

612 28.91

Восток

Восток

СВЕРДЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ

Ш 13

С

*На правах рукописи*

Р. А. ШАБУНИН

**ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОГО  
АППАРАТА  
И СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ  
ПРИ СТАТИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЯХ**

(766 — нормальная физиология)

Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени  
доктора медицинских наук

СВЕРДЛОВСК  
1969

Работа выполнена в Центральной научно-исследовательской лаборатории и на кафедре нормальной физиологии Свердловского государственного медицинского института.

Научные консультанты:

Академик АПН СССР, профессор, доктор биологических наук **А. А. Маркосян**.

Профессор, доктор медицинских наук **Р. С. Орлов**.

Официальные оппоненты:

1. Профессор, доктор биологических наук **В. С. Фарфель**.
2. Профессор, доктор медицинских наук **В. В. Розенблат**.
3. Профессор, доктор медицинских наук **С. И. Серов**.

Автореферат разослан « *17* » *сентября* 1969 г.

Защита диссертации состоится « *21* » *октября* 1969 г. на заседании медико-биологического Совета Свердловского медицинского института (г. Свердловск, ул. Репина, 3).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке медицинского института. Адрес: ул. Ермакова, 7.

Ученый секретарь — доцент **А. П. Боярский**.

В последние годы в нашей стране все большее внимание уделяется разработке средств, способствующих всестороннему развитию подрастающего поколения и сохранению здоровья и работоспособности пожилых людей, процентное число которых в структуре населения непрерывно растет. Выполнить эту задачу невозможно без знания возрастных особенностей человека в процессе его онтогенеза. И если эти особенности людей среднего возраста изучены достаточно полно, то этого нельзя сказать о других периодах онтогенеза. Возрастные особенности детей школьного возраста и пожилых людей стали изучаться более интенсивно лишь в последние 10—15 лет. В то же время развитие многих медицинских и педагогических наук, таких как педиатрия, детская невропатология и психиатрия, гигиена детей и подростков, физическое воспитание, трудовое обучение, педагогика, детская психология, геронтология и гериатрия, в большой мере зависит от того, как полно изучена деятельность организма на каждом возрастном этапе.

Значительная биологическая роль в становлении организма и приспособлении его к изменениям, происходящим в окружающей среде, принадлежит мышечной деятельности. Эта деятельность складывается из динамической работы и статических (изометрических) мышечных напряжений, которые обеспечивают главным образом поддержание позы. Любое движение всегда начинается с какой-либо позы. Статические мышечные напряжения, связанные с поддержанием позы, занимают большое место в жизнедеятельности человека. Нередко утомление, возникающее во время работы или обучения, зависит главным образом от статического компонента мышечной деятельности.

Непрерывная все возрастающая механизация и автоматизация производственных процессов приводит к значительному увеличению роли статического компонента в трудовой деятельности. Все большее число профессий сопряжено с длительным сохранением вынужденной позы и микродвижениями небольших групп мышц, в основном кисти и предплечья, в деятельности которых доля малых статических напряжений значительна.

Статический компонент занимает важное место в труде водителей автомашин, летчиков, при работе на пультах управле-

ния, на некоторых конвейерах и т. д. Статические напряжения больших групп мышц также нередко можно наблюдать у рабочих в производственных условиях. Они отмечаются у сверловщиков, токарей, фрезеровщиков, вальцовщиков, монтажников и других рабочих. Значительное место принадлежит статическим напряжениям мышц в физиологическом действии перегрузок, которые испытывают летчики и космонавты.

Статические напряжения являются удобной моделью для изучения утомления. Большое практическое и теоретическое значение в проблеме утомления имеет диагностика ранних его признаков. Следует думать, что сдвиги отдельных физиологических показателей, прежде всего тех, которые отражают деятельность вегетативных систем, не могут служить признаками утомления. Решение вопроса о диагностике утомления, на наш взгляд, требует новых методических приемов исследований. Назрела необходимость изучать особенности утомления в возрастном аспекте.

Исследованиями сотрудников лаборатории Н. К. Верещагина (выполнявшимися в 1947—1962 гг.) и других авторов было показано, что специальная тренировка к статическим напряжениям приводит к значительному повышению работоспособности организма и может способствовать росту спортивных результатов в некоторых видах спорта. Эта особенность статических напряжений подмечена и тренерами. В настоящее время статические мышечные напряжения в виде специальных физических упражнений или упражнений с отягощениями довольно широко используются в тренировке спортсменов различной специализации. За рубежом широкое распространение получил изометрический метод развития силы. Появились исследования, указывающие на перенос результатов тренировки в статической выносливости на динамическую мышечную деятельность. Статические физические упражнения в комплексе с динамическими успешно применяются при лечении некоторых видов заболеваний и в производственной гимнастике, при вынужденной гипокинезии — в танке, на подводной лодке, в космическом корабле.

Следовательно, для получения достаточно полной характеристики мышечной деятельности необходимо изучать не только физиологию динамической работы, но и физиологические особенности статических напряжений. Имеющиеся в литературе данные по физиологии мышечной деятельности статического характера в своем большинстве получены в результате исследований на людях зрелого возраста. Известно, что дети школьного возраста отличаются низкой выносливостью к статическим

напряжениям. Этот факт привел к распространенному мнению о том, что там, где это возможно, нужно ограждать школьника от статических напряжений. Но такой подход, на наш взгляд, не может полностью решить проблемы. Необходим также другой, более эффективный путь — повышение выносливости к статическим напряжениям. Однако этот вопрос в литературе даже не ставится в связи с тем, что отсутствуют достаточно полные данные о том, как влияют различные виды статических напряжений на организм школьника. Не изучено влияние статических напряжений на организм пожилых людей, которым приходится выполнять различные статические мышечные напряжения. Отсутствуют систематические исследования в онтогенетическом плане.

Выполнение статических напряжений в большой степени зависит от сдвигов, происходящих в системе кровообращения. Имеющиеся в литературе данные о состоянии сердечно-сосудистой системы во время статических напряжений получены в основном при изучении отдельных показателей системы кровообращения, что затрудняет оценку приспособительных механизмов и характера компенсаторных реакций в ответ на мышечное напряжение.

**Цель исследования** — выявить возрастные особенности функционирования двигательного аппарата и системы кровообращения при произвольной мышечной деятельности статического характера; изучить некоторые приспособительные механизмы сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем в этих условиях деятельности.

**Задачи исследований:** 1. Изучить динамику изменений общего и регионарного кровообращения при статических напряжениях малых и больших групп мышц у лиц мужского пола в возрасте 8—9, 13—14, 18—20 и 60—75 лет.

2. Путем полиграфической регистрации физиологических показателей при статических напряжениях изучить функциональные возможности сердечно-сосудистой, нервно-мышечной системы и те приспособительные механизмы, которые развиваются на основных этапах онтогенеза и в результате тренировки.

3. Разработать способы, позволяющие диагностировать первую фазу утомления в том периоде, когда еще нет снижения показателей выполняемой мышечной деятельности; исследовать характер утомления у лиц различного возраста.

Диссертация состоит из введения, семи глав, обсуждения результатов и выводов. Глава I посвящена вопросам методики;

материалы исследований слагаются из двух частей, касающихся изучения состояния двигательного аппарата (гл. II—III) и системы кровообращения (гл. IV—VII). Работа изложена на 599 страницах машинописи и содержит 9 таблиц и 70 рисунков. Каждой главе предпослана литературная справка, содержащая анализ современного состояния вопроса. Указатель литературы включает 650 отечественных и 325 иностранных источников.

---

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для выполнения работы требовалось, во-первых, создать установку, позволяющую производить непрерывную многоканальную (полиграфическую) регистрацию показателей основных функций организма, обеспечивающих мышечную деятельность: кровообращения, дыхания и нервно-мышечной системы; во-вторых, из всего периода онтогенеза выбрать такие возрастные группы, исследование которых имело бы не только теоретический, но и практический интерес; и, в-третьих, из различных видов статических напряжений выделить такие, которые наиболее часто встречаются в жизнедеятельности человека или предъявляют высокие требования к системе кровообращения.

В результате анализа отдельных этапов онтогенеза выбор пал на четыре возрастные группы, отражающие основные моменты развития двигательного аппарата и его изменений при старении. Исследовались дети 8—9 лет, которые уже способны выполнять произвольные мышечные напряжения, но двигательный аппарат которых, продолжая интенсивно развиваться, еще остается незавершенным. Изучались подростки 13—14 лет, вступающие в период полового созревания. Морфологические основы двигательного анализатора достигают в этом возрасте значительного развития (Л. А. Кукуев, 1955; Л. К. Семенова, 1965; и др.), а функциональные показатели двигательной деятельности достигают большого совершенства (Р. Е. Мотылянская, 1956; В. С. Фарфель, 1959; А. В. Коробков, 1961; А. Б. Гандельсман и К. М. Смирнов, 1963; и др.). Исследовались юноши 18—20 лет, у которых закончено формирование двигательного аппарата (В. И. Пузик, 1954; А. А. Волохов, 1965; Г. П. Сальникова, 1967). Старшая возрастная группа состояла из пожилых людей (60—75 лет). В этом возрасте наиболее четко начинают выявляться морфологические и функциональные изменения в связи со старением организма (В. В. Фролькис и сотр., 1963; С. И. Фудель-Осипова, 1964).

Были выбраны два вида статических напряжений: 1) произвольное статическое напряжение небольшой группы мышц, обеспечивающее очень важную в жизнедеятельности человека

хватательную функцию руки (испытываемые сжимали кистью рукоятки динамометра с усилием, равным  $\frac{1}{3}$ , а также  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$  максимальной силы); 2) статическое напряжение большого количества скелетных мышц, вызываемое удержанием на плечах груза, равного 50% веса тела испытуемого, в положении стоя. Юноши удерживали также груз, равный полному весу тела. При отягощенной стойке на систему кровообращения действовал гравитационный фактор и изометрическое сокращение мышц, обеспечивающих поддержание позы. Отягощенная грузом стойка для пожилых лиц не применялась.

Оба вида статических напряжений продолжались до отказа, т. е. до тех пор, пока испытуемый мог удерживать мышечное напряжение на заданном уровне. Продолжительность статического напряжения в этих условиях характеризовала выносливость испытуемого. Такой подход способствовал более полному выявлению функциональных возможностей исследованных систем организма.

Для выполнения поставленных задач была сконструирована установка. Она включала в себя комплекс приборов и приставок, позволявших производить многоканальную (полиграфическую) регистрацию, поддержание постоянной температуры воздуха в лаборатории ( $+22^{\circ}\text{C}$ ) и т. д. В большей части опытов испытуемый и экспериментатор с регистрирующей аппаратурой находились в двух изолированных комнатах. Наложение груза на плечи и снятие его с плеч производилось из комнаты экспериментатора. В исследованиях применялся пятиканальный чернильнопишущий прибор НЗ20-5 в комплексе с плетизмографами типа «Триодит» для регистрации плетизмограммы, пневмограммы и частоты пульса. На двух других каналах регистрировались механограмма статического напряжения и суммарная биоэлектрическая активность мышц или другие физиологические показатели. В работе применялся несколько измененный динамометр В. В. Розенבלата (1963). Суммарная биоэлектрическая активность поверхностного сгибателя пальцев и трапецевидной мышцы (верхняя часть надлопаточной области) регистрировалась с помощью усилителя биопотенциалов УБП-01 и подключенного к нему интегратора биотоков, выполненного по схеме В. А. Кожевникова (1954).

В основных сериях исследований, проведенных в онтогенезе, применялся воздушный плетизмограф для пальца руки; в исследованиях на юношах использовался также водно-воздушный плетизмограф для кисти и части предплечья. Количественный учет изменений объема пальца производился в  $\text{см}^3$  на

100 см<sup>3</sup> ткани. Кровяное давление и тонус артериальных и венозных сосудов исследовались с помощью окклюзионной плетизмографии (ангиотензиотонографическая методика Н. И. Аринчина, 1952) и определения скорости распространения пульсовой волны в лучевой артерии. Сфигмограммы артериального пульса записывались на электрокардиографе 6NEK-1F<sub>2</sub>.

Одновременно в различных сочетаниях регистрировались следующие физиологические показатели: артериальное и венозное кровяное давление, тонус кровеносных сосудов с помощью окклюзионной плетизмографии, величина объемного пульса плетизмограммы, перераспределение крови, сосудистая реакция на действие холода или тепла, кожная температура, частота пульса, частота и глубина дыхания, суммарная биоэлектрическая активность мышц, механограмма статического напряжения. Исследовались также скорость распространения пульсовой волны и оксигемографическим способом скорость кровотока на участке «капилляры легкого—капилляры уха», насыщение крови кислородом, электрокардиограмма.

В качестве иллюстрации приводим два основных варианта полиграфических исследований, примененных во время статических напряжений. В одном из них производилась ангиотензиотонография; непрерывно — пульсография, пневмография, электромиография, механография статического напряжения и сокращений дополнительных мышц, не участвовавших в статическом напряжении; определялась кожная температура. В другом записывались пневмограмма, плетизмограмма с двух пальцев (для определения перераспределения крови и величины объемного пульса), механограмма, электромиограмма, замерялась кожная температура.

При обработке полученных данных определялись систолический и минутный объем крови с помощью формулы Starr, общее периферическое сопротивление по формуле Green. Качество регулирования сердечного ритма оценивалось по общей площади регулирования, рассчитанной путем планиметрирования, и по динамическому коэффициенту формы (Drischel, 1960). Кровяное давление, плетизмограммы, кожная температура, скорость распространения пульсовой волны регистрировались на левой (неработающей) руке.

Основные исследования проведены на здоровых людях. Дети и нетренированные подростки были воспитанниками школы интерната. В интернате строго соблюдался режим дня и обеспечивалось рациональное питание. Тренированные подростки занимались в секции юных штангистов спортклуба «Уралмаш»

три раза в неделю по 2 часа на протяжении 5 месяцев. Два тренировочных занятия заключались в общей физической подготовке, а одно — в освоении техники классических упражнений с применением облегченной штанги. В тренировках наряду с динамическими применялись и статические упражнения. Группа юношей состояла из абитуриентов и студентов медицинского института, группа пожилых мужчин 60—75 лет была представлена: 1) пациентами геронтологического кабинета ГКБ № 1 г. Свердловска; 2) лицами, проживающими в Свердловском доме ветеранов труда. Все они к моменту обследования вели активный образ жизни, выполняли небольшие и средние физические нагрузки.

Полученные данные обрабатывались методами вариационной статистики. В некоторых сериях исследований определялись коэффициенты вариации, корреляционные коэффициенты и отношения; последние рассчитывались по заданной программе на электронно-цифровой вычислительной машине «Проминь». Статистически значимыми считали результаты с вероятностью  $p = 0,05$ .

Программа исследований, обстановка, в которой они проводились, аппаратура, приемы регистрации и обработки полученных данных были идентичны во всех возрастных группах. Составлено 838 исследований на 319 испытуемых.

## МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИИ

### 1. Статические напряжения и проблема утомления

Исследования показали, что по мере роста и развития человека увеличивается сила и выносливость к статическим напряжениям малых групп мышц; при старении оба показателя уменьшаются.

Мышечная сила кисти у детей 8—9 лет (I группа) равнялась  $43 \pm 3$  см рт. ст., у подростков 13—14 лет (II гр.) —  $78,5 \pm 2,7$  см рт. ст., у юношей 18—20 лет (III гр.) —  $128 \pm 4,5$  см рт. ст., у пожилых людей 60—75 лет (IV гр.) —  $73 \pm 3,4$  см рт. ст.

Продолжительность статического напряжения (выносливость) мышц кисти и предплечья в  $\frac{1}{3}$  максимальной силы и время появления ощущения усталости в I группе составляли  $145 \pm 10$  и  $84 \pm 6$  сек, во II гр. —  $236 \pm 9$  и  $123 \pm 12$  сек, в III гр. —  $383 \pm 54$  и  $129 \pm 7$  сек, в IV гр. —  $175 \pm 19$  и  $100 \pm 16$  сек.

Представленные данные свидетельствуют, что нарастание силы, а особенно статической выносливости, при напряжении мышц в  $\frac{1}{3}$  максимально возможного усилия происходит более резко при переходе от подросткового к юношескому возрасту. Выносливость юношей 18—20 лет была в 2,6 раза больше, чем у детей 8—9 лет. Однако, как показывают данные Н. Г. Беляева (1960) и Е. С. Черника (1966), прирост статической выносливости при напряжении тех же групп мышц, но с усилием в  $\frac{1}{2}$  максимальной силы происходит быстрее при переходе от детского к подростковому возрасту. Следовательно, дети и подростки, по сравнению с юношами, менее приспособлены к небольшим, но более продолжительным статическим напряжениям.

Всего.

Выносливость к статическим напряжениям больших групп мышц в положении стоя (удержание на плечах груза, равного 50% веса тела) оказалась низкой как у детей, так и у подростков. Различия в продолжительности статического напряжения между ними были несущественными (7 мин 10 сек  $\pm$  42 сек и 9 мин 4 сек  $\pm$  52 сек). Время появления ощущения усталости соответственно равнялось 3 мин 39 сек  $\pm$  15 сек и 5 мин 8 сек  $\pm$  31 сек. Юноши отличались высокой выносливостью в таких статических напряжениях (18 мин 21 сек  $\pm$  88 сек) и более поздним появлением усталости (7 мин 24 сек  $\pm$  48 сек).

Поддержание статического напряжения малых групп мышц (кисти и предплечья) на уровне  $\frac{1}{3}$  максимальной силы до отказа для пожилых лиц, а тем более для детей, представляет трудность с самого начала мышечного напряжения. Некоторые дети уже в первой половине усилия снижали величину статического напряжения; у трети из них регистрировалось натуживание. У детей и пожилых чаще, чем в других возрастных группах, отмечались сокращения мышц, не имевших отношения к статическому напряжению, регистрировалась большая суммарная биоэлектрическая активность мышц. Высокая биоэлектрическая активность свидетельствовала о возбуждении значительного количества нейро-моторных единиц и о синхронизации деятельности мышечных волокон. Она, вероятно, зависела и от одновременного сокращения дополнительных мышц, включая антагонистов. Отмечена ярко выраженная групповая активность («пачки» импульсов), отражающая увеличение биоэлектрической активности мышц. Появление групповой активности свидетельствует о дополнительной импульсации со стороны нервных клеток коркового ядра двигательного анализатора, направленной на преодоление трудностей, возникающих при поддержании

напряжения на заданном уровне. Эта импульсация, вероятно, связана с волевым усилием.

В отличие от других возрастных групп, у детей (как и у подростков) наибольшая суммарная биоэлектрическая активность наблюдалась во время вработывания. Это указывало на то, что в младших возрастных группах в периоде вработывания возбуждается большее количество нейро-моторных единиц, чем это необходимо для выполнения дозированного мышечного напряжения. К концу статического усилия (четвертая из пяти его частей) суммарная биоэлектрическая активность мышц у детей и пожилых снижалась. По-видимому, нервно-мышечный аппарат ребенка и пожилого человека не способен обеспечить сменность в деятельности нейро-моторных единиц во время изометрического сокращения мышц. К концу статического напряжения у детей наблюдалось также уменьшение количества пачек импульсов, свидетельствующее о некоторой недостаточности процессов синхронизации в нервных механизмах, осуществляющих импульсацию к мышцам во время отчетливо выраженного утомления. Особенностью пожилых являлся затяжной период вработывания, продолжавшийся  $\frac{2}{5}$  времени статического напряжения.

У подростков по сравнению с детьми увеличивалась сила и выносливость мышц кисти и предплечья; суммарная биоэлектрическая активность мышц соответствовала величине, зарегистрированной у юношей, т. е. была на 60% меньше, чем у детей. Однако в функционировании двигательного аппарата еще выявлялись черты, присущие младшим школьникам: характер сдвигов биоэлектрической активности мышц, рассчитанных по 5 частям статического напряжения малых и больших групп мышц, был одинаков; в начале статического напряжения число пачек импульсов было наибольшим, затем к концу работы их становилось меньше.

Занятия спортом привели к тому, что у подростков изменились функциональные признаки, которые их сближали с детьми, и по ряду показателей, отражающих деятельность двигательного аппарата, они приблизились к юношам. Они были сильнее и выносливее своих нетренированных сверстников в изометрическом сокращении малых групп мышц (сила кисти —  $91 \pm 6,2$  см рт. ст., продолжительность статического напряжения в  $\frac{1}{3}$  максимальной силы равнялась  $278 \pm 19$  сек). Показатель выносливости у тренированных подростков был меньше, чем у юношей, но усталость появлялась позднее ( $157 \pm 29$  сек). У них, в отличие от всех остальных групп, зарегистрирована наимень-

шая и наиболее равномерная суммарная биоэлектрическая активность мышц; групповая активность была незначительной и так же, как у юношей, возрастала к концу статического напряжения вместе с ростом суммарной биоэлектрической активности и нарастанием волевого усилия. Все это указывало на хорошую координацию в деятельности нервных центров и способность их к длительному стационарному возбуждению.

Как показывают данные литературы (Л. К. Семенова, 1955; В. С. Фарфель, 1959; А. В. Коробков, 1961; А. Б. Гандельсман и К. М. Смирнов, 1963; Л. А. Кукуев, 1965; и др.) и результаты наших исследований, неэкономный режим мышечной деятельности у детей связан с тем, что морфологически и функционально двигательный аппарат у них еще находится в периоде становления, координационные механизмы центральной нервной системы действуют недостаточно эффективно, нервные клетки, обеспечивающие произвольные сокращения мышц, обладают невысокой работоспособностью. Все это не позволяет ребенку совершать длительные и непрерывные изометрические мышечные сокращения.

Причины несовершенства двигательной функции пожилых лиц значительно сложнее. Среди других, на наш взгляд, большое значение имеют возрастные изменения, происходящие в центральной нервной системе.

Таким образом, сила и статическая выносливость в большой мере зависят как от возрастных особенностей двигательного аппарата, так и от тренированности человека.

Эффективность любой работы связана с тем, как быстро наступает утомление. Принято считать, что утомление — это вызванное работой временное снижение работоспособности, проходящее после отдыха. Однако это определение по сути дела отражает лишь конечный этап тех процессов, которые возникают во время мышечной деятельности в различных органах и системах значительно раньше, чем ухудшается производительность работы. Поиск средств и методов диагностики ранних признаков утомления представляет большое практическое значение. Если физиологи смогут достаточно точно диагностировать начало утомления, это позволит предпринять профилактические меры, направленные на предотвращение или отдаление начала утомления, чрезмерного перенапряжения, приводящего к переутомлению, позволит предупредить у рабочего брак и производственный травматизм, который может явиться результатом утомления, а у спортсмена технические ошибки при выполнении физических упражнений. Тезис Г. В. Фольборта (1952) о том, что без утомления нет тренировки не вызывает сомне-

ния, тем не менее в спортивной деятельности успех спортсмена в конечном счете зависит от того, как долго он может выполнять упражнение без выраженного утомления, а также от способности преодолевать появившееся утомление.

Полиграфические исследования физиологических показателей во время выполнения статического напряжения малых групп мышц показали, что после вработывания во всех возрастных группах наступало более или менее устойчивое состояние, отражающее удовлетворительное регулирование исследуемых функций. По мере продолжения мышечного напряжения процесс регулирования нарушался и возникало новое состояние (переходный период), во время которого происходило одновременное разнонаправленное изменение величины показателей большинства изучаемых физиологических функций. Прежде всего это проявлялось в пикообразном увеличении частоты пульса (на 5,6—9,4 в мин) и суммарной биоэлектрической активности мышц (у 8—9-летних — до 243%; у 13—14-летних — до 253%; у 18—20-летних — до 215% и у 60—75-летних — до 375%), в неравномерности дыхательных движений и уменьшении их глубины. Эти показатели рассматривались как основные. Частота дыхания увеличивалась или оставалась без изменений. Во время переходного периода регистрировались также движения головой, не имевшие отношения к выполняемому мышечно-му усилию, появлялось ощущение усталости.

Анализ механограмм статического мышечного напряжения показал, что переходный период обнаруживался задолго до того, как снижалась величина мышечного напряжения. Время, предшествовавшее появлению этого состояния, в среднем по всем возрастным группам равнялось 50% общей продолжительности заданного изометрического сокращения мышц.

Сдвиги со стороны исследованных систем организма во время переходного периода указывали на дискоординацию важнейших функций организма и снижение эффективности его физиологических затрат во время физической нагрузки. На основании результатов проведенных исследований можно считать, что переходный период является начальным этапом первой фазы развивающегося утомления, после которого устанавливается новый уровень регуляции. Анализ данных других исследователей показывает, что имеются некоторые признаки того, что нечто подобное переходному периоду может быть обнаружено и при динамической работе (Е. К. Жуков и Ю. З. Захарьянц, 1960; А. А. Бирюкович и В. М. Король, 1963; Monod, Bousset, 1964; Н. И. Попова и В. М. Зубкова, 1965).

Переходный период у детей, подростков и юношей определялся в 92—97% случаев, а у пожилых — в 79% случаев по изменениям трех или двух физиологических показателей, которые рассматривались как основные. Значимость отдельных физиологических показателей у лиц различного возраста была неодинакова. Например, пикообразное увеличение частоты пульса встречалось тем реже, чем старше был испытуемый: соответственно по группам—90%, 82%, 77%, 70%. Во время переходного периода у пожилых в 73% случаев учащалось дыхание. В этой группе данный показатель можно отнести к числу основных. Применение в диагностике утомления полного комплекса показателей позволило обнаружить начало утомления у всех пожилых испытуемых.

Наибольшую ценность в диагностике утомления представляли глубина дыхания и суммарная биоэлектрическая активность мышц (у лиц в возрасте 8—9, 18—20 и 60—75 лет с зарегистрированным переходным периодом увеличение биоэлектрической активности отмечено в 95% случаев).

Исследования характера сдвигов со стороны дыхания в переходном периоде показали, что у детей и подростков затруднения дыхания выражены резче, чем у испытуемых других возрастных групп. Обнаружена нелинейная отрицательная корреляция с высокой теснотой связи, показавшая, что учащение сердечного ритма во время статического напряжения зависело от уменьшения глубины дыхания. Наибольшие цифры корреляционного отношения во всех возрастных группах обнаружены во время утомления. У детей эта зависимость была самой высокой во время переходного периода ( $r=0,83$ ), у подростков и лиц пожилого возраста — по мере развития утомления ( $r=0,97$  и  $0,82$ ), у юношей — лишь в конце усилия ( $r=0,82$ ).

Значение ощущения усталости в диагностике утомления в большой мере зависит от возраста. Дети 8—9 лет сообщали о появлении усталости в 77% случаев после того, как обнаруживался переходный период. Часть младших школьников (41%) прекращали усилие, вообще не сообщая о появлении первых признаков усталости. У подростков ощущение усталости совпадало по времени с появлением переходного периода, определяемого с помощью объективных признаков, в 41% случаев, а у юношей и пожилых — в 64%. Если в группах юношей и пожилых суммировать исследования, в которых усталость появлялась во время переходного периода, с теми, в которых она отмечена несколько раньше, то число таких случаев у юношей составило 76%, а у пожилых — 73%.

Следовательно, ощущение усталости у юношей и пожилых лиц, и в меньшей мере у подростков, следует рассматривать как один из признаков начинающегося утомления. У школьников 8—9 лет этот показатель не имеет существенного значения в диагностике утомления.

Исследования показали, что диагностика утомления должна строиться на применении комплекса физиологических показателей. Каждый из них в этом комплексе может иметь большую или меньшую ценность, в то время как взятый в отдельности сам по себе он не может служить для диагностики начальных проявлений утомления. По-видимому, трудно разработать единый универсальный комплекс показателей, пригодный для определения начала утомления, вызванного разнообразными видами мышечной деятельности, применительно ко всем возрастам. Так, например, обсуждаемые показатели оказались мало эффективными для диагностики утомления, возникающего при удержании на плечах груза. При этой статической нагрузке более показательными оказались изменения сосудистой реакции на холод (запись плетизмограммы руки). Во время утомления она извращалась или значительно уменьшалась в своей величине.

Результаты исследований говорят о том, что выявление корреляций между различными физиологическими показателями во время физических нагрузок открывает большие возможности в диагностике утомления. Снижение же показателей выполняемой работы нельзя считать единственным бесспорным критерием утомления.

Нам думается, что полиграфический способ диагностики начальных признаков утомления, примененный при статических напряжениях, может быть использован в профессиях и видах спорта, не связанных со значительными перемещениями тела в пространстве.

## 2. Статические напряжения и система кровообращения

Исследования показали, что по мере роста и развития отмечается отчетливая динамика сдвигов по ряду физиологических показателей сердечно-сосудистой системы. С возрастом уменьшается сердечный ритм: у детей 8—9 лет он равнялся  $90,8 \pm 1,5$  в мин; у подростков 13—14 лет —  $80,3 \pm 1,6$ ; у юношей 18—20 лет —  $74,6 \pm 1,92$ ; у лиц пожилого возраста 60—75 лет —  $71,1 \pm 1,8$  в мин; увеличивается систолическое и диастолическое давление, повышается общее периферическое сопротивление (у

детей и подростков  $R=0,9-1,07 \pm 0,027-0,095$ ; у юношей  $-1,3 \pm 0,066$ ; у пожилых  $-2,6 \pm 0,2$ ).

У школьников емкостные сосуды (вены и венулы) более растяжимы, способность же опорожнять эти сосуды (сократимость) меньше, чем у юношей и пожилых. На основании ангиотензиотонографических исследований можно полагать, что тонус емкостных сосудов у юношей и пожилых выше, чем у детей и подростков. Достоверных возрастных отличий в величине венозного компрессионного давления, определяемого с помощью окклюзионной плетизмографии, обнаружить не удалось.

У детей, подростков и юношей по мере роста и развития отмечалась тенденция к снижению кожной температуры и уменьшению разброса данных. С возрастом уменьшалась величина сосудосуживающей реакции на холод и наблюдалась тенденция к снижению величины объемного пульса плетизмограммы пальца в перерасчете на  $100 \text{ см}^3$  тканей (у детей и подростков объемный пульс составлял в среднем  $123\%$ , а у пожилых  $-85\%$  уровня юношей). Уменьшалась скорость кровотока на участке «легкое—ухо» (у детей она равнялась  $4,4 \pm 0,2$  сек, у подростков  $-4,8 \pm 0,2$  сек, у юношей  $-4,9 \pm 0,2$ , у пожилых  $-7,0 \pm 0,4$  сек). У подростков скорость распространения пульсовой волны по лучевой артерии была достоверно выше, чем у детей ( $11,1 \pm 0,58$  и  $8,6 \pm 0,78$  м/сек).

Во время статических напряжений у лиц различного возраста выявлялись в основном однозначные гемодинамические сдвиги по многим показателям сердечно-сосудистой системы. Реакция сердечно-сосудистой системы во время выполнения статических напряжений у детей и нетренированных подростков была менее выражена, чем у тренированных подростков, юношей и лиц пожилого возраста. Гемодинамические сдвиги в восстановительном периоде у пожилых людей отличались специфичностью.

Во время произвольного мышечного напряжения малых групп мышц (кисти и предплечья) в  $1/3$  максимальной силы, продолжавшегося до отказа, у детей и подростков учащался пульс на  $12,6$  и  $10,8$  в мин соответственно, повышалось систолическое давление на  $10,5$  и  $9,2$  мм рт. ст., диастолическое — на  $12$  и  $10,9$  мм рт. ст., среднее давление — на  $10,2$  и  $6,9$  мм рт. ст. ( $p < 0,05$ ), общее периферическое сопротивление — на  $2,2$  и  $4,6\%$ , скорость кровотока — на  $15$  и  $17\%$  ( $p < 0,05$ ). Систолический объем крови уменьшался на  $3,8$  и  $7\%$ . Обнаружена тенденция к увеличению минутного объема (у детей — на  $9,7\%$ , у подростков — на  $2\%$ ). Все это отражало системную реакцию

кровообращения в ответ на возмущающее воздействие статического напряжения.

У тренированных подростков, юношей и в меньшей мере у пожилых прессорная реакция системы кровообращения, по сравнению с детьми и нетренированными подростками, была выражена сильнее: систолическое давление повышалось соответственно на 16,1, 26 и 15,2 мм рт. ст., диастолическое—на 15,6, 20,7 и 8,9 мм рт. ст., среднее давление—на 16,2, 23 и 12,2 мм рт. ст., общее периферическое сопротивление—на 31, 23 и 11,2% ( $p < 0,05$ ). У тренированных подростков и юношей систолический объем уменьшался на 14,9 и 8,4%. Минутный объем у тренированных подростков уменьшался на 4%, у юношей—повышался на 2%. У пожилых оба показателя увеличились (на 6,1 и 5,4%). Скорость кровотока у юношей возросла на 21%, а у пожилых на 24%. Пульс стал чаще на 8,3, 12,1 и 8,3 в мин ( $p < 0,05$ ).

В начале статического напряжения отмечено уменьшение пульсовой волны (объемного пульса) плетизмограмм неработающей руки и пальца, что указывало на прессорную реакцию со стороны артериол как кожи, так и мышц. В это время кровенаполнение неработающей руки оставалось на уровне фона, затем после латентного периода, наименьшего у детей (19,5 сек), происходило постепенно нарастающее увеличение кровенаполнения руки и пальца в течение всего мышечного напряжения. Это увеличение свидетельствовало о расширении емкостных сосудов (результаты ангиотензиотонографических исследований указывали на снижение тонуса вен у молодых людей).

Статическое напряжение малых групп мышц в  $1/3$  максимальной силы не вызывало в количественном отношении больших изменений глубины и частоты дыхания. Однако во время изометрического сокращения наблюдались задержки, нерегулярность дыхания, чаще выявляемые у детей и подростков, у 33% детей и 8% подростков зарегистрировано натуживание.

В восстановительном периоде отмечалось быстрое уменьшение прессорной реакции кровообращения. У большинства испытуемых независимо от возраста частота пульса резко снижалась уже в первые секунды после прекращения мышечного напряжения. Возвращение к исходному фону носило характер периодически затухающего процесса. «Отрицательная фаза» пульса обнаружена более чем у половины всех испытуемых. Большинство физиологических показателей у детей приближалось к исходному уровню уже на первой минуте восстановительного периода, а у подростков и юношей были близки к исходной ве-

личине — на второй. Если у тренированных подростков на протяжении двух минут восстановительного периода снижение гемодинамических сдвигов носило линейный характер, то у нетренированных подростков по некоторым показателям изменения были волнообразны. Так, например, на второй минуте после окончания статического напряжения систолический объем дополнительно уменьшился, а общее периферическое сопротивление увеличилось (на 7,5% по сравнению с последним периодом усилия).

Прекращение статического напряжения привело к увеличению амплитуды пульсовых волн плетизмограммы руки и к одновременному уменьшению объема руки до исходной величины, что свидетельствовало о расширении артериол и сокращении емкостных сосудов мышц. Сосуды кожи вели себя несколько иначе: амплитуда пульсовых волн плетизмограммы пальца также увеличивалась, а его объем на протяжении 3-4 минут продолжал возрастать, что указывало на расширение как артериол, так и емкостных сосудов кожи.

У лиц пожилого возраста период вработывания был затянут по ряду показателей (частоте пульса, частоте и глубине дыхания и др.) По сравнению с детьми, подростками и юношами этот период у пожилых оказался наибольшим: по частоте пульса он занимал более  $\frac{1}{3}$  общей продолжительности мышечного напряжения. Кроме этого, на развертывание половины максимального прироста сердечного ритма тратилось  $\frac{2}{3}$  всей продолжительности изометрического сокращения. Величина отношения времени достижения первой половины максимального прироста частоты пульса к времени достижения последующей, второй половины максимального прироста, равнялось у пожилых 2,0, а у юношей—0,7. Прирост сердечного ритма в среднем за все время статического напряжения был наименьшим, «устойчивое состояние» не отмечалось.

В отличие от юношей у пожилых прессорная реакция была выражена меньше и отчетливо снижалась к концу статического напряжения. Так, например, общее периферическое сопротивление, увеличенное на первой минуте статического напряжения на 23,4%, к концу его снизилось до 11,2%; величина объемного пульса пальца, уменьшенная в первой половине статического напряжения, во второй его половине постепенно увеличивалась, оставаясь несколько ниже исходного фона, но выше, чем в других возрастных группах.

Сдвиги, происшедшие в системе кровообращения во время статического напряжения, у пожилых не были адекватны потребностям организма. Это подтверждалось отчетливым фено-

меном Линдгарда: в конце первой минуты восстановительного периода по сравнению с периодом, предшествующим прекращению мышечного напряжения, отмечен значительный прирост величины систолического и минутного объема крови. В результате этого оба показателя превысили исходный уровень соответственно на 11,6 и 15,4%; величина объемного пульса плетизмограммы пальца стала выше исходного уровня так же, как и величина сосудосуживающей реакции на холод; увеличились частота и глубина дыхания. В это время снизилось ниже исходного уровня диастолическое давление и общее периферическое сопротивление (на 15,4%). Минутный объем в конце второй минуты оставался увеличенным на 9%. В это время продолжалось уменьшение общего периферического сопротивления. Минутный объем достиг фона у большинства испытуемых лишь на 3—4-ой минуте после прекращения статического напряжения.

Феномен Линдгарда обнаруживался после статического напряжения с некоторой задержкой. Сразу же после прекращения статического напряжения могут возникнуть условия, вызывающие острую гипоксию головного мозга. В это время происходило резкое уменьшение прессорной реакции: ниже исходного уровня снизились диастолическое давление и общее периферическое сопротивление, превысила исходный уровень величина объемного пульса; у 27,7% испытуемых зарегистрирована «ступенчатая» реакция систолического давления, у многих — «отрицательная фаза» пульса. В отличие от лиц молодого возраста, у пожилых в это время венозный тонус снизился, что позволяло думать об уменьшении венозного возврата крови к сердцу. Все это указывало на расширение кровеносных сосудов руки и выключение части крови из общего кругооборота. Следует отметить, что в сосудах на участке «легкое—ухо» скорость кровотока не возрастала, а наоборот, снижалась (на 30-й секунде восстановительного периода она была на 11,0% ниже исходного уровня). Такая реакция сердечно-сосудистой системы пожилых людей на прекращение проприоцептивной импульсации свидетельствовала о низком уровне рефлекторной регуляции.

Сравнительная оценка гемодинамических сдвигов при статических напряжениях малых групп мышц в  $\frac{1}{3}$  и  $\frac{1}{4}$  максимальной силы у пожилых показала, что мышечные напряжения меньшей интенсивности вызывали больший сдвиг. В конце статического напряжения в  $\frac{1}{3}$  максимальной силы прирост систолического давления у лиц 60—75 лет равнялся 15,2 мм рт. ст., а при напряжении в  $\frac{1}{4}$  максимальной силы он достиг 27 мм рт.

ст. и стал выше, чем у юношей при статическом напряжении в  $\frac{1}{3}$  максимальной силы. Полученные данные совпадают с результатами исследований В. В. Фролькиса и И. В. Муравова (1965), которые отметили такую же особенность пожилых людей при динамической работе.

Как показали исследования, сдвиги гемодинамики во время статического напряжения малых групп мышц у детей вполне соответствовали запросам организма, так как после прекращения изометрического сокращения система кровообращения быстро возвращалась в исходное состояние. Однако выявлялось некоторое несовершенство качества регулирования сердечной деятельности. Это подтверждалось рядом фактов.

Новизна обстановки исследования, сдвиги в эмоциональном состоянии приводят к существенному учащению сердечного ритма. Так, например, в первом исследовании частота пульса у младших школьников равнялась  $90,8 \pm 1,5$  в мин. У тех же детей в шестом —  $83,5 \pm 1,13$  в мин. Исследование динамики сердечного ритма во время статического напряжения мышц кисти и предплечья в  $\frac{1}{3}$  максимальной силы до отказа показало, что абсолютная величина сердечного ритма ( $102,6 \pm 1,9$  в мин) и средняя величина его прироста за время статического напряжения (11,8 в мин) были наибольшими. Достижение максимальной частоты пульса и половины максимального прироста происходило быстрее, чем в других группах. Перед концом статического напряжения при нарастающем утомлении у части детей сердечный ритм уменьшался по сравнению с предшествующим периодом. Увеличение коэффициента вариации частоты пульса в восстановительном периоде по сравнению с величиной этого коэффициента в исходном фоне у детей было наибольшим. Исследование «динамического коэффициента формы» показало, что среди детей так же, как и нетренированных подростков чаще, чем в других группах, наблюдались случаи передемпфирования, т. е. замедленного восстановления.

Занятия спортом значительно повышают функциональные возможности организма подростков. Они приводят к таким изменениям в деятельности организма, которые сближают тренированных подростков с юношами и лишают некоторых особенностей функционирования, присущих детям. Это сказывается в увеличении общей прессорной системной реакции кровообращения в ответ на статическое напряжение, в повышении потенциальной лабильности сердца, в появлении ритмичного дыхания.

В результате тренировки у подростков частота пульса в по-

кое снизилась и стала даже меньше, чем у юношей (71,3 ± 2,9 в мин). Абсолютная величина сердечного ритма в среднем за все время статического напряжения была меньше, а максимальный прирост выше, чем у юношей. В отличие от всех других исследованных возрастных групп, у тренированных подростков отмечена лучшая способность поддерживать «устойчивое состояние» и переходить от покоя к деятельности: прирост частоты пульса в первой из пяти частей изометрического сокращения мышц у них был наибольшим, так же, как и пульсовая сумма за первые 90 секунд статического напряжения.

У тренированных подростков по сравнению с нетренированными увеличилось время достижения максимального прироста частоты пульса, сократилось время восстановления («динамический коэффициент формы» по частоте пульса у них был наименьшим). Однако это уменьшение сочеталось с наибольшей площадью регулирования частоты пульса. Это свидетельствовало о том, что восстановление исходной величины происходило на фоне слабо задемпфированного фазного процесса. Такие процессы обычно связаны с влиянием центральной нервной системы и указывают на некоторую неустойчивость в регулировании сердечного ритма после прекращения возмущения, вызванного статическим напряжением. Вероятно, пятимесячная тренировка еще недостаточна для становления нового устойчивого уровня регуляции частоты пульса.

На основании проведенных исследований и данных литературы можно предположить, что системная прессорная реакция кровообращения, наблюдающаяся в организме в момент начала мышечного напряжения, имеет рефлекторную природу. В этой реакции несомненно большая роль принадлежит проприоцепторам напряженных мышц, возбуждение которых вызывает моторно-васкулярный рефлекс (М. Р. Могендович, 1957). Более выраженное сужение сосудов внутренних органов на фоне общей прессорной реакции, мобилизация крови из депо, учащение сердечного ритма приводят к повышению кровотока и создают условия для перераспределения крови в скелетные мышцы. Эта реакция организма несомненно имеет компенсаторное назначение. Быстрота возникновения положительной хронотропной реакции сердца устраняет возможность любого химического изменения в крови, как фактора ускорения сердечной деятельности. Только нервный механизм может действовать в таких пределах времени. Тот факт, что прекращение статического напряжения вызывало быстрое приближение к уровню фона величины кровяного давления, частоты пульса, общего периферического со-

противления и других показателей, отражающих системную реакцию кровообращения, также указывал на ее рефлекторную природу.

Как показали исследования, при сжатии кистью рукояток динамометра с усилием в  $1/3$  максимальной силы до отказа увеличение кровенаполнения емкостных сосудов кожи и мышц неработающей руки наступало не сразу, а сопровождалось латентным периодом (15—81 секунд). Это наводит на мысль о том, что расширение емкостных сосудов и артериол мышц вызывалось действием гуморальных факторов, образующихся в напряженных мышцах. Доказано, что различные вещества, поступающие в кровь, вызывают раздражение хеморецепторов сосудов кожи и скелетных мышц (В. Н. Черниговский, 1954), что происходит возбуждение тканевых хеморецепторов при появлении в межклеточном пространстве продуктов метаболизма (И. В. Сергеева и В. Н. Черниговский, 1951). Известно, что имеется прямая зависимость между степенью расширения сосудов мышц, величиной работы и потреблением кислорода. Guyton, Walker et al. (1965) рассматривают это как проявление ауторегуляции кровообращения, включающей способность каждой ткани регулировать кровоток в соответствии со своими нуждами, т. е. наличие местной обратной связи контролирует степень расширения сосудов в данной области.

Можно допустить, что при статическом напряжении расширение емкостных сосудов руки происходит в результате раздражения хеморецепторов продуктами обмена веществ, образующимися в ее напряженных мышцах. Расширение же кровеносных сосудов неработающей руки, вероятно, возникает путем переноса этих веществ кровью и в результате сегментарных рефлекторных реакций. Следует отметить, что перераспределение крови не ограничивается симметричными мышцами конечности. Показано, что при работе стопой сосудистая реакция обнаруживается во всех конечностях (Weber, 1914; Р. А. Шабунин, 1959). Значение гуморальных факторов подтверждается результатами исследований Rein (1931), Remensnyder et al. (1962). Авторы обращают внимание на то, что расширенные при рабочей гиперемии сосуды скелетных мышц перестают подчиняться констрикторным импульсам и выходят из-под контроля нервной системы. Одним из косвенных подтверждений роли гуморальных факторов в сосудорасширяющей реакции на неработающей руке явились результаты исследований пожилых людей, обладающих повышенной чувствительностью хеморецепторов к действию различных гуморальных факторов

(В. В. Фролькис, 1963): по мере продолжения статического напряжения у пожилых прессорная реакция уменьшалась.

Наши исследования показали, что во всех возрастных группах статические напряжения малых групп мышц чаще всего вызывали увеличение кровенаполнения руки и пальца, что указывало на расширение сосудов. Так, у детей число таких реакций составляло 42%, у подростков — 70%, у юношей — 59% и пожилых — 57%; реже наблюдались двухфазные сдвиги и еще реже сужение сосудов. Последняя реакция отмечалась чаще у детей и субъектов, отличавшихся высокой возбудимостью сосудодвигательного центра. Обычно у таких лиц сосудосуживающие реакции выявлялись лишь в первых исследованиях со статическим напряжением и были, вероятнее всего, сосудистым компонентом ориентировочного рефлекса. В последующих исследованиях у них чаще всего обнаруживалась обычная реакция расширения сосудов. Сужение сосудов у возбудимых лиц отмечено не только при статических усилиях, но и при динамической работе. С увеличением интенсивности статического напряжения относительно увеличивалось число сосудосуживающих и двухфазных реакций и уменьшалось количество сосудорасширяющих. Так, например, у подростков при статическом напряжении мышц кисти и предплечья в  $\frac{1}{4}$  максимальной силы зарегистрировано 22% сосудосуживающих и двухфазных реакций, при напряжении в  $\frac{1}{3}$  максимальной силы их число возросло до 30% в  $\frac{1}{2}$  — до 38%. Эту особенность мы связываем с возрастающим волевым усилием, сопровождающимся повышением симпатического эффекта.

Таким образом, перераспределение крови в ответ на статическое напряжение, вероятнее всего, определяется местными гуморально-рефлекторными воздействиями, но зависит при определенных условиях и от импульсации, поступающей от вышних отделов центральной нервной системы.

Исследования показали, что чем сильнее статическое напряжение малых групп мышц, тем больше системная прессорная реакция кровяного давления и выше периферическое сопротивление у молодых людей. Этот механизм, который имеет по всем признакам рефлекторную природу, направлен на поддержание кровотока в напряженных мышцах. Не являются ли эти сдвиги избыточными по отношению к выполняемой мышечной деятельности?

Ответить на этот вопрос можно лишь при регистрации системного и регионарного кровообращения. Анализ гемодинамики при статическом напряжении мышц кисти и предплечья в  $\frac{1}{3}$

максимальной силы показал, что сдвиги во всех возрастных группах были умеренными. Отмечено увеличение общего кровообращения и отчетливые изменения регионарного кровообращения в неработающей руке. Прессорная реакция не распространялась на емкостные сосуды: кровенаполнение мышц и кожи во второй половине статического напряжения отчетливо увеличивалось. Из-под прессорного контроля в процессе мышечного напряжения выходили артериолы мышц, так как объемный пульс плетизмограммы руки, уменьшенный в начале усилия, постепенно увеличивался и даже превысил исходный уровень. Это указывало на расширение артериол мышц. Как показывают данные литературы, уменьшение кровообращения в работающей руке наблюдается лишь в начале статического напряжения; по мере продолжения усилия значительно возрастают объемная и линейная скорость кровотока в работающей руке, ее кровенаполнение. Однозначные сдвиги меньшей величины регистрируются в момент напряжения и в нерабочей руке (А. А. Суханов, 1958; В. И. Тхоревский, 1967; Н. И. Аричин, Р. Л. Титиевская, 1967).

Как показывают исследования регионарного кровообращения, прессорная реакция артерий и артериол не может служить надежным показателем уменьшения кровоснабжения, так как может сопровождаться увеличением кровенаполнения за счет расширения емкостных сосудов и ускорением кровотока. На основании проведенных исследований, можно заключить, что увеличение кровенаполнения работающей руки при утомительных статических напряжениях малых групп мышц обеспечивается за счет перераспределения крови из сосудов внутренних органов, а не путем уменьшения кровенаполнения неработающих конечностей.

Полиграфические исследования системного и регионарного кровообращения при статических напряжениях указывали на разнонаправленность изменений просвета артерий, артериол и емкостных сосудов руки (кожи и мышц). По-видимому, тонус этих сосудов регулируется функционально самостоятельными группами нервных клеток сосудодвигательного центра. Местные факторы оказывают несомненное влияние на регионарное кровообращение (Г. П. Конради, 1963; В. М. Хаятин, 1964; и др.). Применяв в исследованиях окклюзионную плетизмографию, мы убедились, что тонус венозных сосудов в большой мере зависит от исходного состояния вен, т. е. от того, в какой степени они были растянуты до окклюзии. Это заключение подтверждается исследованиями, проведенными на клеточном уровне. Р. С. Орлов и И. П. Плеханов (1967), изучавшие мембран-

ные потенциалы сосудов с помощью сахарозного мостика, доказали, что степень растяжения является определяющим в сократительной реакции гладких мышц сосудов.

Изучение гемодинамических сдвигов при свободной стойке и удержании на плечах груза, равного 50% веса тела, проводилось в трех возрастных группах (8—9, 13—14 и 18—20 лет).

В положении стоя пульс был чаще, чем в положении сидя (у детей на 3,2 в мин, у подростков — на 9 в мин, у юношей — на 7 в мин). Изменения систолического и диастолического давления, общего периферического сопротивления и скорости распространения пульсовой волны были незначительными, пульсовое давление уменьшилось на 5,5—6,5 мм рт. ст. Снизилась величина систолического и минутного объема и амплитуда пульсовой волны плетизмограммы пальца.

Наложение на плечи груза вызывало во всех возрастных группах дополнительную, более отчетливую прессорную системную реакцию кровообращения. У детей и подростков гемодинамические сдвиги при этом виде статического напряжения были так же, как и при статическом напряжении малых групп мышц, примерно одинаковыми и меньшими, чем у юношей.

К концу отягощения достоверно повысилось систолическое давление у детей и подростков на 9 мм рт. ст., у юношей — на 16 мм рт. ст., диастолическое — соответственно на 11, 12 и 24 мм рт. ст., среднее — на 10, 11 и 20 мм рт. ст., общее периферическое сопротивление — на 34,3, 28,1 и 62,4%; объемный пульс пальца руки уменьшился на 50, 21 и 40%. Увеличение общего периферического сопротивления зависело от повышения тонуса артериол, так как скорость распространения пульсовой волны по лучевой артерии во время отягощенной стойки изменилась незначительно (лишь у подростков возросла на 1,9 м/сек). Систолический и минутный объем крови уменьшился соответственно у детей на 10,2 и 9,3%, у подростков — на 12,7 и 10,4% и у юношей — на 31 и 27%. Ритм сердца во всех возрастных группах становился чаще, однако достоверный прирост зарегистрирован лишь у детей (+8,2 в мин).

Прессорная системная реакция кровообращения не распространялась на емкостные сосуды мышц руки и кожи. С самого начала статической нагрузки отмечалось увеличение кровенаполнения мышц и кожи руки, так как возрастал как объем руки, так и пальца. На протяжении трех из пяти частей статической нагрузки объем пальца постепенно возрастал, а затем до конца отягощения продолжал оставаться примерно на одинаковом уровне. Характер перераспределения крови в пальце руки у де-

тей был таким же, как и у юношей; у подростков наблюдались некоторые особенности: латентный период сосудистой реакции у них был продолжительнее (53 сек), чем у детей и юношей (соответственно 29 и 27 сек). Если у детей увеличение кровенаполнения отмечалось в 100% случаев, то у 40% обследованных подростков оно отсутствовало. На второй минуте нагрузки прирост кровенаполнения у детей равнялся  $1,61 \text{ см}^3$ , у подростков —  $0,97 \text{ см}^3$ , у юношей —  $1,66 \text{ см}^3$  на  $100 \text{ см}^3$  тканей.

Во время удержания на плечах груза наблюдалось увеличение температуры кожи пальца на  $3^\circ$  у детей ( $p < 0,05$ ) и на  $0,65^\circ$  и  $0,6^\circ$  у подростков и юношей ( $p > 0,05$ ).

Электрокардиографические исследования показали, что при отягощенной стойке изменяется электрическая ось сердца: у детей и юношей влево, а у подростков — чаще вправо. У детей и подростков уменьшалась средняя амплитуда зубца R (по сумме величин в трех стандартных отведениях) на 6,7 и 10,1%, у детей кроме этого снижалась амплитуда зубца T на 17,2%. Наиболее благоприятная реакция отмечалась у юношей. Так, например, амплитуда зубца R не уменьшалась, а увеличивалась (на 9,5%). Отмеченные сдвиги у детей и подростков позволяли предположить развитие во время отягощенной стойки некоторой гипоксии миокарда.

Во время статической нагрузки увеличивалась глубина дыхания (у детей на 12%, у подростков — на 18% и у юношей — на 31%).

Снятие с плеч груза не означало прекращения статического напряжения, так как испытуемый продолжал оставаться в положении стоя (свободная стойка). У детей уменьшение гемодинамических сдвигов и приближение их к исходному уровню происходило так же быстро, как и при статическом напряжении малых групп мышц. Сразу же после освобождения от груза скорость распространения пульсовой волны у детей снизилась ниже исходного уровня на 1,2 м/сек, а у подростков и юношей увеличилась на 1,32 и 0,98 м/сек. У детей на второй минуте после снятия груза артериальное давление, общее периферическое сопротивление, систолический и минутный объем крови достигли исходного уровня. У подростков и юношей систолическое давление в это время также достигло фона, диастолическое было выше исходного уровня соответственно на 6,9 и 6,3 мм рт. ст., оставалось увеличенным общее периферическое сопротивление — на 14,5 и 4%. У подростков в это время скорость распространения пульсовой волны еще превышала исходный уровень на 1,45 м/сек. Динамика изменений систоличе-

ского и минутного объема у испытуемых 18—20 и 13—14 лет была различной. Если у юношей в течение двух минут после освобождения от груза оба показателя постепенно возрастали, оставаясь ниже фона на 10 и 6,3%, то у подростков они продолжали уменьшаться: систолический объем на второй минуте был меньше исходного на 14%, а минутный на 11,3%; в это время отмечена «отрицательная фаза» пульса.

Частота пульса у 37,5% подростков на первой минуте и у 20% юношей на второй минуте после снятия груза становилась выше, чем при отягощенной стойке (аналог феномена Ландгарда). Это указывало на неадекватность кровообращения при стойке с грузом. Об этом же говорила величина общей пульсовой суммы, подсчитанной за три минуты после снятия груза. У подростков она была достоверно выше, чем в двух других возрастных группах.

На пятой минуте величина электрокардиографических показателей у юношей и детей достигла уровня фона. Электрокардиограмма подростков указывала на затяжное восстановление. Так, например, средняя амплитуда зубца R в это время продолжала оставаться уменьшенной на 10%.

К концу первой минуты после снятия с плеч груза амплитуда пульсовой волны плетизмограммы пальца, уменьшенная во время отягощения, в значительной степени увеличилась. У детей она на 3-й минуте почти достигла исходного уровня, а у подростков и юношей вновь снизилась и стала соответственно на 26 и 56% ниже фона, что указывало на новое повышение прессорной реакции артериол кожи. Объем пальца у детей, юношей и некоторых подростков в течение 4—5 минут после снятия с плеч груза продолжал возрастать, что свидетельствовало о расширении емкостных сосудов кожи. У части подростков прекращение отягощения вызывало уже на первой минуте уменьшение объема пальца, в результате чего в среднем по группе имевшийся к концу отягощения прирост объема уменьшился вдвое.

Температура кожи пальца после снятия груза оставалась выше исходного уровня, превышая его на третьей минуте у детей на 3,8°, у подростков — на 1,3° и у юношей — на 0,5°.

Таким образом, у подростков приспособительные механизмы сердечно-сосудистой системы в ответ на возмущающее действие статических напряжений больших групп мышц в положении стоя оказались явно недостаточными. Это находило свое проявление и в том, что у подростков чаще, чем у юношей и детей, обнаруживались признаки ортостатического коллапса.

Исследования показали, что различные статические напряжения, выполняемые в соответствии с индивидуальными и возрастными возможностями организма ребенка, вызывают сравнительно небольшие и быстро проходящие сдвиги гемодинамики. Вполне удовлетворительная реакция кровообращения на статические напряжения объясняется особенностями сердечно-сосудистой системы, которая в этом возрасте находится в благоприятных условиях. Сосуды имеют широкое русло, сердце получает большую помощь от высокоэластичных артерий и вен и др. Однако, как показали наши исследования, качество регулирования сердечного ритма при статических напряжениях невысокое.

Малая выносливость детей 8—9 лет к статическим напряжениям, вероятнее всего, обусловлена морфологическими и функциональными особенностями двигательного анализатора и, прежде всего, относительно низкой выносливостью нервных клеток его коркового ядра, обеспечивающих поддержание произвольных мышечных напряжений. Это подтверждается тем, что для детей сохранять непрерывное мышечное напряжение на неизменном уровне представляет большую трудность. При статических напряжениях малых групп мышц зарегистрирована большая суммарная биоэлектрическая активность мышц, значительное количество «пачек» импульсов, сокращение дополнительных мышц, натуживание и др. Быстрая утомляемость, приводящая к отказу от продолжения усилия, является своеобразной защитой мерой организма, которая охраняет его от значительных и нежелательных сдвигов.

Так как полностью исключить статические напряжения из повседневной жизни нельзя, необходимо повышать выносливость детей к этому виду мышечной деятельности, применяя различные статические упражнения небольшой интенсивности и продолжительности, следя за правильной постановкой дыхания. Эти упражнения следует использовать в качестве отдельных элементов различных игр, имеющих главным образом динамический характер.

Организм подростка реагирует вполне адекватно на статические напряжения малых групп мышц и отличается неспособностью длительное время поддерживать статическое напряжение больших групп мышц в вертикальном положении. Объяснить этот факт недостаточным развитием двигательного анализатора нельзя, так как в литературе имеются убедительные данные, свидетельствующие о высоком развитии двигательного аппарата подростка 13—14 лет. Однако, как показали наши ис-

следования, в деятельности двигательного анализатора подростка еще проявляются некоторые черты, присущие детям.

На наш взгляд, среди возможных причин, объясняющих низкую выносливость к статическим напряжениям больших групп мышц, определенную роль играют возрастные особенности системы кровообращения.

В возрасте 13—14 лет подростки вступают в период полового созревания, когда наблюдается интенсивный рост и глубокие изменения тонкой структуры сердечной мышцы. Возникает диспропорция в развитии сердца и увеличении просвета сосудов, которые оказываются относительно узкими, создают довольно резко выраженные условия для усиленного давления крови на стенку сосуда, и кровяное давление повышается. Рефлекторная регуляция в этот период находится в стадии формирования и перестройки, являясь весьма неустойчивой.

Исследования штангистов 13—14 лет показали большую эффективность тренировки для повышения функциональных возможностей двигательного аппарата и сердечно-сосудистой системы подростков.

Затруднения, возникающие в деятельности системы кровообращения при выполнении статических напряжений больших групп мышц, в значительной степени сглаживаются в результате специальной тренировки к статическим напряжениям. Как показали наши исследования (В. В. Скрябин, Р. А. Шабунин и С. Н. Добронравов (1962)), эта тренировка приводит к интенсификации кровообращения при стоянии без груза (наблюдалась четкая тенденция к увеличению минутного объема крови, который определялся методом Гролмана). Феномен Линдгарда при статическом напряжении больших групп мышц (стояние с грузом в руках) или сглаживался или исчезал совсем: наибольшее увеличение минутного объема происходило не в первые минуты восстановительного периода, а в конце статического напряжения. При стандартной статической нагрузке значительно уменьшились сдвиги гемодинамики и дыхания. Тренировка привела к улучшению деятельности сосудодвигательного центра в ответ на внешние раздражения. Если у нетренированного человека статические напряжения приводят к угнетению или извращению сосудистого рефлекса на холод (регистрировалась плетизмограмма руки), то у тренированного при стандартной нагрузке сосудистая реакция была не только вполне адекватна, но даже более интенсивна, чем в покое, и характеризуется меньшим латентным периодом.

Произвольная мышечная деятельность статического характера обеспечивается импульсацией из коркового ядра двигательного анализатора и вызывается раздражениями, поступающими из внешней и внутренней среды. Поддержание непрерывного изометрического сокращения приводит к образованию в коре головного мозга ограниченного очага возбуждения, который существенно изменяет межцентральные взаимоотношения (Н. К. Верещагин, 1962). Статические напряжения тормозят условные сосудистые рефлексы и препятствуют образованию новых, вызывают появление фазовых состояний в деятельности сосудодвигательного центра (Р. А. Шабунин, 1960, 1961).

Изометрические сокращения мышц вызывают раздражение проприоцепторов, от которых в центральную нервную систему поступает импульсация, оказывающая большое влияние на дальнейшее протекание мышечного сокращения и на состояние вегетативных функций. Как показал М. Р. Могендович (1957, 1967), эта импульсация вызывает моторно-кардиоваскулярные и позно-вегетативные рефлексы. По его мнению, проприоцепция органически тесно связывает моторику и вегетатику в одном акте поведения животных и человека. В последние годы исследование антигравитационных механизмов, проведенное М. Р. Могендовичем и его сотрудниками, показало, что проприоцепция принимает непосредственное участие в компенсаторных реакциях на гравитацию. Значение проприоцепции для обеспечения адекватных реакций сердечно-сосудистой системы подтверждается исследованиями, проведенными в условиях невесомости (И. И. Касьян и др., 1965; О. Г. Газенко, А. А. Гюрджиан, 1967). На важность антигравитационных мышечных напряжений в развитии функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы обращает внимание И. А. Аршавский (1963). В последнее время существование тесного функционального взаимодействия двигательного анализатора и сердечно-сосудистой системы нашло свое подтверждение в исследованиях В. Н. Черниговского (1967) и Н. Ф. Суворова (1967), обнаруживших в центральной нервной системе тесное перекрытие зон соматосензорных проекций.

Как показали наши данные, проприоцептивная импульсация от сокращенных мышц играет важную роль в компенсаторных реакциях сердечно-сосудистой системы на действие гравитационного фактора: она, по-видимому, делает их более эффективными. Тонизирующее действие проприоцептивной импульсации на сосудодвигательные центры (моторно-васкулярный рефлекс) у школьников 13—14 лет при удержании груза на плечах

в положении стоя менее выражено, чем у юношей и тренированных подростков.

## ВЫВОДЫ

1. Многоканальная (полиграфическая) регистрация физиологических показателей является неременным условием при исследовании приспособительных механизмов организма человека, обеспечивающих мышечную деятельность. Непрерывная полиграфическая регистрация различных физиологических показателей при мышечной деятельности позволяет определить качество регулирования отдельных систем организма человека и их взаимодействие.

2. Онтогенетические особенности функционирования двигательного аппарата при мышечной деятельности статического характера заключаются в следующем.

а) Для детей 8—9 лет поддержание статического напряжения мышц предплечья и кисти в  $\frac{1}{3}$  максимальной силы представляет трудность с самого начала усилия. У них регистрируются наибольшая суммарная биоэлектрическая активность мышц, значительное число «пачек» импульсов, чаще проявляются сокращения мышц, не имеющих отношения к выполняемому напряжению; статическая выносливость невелика, усталость появляется рано. У 33% детей отмечается натуживание.

б) У подростков 13—14 лет по сравнению с детьми при статическом напряжении малых групп мышц значительно больше сила и выносливость, позднее появляется усталость, на 60% меньше суммарная биоэлектрическая активность мышц (соответствует уровню юношей), но характер сдвигов биоэлектрической активности остается таким же, как и у детей 8—9 лет.

в) Подростки мало выносливы к статическим напряжениям больших групп мышц. Они удерживают на плечах груз, равный 50% веса тела, в положении стоя вдвое меньшее время, чем юноши 18—20 лет, различия же в выносливости у них и у детей несущественны.

г) Пожилые люди 60—75 лет при выполнении статических напряжений малых групп мышц показывают меньшую силу и выносливость, чем подростки 13—14 лет. Во время статического напряжения у пожилых регистрируется большая суммарная биоэлектрическая активность мышц, снижающаяся к концу усилия, значительное число «пачек» импульсов и частые сокращения дополнительных мышц.

3. Статические напряжения малых групп мышц вызывают с самого начала мышечного напряжения системную прессорную

реакцию, имеющую рефлекторную природу (учащается пульс, повышается систолическое и диастолическое давление, общее периферическое сопротивление, наблюдается тенденция к увеличению минутного объема крови и достоверное ускорение кровотока, уменьшается амплитуда объемного пульса плетизмограммы руки и пальца).

Кровенаполнение неработающей руки (мышц и кожи) в среднем во всех возрастных группах, несмотря на прессорную реакцию со стороны артерий и артериол, постепенно увеличивается; к концу статического напряжения амплитуда пульсовой волны плетизмограммы руки превышает уровень исходного фона.

4. Реакция сердечно-сосудистой системы во время статических напряжений малых и больших групп мышц у детей и подростков по многим показателям одинакова (систолическое давление повышается на 9,2—10,5 мм рт. ст., диастолическое — на 10,9—12 мм рт. ст., общее периферическое сопротивление возрастает при статическом напряжении малых групп мышц на 2,2—4,6%, больших — на 28,1—34,3%, систолический и минутный объем крови уменьшается при удержании на плечах груза на 10,2—12,7% и 9,3—10,4% и т. д.)

Отличительной чертой детей 8—9 лет является быстрое возвращение гемодинамики к исходному уровню после прекращения статического напряжения или уменьшения его величины (освобождения от груза при сохранении свободной стойки).

5. По данным полиграфической регистрации кратковременные статические напряжения не вызывают каких-либо неблагоприятных сдвигов в основных системах организма и прежде всего в системе кровообращения. Статические напряжения как малых, так и больших групп мышц, выполняемые в соответствии с возрастными и индивидуальными возможностями школьника младшего возраста, вызывают у большинства из них незначительные и быстро проходящие изменения гемодинамики.

6. Компенсаторные механизмы системы кровообращения у подростков вполне эффективны при статических напряжениях малых групп мышц и явно недостаточны при выполнении статических напряжений больших групп мышц в вертикальном положении. На это указывают затяжные гемодинамические сдвиги после освобождения от груза (общая пульсовая сумма за 3 минуты после снятия груза достоверно выше, чем у детей; на 1-й минуте в 37,5% случаев наблюдается феномен Линдгарда по частоте пульса, на второй минуте остается повышенным диастолическое давление, общее периферическое сопротивление, ско-

рость распространения пульсовой волны, остается уменьшенным минутный объем крови и отмечается дополнительное уменьшение систолического объема; на 5-й минуте сохраняется низкий вольтаж зубца R электрокардиограммы).

7. При нормировании физических нагрузок при трудовом обучении и занятиях спортом следует учитывать, что сердечно-сосудистая система подростка, находящаяся в периоде формирования и перестройки, не может обеспечить длительного поддержания статических напряжений больших групп мышц в положении стоя. Для повышения статической выносливости в этом возрасте необходима специальная тренировка.

8. Занятия спортом с включением в тренировку физических упражнений статического характера приводят к значительному повышению функциональных возможностей организма подростков. Тренированные подростки 13—14 лет (юные штангисты) выносливее своих нетренированных сверстников. У них регистрируется равномерная и наименьшая биоэлектрическая активность мышц, характер которой становится таким же, как и у юношей. Тренированные подростки отличаются от нетренированных лучшей способностью поддерживать устойчивое состояние во время статического напряжения, более ритмичным дыханием и т. д. По ряду признаков сдвиги гемодинамики во время статического напряжения более соответствуют тому, что наблюдается у юношей, чем у нетренированных подростков.

9. Реакция организма на статические напряжения малых групп мышц пожилых людей отражает своеобразие приспособительных механизмов, формирующихся в процессе старения. Период вработывания по ряду показателей (биотоки мышц, частота пульса, частота и глубина дыхания и др.) затянут. Прессорная реакция выражена меньше и отчетливо снижается к концу статического напряжения.

Гемодинамические сдвиги, возникающие в ответ на мышечное напряжение, не обеспечивают кислородный запрос. Это подтверждается отчетливым феноменом Линдгарда (в первые две минуты восстановительного периода увеличивается минутный и систолический объем на фоне снижения диастолического давления и общего периферического сопротивления ниже исходного уровня, возрастает глубина и частота дыхания).

В отличие от лиц молодого возраста, у пожилых людей статические напряжения меньшей интенсивности вызывают больший гемодинамический сдвиг.

10. Систематическая тренировка к статическим напряжениям повышает работоспособность нервных центров, обеспечиваю-

щих деятельность двигательного аппарата, сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Отмечается значительное увеличение силы и статической выносливости, способности преодолевать утомление. Во время стандартной статической нагрузки прирост минутного объема крови больше, а изменения артериального давления — меньше, чем до тренировки; увеличивается интенсивность сосудосуживающей реакции на холод, уменьшается ритм и возрастает амплитуда биотоков мышц, сглаживается феномен Линдгарда и т. д.

11. При статическом напряжении малых групп мышц на фоне неизменной величины заданного мышечного напряжения с помощью полиграфической методики обнаруживается переходный период, который прерывает относительно «устойчивое состояние», наступающее после вработывания. В это время регистрируется пикообразное увеличение частоты пульса (на 5,6—9,4 в мин) и суммарной биоэлектрической активности мышц (до 215—375%), изменение дыхания и другие сдвиги, которые указывают на дискоординацию функций организма, снижение эффективности его физиологических затрат. Переходный период мы рассматриваем как начальный этап первой фазы развивающегося утомления.

12. В настоящее время нельзя считать снижение показателей выполняемой работы единственным бесспорным критерием утомления. Диагностика начальных признаков утомления должна строиться на применении различных комплексов физиологических показателей с обязательным учетом возрастных особенностей человека. Ощущение усталости у юношей и пожилых лиц, а также в известной мере и у подростков следует рассматривать как один из признаков начинающегося утомления. У детей 8—9 лет этот показатель не имеет существенного значения в диагностике утомления.

---

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. К вопросу о происхождении волнообразности плетизмограммы. Тезисы докл. на год. научн. сессии ин-та, посвящ. 25-летию со дня основания мед. ин-та. Свердловск, 84—86, 1956.
2. Исследование чувствительной хронаксии во время фазовых изменений сосудистого рефлекса на холод при статических усилиях. Труды XX год. научн. сессии мед. ин-та, сб. 22, Свердловск, 107—109, 1956.
3. О физиологических механизмах тренировки выносливости к статическим усилиям. Теория и практика физ. культуры, 22, 8, 673—677, 1959 (в соавт.).
4. Влияние статических усилий на перераспределение крови у здорового человека. Бюл. эксперим. биол. и мед., 9, 10—15, 1959.
5. Изменение температурных сосудистых рефлексов во время мышечной деятельности статического характера. Физиол. журнал СССР, 46, 10, 1173—1179, 1960.
6. Особенности функции сердечно-сосудистой системы при статических усилиях. Гигиена труда и профзаболевания, 1, 39—45, 1962 (в соавт.).
7. О фазах процесса торможения, развивающегося в центральной нервной системе под влиянием статических напряжений. В кн.: Вопросы теоретической медицины. 11. Физиология статических напряжений. Сб. трудов мед. ин-та, вып. 35, 268—274, Свердловск, 1962.
8. Влияние статических усилий на сосудистые безусловные рефлексы молодых людей, нетренированных и тренированных к этим усилиям. В кн.: Вопросы теоретической медицины. 11. Физиология статических напряжений. Сб. трудов мед. ин-та, вып. 35, 302—308, Свердловск, 1962.
9. О фазах парабриотического торможения при мышечной деятельности статического характера. Тезисы докл. научн. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения Н. Е. Введенского, Вологда, 29—31, 1962 (в соавт.).
10. Некоторые особенности сосудистых рефлексов у молодых людей в возрасте 18—20 лет. В кн.: Актуальные вопросы эксперим. мед. и биол., вып. 1, Челябинск, 111—117, 1962.
11. Динамика протекания сосудистого безусловного холодового рефлекса у человека в процессе тренировки к статическим мышечным напряжениям. Физиологичний журнал АН УРСР, 9, 4, 28—34, 1963.
12. О наличии парабриотических фаз в деятельности сосудодвигательного центра во время статического мышечного напряжения. В кн.: Вопросы патол. физиологии сердечно-сосудистой системы. Труды Всес. конф. патофизиологов, М., 154—156, 1963.
13. Исследование сосудистых реакций у школьников-подростков при статических мышечных усилиях. В кн.: Вопросы охраны здоровья подростков. Тезисы и авторфераты докл. на Всерос. научн. конф., Свердловск, 1964, 97—98.
14. Влияние статических усилий на сосудистые реакции детей и юношей. Тезисы науч. сообщ. X съезда Всес. физиол. об-ва им. И. П. Павлова, т. 2, вып. 2, 399, 1964.

15. Особенности сосудистых реакций у детей младшего школьного возраста. Тезисы докл. первой гор. мед. конф. молодых научных работников, Свердловск, 49—50, 1964.

16. О физиологической оценке напряженности различных физических упражнений и нагрузок у детей школьного возраста. В кн.: Актуальные проблемы врач. контроля и леч. физкультуры, Киев, 111—112, 1965 (в соавт.).

17. Функциональные сдвиги в организме школьников во время мышечного напряжения. В кн.: Возрастная физиология и клиника. Материалы конф., М., 102—103, 1965.

18. Применение полиграфической регистрации физиологических показателей для исследования сердечно-сосудистой системы подростков и юношей. В кн.: Проблемы спортивной медицины. Материалы Всес. конф. по спортивной медицине. М., 113—114, 1965.

19. Использование полиграфической регистрации физиологических показателей для оценки развивающегося утомления подростков. Материалы конф. физиологов, биохимиков и фармакол. с участием практических врачей. Уфа, 108—110, 1966.

20. Исследование функциональных возможностей организма юных штангистов. Материалы восьмой научн. конф. по возрастной морфол., физиол. и биохимии. Часть II. «Просвещение», М., 113—115, 1967 (в соавт.).

21. Влияние статических мышечных напряжений на некоторые показатели сердечно-сосудистой системы человека в онтогенезе. Материалы восьмой научн. конф. по возрастной морфол., физиол. и биохимии, часть II. «Просвещение», М., 437—438, 1967.

22. Особенности биоэлектрической активности мышц школьников при статических напряжениях. Материалы восьмой научн. конф. по возрастной морфол., физиол. и биохимии, часть II. «Просвещение», М., 439—440, 1967 (в соавт.).

23. Особенности сосудистых реакций у детей с хронической пневмонией и влияние на них статического мышечного напряжения. В кн.: Вопросы реактивности и аллергии в педиатрии. Труды педиатр. кафедр мед. ин-та, вып. 52, Свердловск, 49—54, 1967 (в соавт.).

24. Диагностика утомления с помощью полиграфической регистрации физиологических показателей. Материалы X Всес. научн. конф. по физиол., морфол., биомеханике и биохимии мышечной деятельности. Май, 1968, Тбилиси, М., т. 3, 164—165, 1968.

25. Использование результатов непрерывной регистрации частоты пульса при мышечных нагрузках для оценки возрастных особенностей организма. Материалы IV научно-практ. конф. по врачебному контролю и леч. физкультуре. Свердловск, 189—191, 1968.

26. Реакция кровообращения и дыхания пожилых людей в ответ на мышечную деятельность статического характера. В кн.: Физическая культура и долголетие. Материалы Всес. научн. конф., Баку, 142—144, 1967.

27. К диагностике начальных признаков утомления у лиц различного возраста. Материалы XXX год научн. сессии мед. ин-та, Свердловск, 278—279, 1968.

28. Ощущение усталости и возраст. Материалы III Всес. съезда об-ва психологов СССР, том III, вып. I, М., 188—189, 1968.

29. Изометрические упражнения как одно из средств тренировки в спорте. В кн.: Вопросы физиологии и врач. контроля в процессе спортивного совершенствования. Свердловский пед. ин-т, сб. 71, 78—82, 1968 (в соавт.).

30. Педагогические и физиологические исследования тренировки юных штангистов. В кн.: Вопросы физиологии и врач. контроля в процессе спор-

тивного совершенствования. Свердловский пед. ин-т, сб. 71, 101—108, 1968 (в соавт.).

31. Дискоординация физиологических функций как показатель утомления. Физиол. журнал СССР, 54, 9, 1034—1038, 1968.

32. Особенности утомления при статическом напряжении в различные возрастные периоды. Материалы девятой науч. конф. по возрастной морфол., физиол. и биохимии. Том 2, часть II, 322—323, М., 1969.

33. Особенности моторно-висцеральных взаимоотношений при мышечной деятельности у лиц пожилого возраста. Материалы Республ. межвузовской науч. конф. по физиол. моторно-висцеральной регуляции, мышечной деятельности и физ. воспитанию. Калинин, 195—197, 1969.

34. К методике определения функциональных возможностей организма юных штангистов. В кн.: Медицинские проблемы исследования и управления тренированностью спортсменов. Материалы XVI Всес. научной конф. по спортивной медицине. М., 108—109, 1969.

3268

БИБЛИОТЕКА  
Свердловского государственного  
института физической культуры

---

НС 34059

Тираж 150

Подписано к печати 9. VI. 1969 г.

Печ. л. 2,5

Заказ 644

---

Фил. цеха № 1 объединения «Полиграфист», Свердловск, Комсомольская, 70