокон теряют свою моторную иннервацию. В результате проведенного исследования было выяснено, что приконецевые отделы моторных окончаний более лабильны к воздействиям физических нагрузок, чем сами двигательные окончания.

В случаях дегенерации моторных окончаний в условиях непрерывающихся тренировок отмечалось их восстановление путем прямой или коллатеральной регенерации.

Об увеличении количества элементов двигательных окончаний при применении физических нагрузок указывается в трудах Е.С.Яковлевой /1954/, К.Г.Шиткова /1957/, А.К.Ковешниковой /1958/, И.П.Котляровой /1970/, И.В.Кучерова /1973/ и др. Однако данные этих авторов неполностью согласуются между собой, по-видимому, в результате использования различных по характеру, интенсивности и продолжительности физических нагрузок. Кроме того, объектом их исследования служили неодинаковые мышцы. Нужно отметить, что результаты приведенных исследований не были статистически обработаны.



Проведенное нами количественное исследование концевых веточек и нейромионных ядер моторных окончаний выявило тесную связь количественных изменений с интенсивностью, продолжительностью и условиями выполнения физических нагрузок. Отмечено, что с возрастанием количества тренировочных дней число синаптических элементов в двигательных окончаниях мышц брюшного пресса всех экспериментальных животных увеличивалось.

После 30 тренировок наибольший показатель количества терминалей моторных бляшек был зафиксирован у животных, бегавших в условиях пониженного атмосферного давления с предварительной физической подготовкой. Несколько ниже был показатель у испытуемых, получавших статические нагрузки, а наименьшее число терминалей осевых цилиндров, из всех приведенных животных, оказалось у тренировавшихся динамическими нагрузками в обычных атмосферных условиях /табл. I-4/. В количественном соотношении увеличение нейромионных ядер в бляшках на данном этапе эксперимента более выражено, чем терминалей. Бляшки мышц животных, тренировавшихся в условиях пониженного атмосферного давления с предварительной физической подготовкой обладали наибольшей численностью ядер. Наименьшее количество нейромионных ядер в двигательных бляшках оказалось у животных, тренировавшихся беговыми нагрузками при пониженном атмосферном давлении. Интересно отметить, что у последних животных по истечении 30 тренировочных дней чаще, чем у других, возникали необратимые изменения нейромышечных синапсов. С увеличением срока эксперимента /3 месяца/ возрастает количество как терминалей, так и нейромионных ядер у животных, тренировавшихся статическими и в меньшей степени динамическими нагрузками /табл. I-4/. В конце же эксперимента /после 182 тренировочных дней/ общее число терминалей в бляшках животных, тренировавшихся

Таблица 1

Количество терминальных веточек и нейромионных ядер в мышцах брюшного пресса контрольных опытов и при постепенно повышающихся динамических нагрузках

		Количество тренировочных дней							
		Контроль		30		80		182	
		M+	m	M+	m	M+	m	M+	m
прямая мышца живота	термин. веточки	3,18±0,13		3,71±0,15		5,64±0,19		7,16±0,19	
	нейром. ядра	5,71±0,26		7,69±0,32		10,01±0,29		13,82±0,39	
наружная косая мышца живота	термин. веточки	3,68±0,16		4,60±0,17		6,36±0,21		7,80±0,21	
	нейром. ядра	6,17±0,35		9,21±0,34		11,49±0,43		14,64±0,34	
внутрен. косая мышца живота	термин. веточки	3,03±0,09		3,64±0,17		4,68±0,19		6,50±0,17	
	нейром. ядра	4,88±0,20		7,51±0,32		9,73±0,31		13,07±0,49	
попереч. мышца живота	термин. веточки	2,51±0,15		3,51±0,17		4,88±0,22		6,00±0,19	
	нейром. ядра	4,30±0,27		7,17±0,34		8,69±0,34		11,82±0,36	

Таблица 2

Количество терминальных веточек и нейромионных ядер в мышцах брюшного пресса контрольных опытов и при постепенно повышающихся статических нагрузках

		Количество тренировочных дней							
		Контроль		30		80		182	
		M+	m	M+	m	M+	m	M+	m
прямая мышца живота	термин. веточки	3,18±0,13		4,36±0,17		6,41±0,13		7,21±0,17	
	нейром. ядра	5,71±0,26		8,18±0,32		11,10±0,30		14,17±0,34	
наружная косая мышца живота	термин. веточки	3,68±0,16		5,06±0,21		7,01±0,17		8,72±0,22	
	нейром. ядра	6,17±0,35		9,82±0,34		11,54±0,39		12,28±0,29	
внутрен. косая мышца живота	термин. веточки	3,03±0,09		3,89±0,19		5,20±0,11		6,22±0,15	
	нейром. ядра	4,88±0,20		7,59±0,30		9,76±0,26		10,76±0,28	
попереч. мышца живота	термин. веточки	2,51±0,15		3,74±0,15		4,64±0,12		5,83±0,17	
	нейром. ядра	4,30±0,27		7,18±0,36		8,44±0,27		11,08±0,29	

Таблица 3

Количество терминальных веточек и нейромионных ядер в мышцах брюшного пресса контрольных опытов и при беге в условиях пониженного атмосферного давления

		Количество тренировочных дней			
		Контроль	10	20	30
		M+ m	M+ m	M+ m	M+ m
прямая мышца живота	термин. веточки	3,18±0,13	3,22±0,11	3,54±0,15	4,24±0,17
	нейром. ядра	5,71±0,26	6,31±0,21	6,81±0,26	7,97±0,30
наружная косая мышца живота	термин. веточки	3,68±0,16	3,93±0,19	4,18±0,17	4,80±0,19
	нейром. ядра	6,17±0,35	7,23±0,28	8,38±0,32	9,06±0,34
внутрен. косая мышца живота	термин. веточки	3,03±0,09	3,32±0,11	3,58±0,13	3,84±0,17
	нейром. ядра	4,88±0,20	6,07±0,19	7,34±0,28	7,52±0,28
попереч. мышца живота	термин. веточки	2,51±0,15	3,03±0,11	3,41±0,15	3,60±0,15
	нейром. ядра	4,30±0,27	5,66±0,19	6,54±0,30	6,79±0,30

Таблица 4

Количество терминальных веточек и нейромионных ядер в мышцах брюшного пресса контрольных опытов и при беге в условиях пониженного атмосферного давления с предварительной 10-дневной физической подготовкой

		Количество тренировочных дней			
		Контроль	10	20	30
		M+ m	M+ m	M+ m	M+ m
прямая мышца живота	термин. веточки	3,18±0,13	3,47±0,17	3,86±0,15	4,43±0,17
	нейромион. ядра	5,71±0,26	7,02±0,34	7,87±0,28	8,52±0,32
наружная косая мышца живота	термин. веточки	3,68±0,16	4,05±0,19	4,49±0,17	4,92±0,21
	нейром. ядра	6,17±0,35	7,56±0,26	8,70±0,36	8,97±0,34
внутрен. косая мышца живота	термин. веточки	3,03±0,09	3,47±0,17	3,93±0,15	4,34±0,15
	нейром. ядра	4,88±0,20	6,74±0,26	7,51±0,28	8,59±0,34
попереч. мышца живота	термин. веточки	2,51±0,15	3,40±0,17	3,78±0,15	3,89±0,17
	нейромион. ядра	4,30±0,27	6,61±0,26	6,78±0,28	7,91±0,30

БИБЛИОТЕКА  
Всесоюзного института физической культуры  
Москва

статическими нагрузками, несущественно превышает этот показатель у испытуемых, получавших кинематические нагрузки. Что касается ядер, то увеличение их количества соответствовало повышению мышечной работоспособности экспериментальных животных. У животных, получавших статические нагрузки, такой взаимосвязи не наблюдалось. Закономерно, что появление необратимых процессов в мышечной ткани мускулов брюшного пресса и их иннервационных приборах является предпосылкой к снижению мышечной работоспособности.

Следует отметить, что соотношение между терминалями и нейромиионными ядрами в норме равно 1:1,69, а у подопытных животных, получавших статические и динамические нагрузки в течение семи месяцев, это соотношение соответственно составило 1:1,74 и 1:1,94.

На всех этапах проведенного эксперимента, также как и в норме, отмечается закономерное преобладание количества концевых веточек и нейромиионных ядер в моторных бляшках наружной косой и, в меньшей степени, прямой мышц живота над другими исследуемыми мускулами. Самый низкий показатель этих элементов имеется в моторных окончаниях поперечной мышцы живота. Обращает внимание тот факт, что в короткие сроки эксперимента увеличение количества терминалей и нейромиионных ядер бляшек поперечной мышцы живота происходит интенсивнее, чем в других исследованных мышцах. Это особенно заметно у животных, тренировавшихся статическими нагрузками.

Полученные нами данные о микроскопических и субмикроскопических изменениях элементов двигательных бляшек в условиях тренировки физическими нагрузками, а также научные данные других исследователей / А.К.Ковешникова, 1955 ; Л.Ф.Мавринская, 1956 ; В.В.Португалов с соавт., 1958; П.З.Гудзь, 1962, 1968 ; И.П.Котлярова, 1970; и др./, доказывают, что увеличение количества и раз-

меров концевых веточек подошв моторных окончаний способствует улучшению проведения нервных импульсов; что, естественно, сказывается на повышении сократительных возможностей мышечных волокон.

Увеличение числа и размеров терминалей сопровождается возрастанием длины и количества складок мионевральной мембраны, что можно на субмикроскопическом уровне рассматривать как основу увеличения синаптической площади нейромышечного соприкосновения в условиях физических нагрузок. Это подтверждается и тем, что с увеличением размеров и количества терминалей возрастает количество и размеры синаптических везикул, содержащих медиатор. Кроме того, при тренировке повышенными физическими нагрузками увеличивается плотность расположения синаптических везикул. Возможно, что большая численность везикул в нейромышечных синапсах гарантирует осуществление интенсивных и длительных физических нагрузок благодаря существенному запасу в них ацетилхолина.

Установлено, что увеличение площади нейромышечных контактов происходит не только за счет гипертрофии и гиперплазии терминалей ранее существовавших бляшек, но также благодаря формированию дополнительных. Этот процесс осуществляется тремя способами: а/ путем развития дополнительного нервного окончания из коллатеральной веточки, отрастающей от претерминального отдела осевого цилиндра; б/ путем прорастания одной концевой веточки /центральной/ данной двигательной бляшки к соседней области того же или рядом лежащего мышечного волокна и образования там нового нервно-мышечного окончания; в/ комбинированно за счет первого и второго способов одновременно.

Помимо приспособительных и адаптационных преобразований мышечной ткани тренируемых животных встречаются и мышечные волокна, подвергающиеся глубоким реактивным изменениям, выражающимся в появлении узловатых утолщений, в области которых сократительный

аппарат гомогенизируется, а также происходит фрагментация и распад некоторых мышечных волокон. На месте распавшихся мионов появляются многочисленные фагоцитарные клетки, которые осуществляют "уборку" некротических масс. У животных, длительно тренировавшихся форсированными динамическими нагрузками и находившихся в состоянии переутомления вышеописанным явлениям подвергались не только отдельные мышечные волокна, но и целые группы их.

Огромный практический интерес представляет вопрос о возможности регенерации мышечных волокон, подвергшихся необратимым морфологическим изменениям, возникающим в условиях больших физических нагрузок.

Процесс обновления мышечных волокон происходил, так называемым, симпластическим путем при образовании мышечных почек за счет размножения ядер и дальнейшей редифференцировки участков поврежденного мышечного волокна. По-видимому, основная роль в образовании миобластов в регенерирующей мышце принадлежит клеткам-сателлитам, которые рассматриваются в таких случаях как камбиальные элементы в отношении мышечной ткани / A. Mauro, 1961; D. В. Allbrook, 1962; R. K. Gilbert с соавт., 1965; Р. П. Женеvская, 1968; А. Н. Студитский, 1977/. Дальнейший этап физиологической регенерации представляет собой процесс образования мышечных трубочек, для которых характерно центральное расположение миофибрилл. Превращение мышечных трубочек в дифферентивные мышечные волокна проходит под непосредственным контролем нервной системы.

Обнаруженные нами репаративные процессы подобны описанным А. Н. Студитским /1959/, E. T. Field /1961/, В. М. Carlson /1970, 1972/, С. И. Шелкуновым, Г. В. Харловой /1977/ и др. при регенерации мышц в результате разнообразных повреждений. Кроме того, мы наблюдали новообразования мышечных волокон от неповрежденных мионов,

что можно трактовать как непосредственное увеличение количества волокон, или как процесс компенсаторной регенерации, поскольку новообразованное волокно замещает погибшее, находившееся в этой же мышце, но в соседнем участке.

Процессы самообновления мышечной ткани усиливаются при повышенных физических нагрузках и выступают не только как физиологическая регенерация мышц, но также как источник преумножения мышечных волокон — составной компонент процесса рабочей гипертрофии мышц. У животных, форсированно тренированных физическими нагрузками, физиологическая регенерация выражена в значительно меньшей степени. Физиологическое самообновление мышечных волокон находит наиболее эффективный режим в мышцах животных, тренировавшихся постепенно повышающимися динамическими и статическими нагрузками.

Пребывание в условиях пониженного атмосферного давления без применения физических нагрузок вызвало заметную перестройку структуры мышц и их иннервационного аппарата приспособительного характера. У животных, бегавших в таких же условиях, изменения мышечной ткани были более выражены и в некоторых случаях имели патологический характер. Сочетание предварительной тренировки умеренными нагрузками с последующим выполнением физических нагрузок в условиях пониженного атмосферного давления явилось наиболее эффективным режимом для повышения работоспособности у животных, тренировавшихся при пониженном атмосферном давлении.

В начальные периоды длительной тренировки работоспособность животных, тренировавшихся как статическими, так и динамическими нагрузками, повысилась. В период же с третьего по седьмой месяцы эксперимента у первых животных, в отличие от вторых, работоспособ-

ность понизилась.

#### ВЫВОДЫ

1. Систематические тренировки физическими нагрузками приводят к отчетливым изменениям структур мышечной ткани и ее иннервации мускулов брюшного пресса, выраженность которых находится в прямой зависимости от величины, характера и продолжительности применяемых нагрузок, а также от условий атмосферного давления.

2. Физические нагрузки приводят к увеличению как размеров, так и числа субклеточных элементов мышечной ткани, однако в периоды переутомления имеют место структурные нарушения этих компонентов.

3. Применение физических нагрузок сопровождается увеличением размеров мышц, которое происходит как вследствие увеличения объема существующих мышечных волокон, так и увеличения их количества за счет продольного их расщепления, отщепления, а также дифференцировки мышечных волокон из миобластических элементов.

4. При динамических нагрузках тонические мышечные волокна приобретают особенности, характерные для тетанических. Применение же статических нагрузок приводит к появлению у тетанических мышечных волокон свойств тонических.

5. Возрастание количества терминальных веточек и нейромионных ядер в моторных нервных окончаниях находится в прямой зависимости от увеличения числа тренировочных дней.

6. Увеличение площади нейромышечного контакта при физических нагрузках происходит не только вследствие гипертрофии и гиперплазии синаптических элементов существующих двигательных окончаний, но и за счет их новообразования.

7. При тренировке постепенно повышающимися физическими наг-



рузками в ранние сроки эксперимента концентрация гликогена в мышцах уменьшается, с последующим увеличением его к концу опыта. При форсированной тренировке физическими нагрузками количество гликогена в мышцах снижается с возрастающей интенсивностью к концу опыта.

8. В период применения больших физических нагрузок многие мышечные волокна подвергаются дегенерации. Компенсация их осуществляется благодаря способности мышечной ткани к физиологической регенерации.

9. Чрезмерное применение максимальных физических нагрузок приводит к деструкции большого количества элементов мышечной ткани и ее иннервационного аппарата, что является предпосылкой к снижению мышечной работоспособности.

10. Применение предварительной тренировки умеренными физическими нагрузками с последующим выполнением тренировок в условиях пониженного атмосферного давления приводит к наиболее благоприятным условиям раскрытия пластических и компенсаторных свойств морфологических компонентов мышц брюшного пресса, что сопровождается повышением мышечной работоспособности.

#### С П И С О К

работ, опубликованных по теме диссертации.

1. Гудзь П.З., Валин Абрау Б., Феки Ю. Морфологическая перестройка мышц брюшного пресса и диафрагмы при тренировке физическими нагрузками. -В сб.:Тезисы докладов УП Украинской республиканской конференции анатомов, гистологов и эмбриологов, посвященной 100-летию со дня рождения академика В.П.Воробьева. Харьков, 1976, с.30-31.

2. Вальин Абреу Б.О морфологических изменениях мышц брюшного пресса в условиях тренировки физическими нагрузками. -В сб.: Методические разработки молодых ученых КТИФК по педагогическим, психологическим, медико-биологическим, техническим и организационно-методическим аспектам физического воспитания и спортивной тренировки. Киев, 1977, с.110-115.

3. Феки Ю., Вальин Абреу Б. Динамика морфологических изменений мышц брюшного пресса диафрагмы в условиях двигательной гипоксической гипоксии. -В сб.: Методические разработки молодых ученых КТИФК по педагогическим, психологическим, медико-биологическим, техническим и организационно-методическим аспектам физического воспитания и спортивной тренировки. Киев, 1977, с.134-135.

4. Вальин Абреу Б. Количественная характеристика морфологических изменений моторных нервных окончаний мышц брюшного пресса при динамических и статических физических нагрузках. -В сб.: Адаптационные процессы структур организма в условиях тренировки физическими нагрузками. Киев, 1977, с.24-35.

5. Вальин Абреу Б. О реактивных свойствах моторных нервных приборов мышц брюшного пресса при тренировке физическими нагрузками. -В сб.: Материалы II всесоюзной конференции по проблемам спортивной морфологии. М., 1977, с.34-35.

#### С О Б Щ Е Н И Я,

сделанные по теме диссертации

1. На научной конференции молодых ученых КТИФК по педагогическим, психологическим, медико-биологическим, техническим и организационно-методическим аспектам физического воспитания и спортивной тренировки в г.Киеве в 1977 году.

2. На III Всесоюзной научной конференции молодых ученых институтов физической культуры в г.Киеве в 1978 году.

*Вальин*