

28.903  
Ц 227

АКАДЕМИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ НАУК СССР  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ФИЗИОЛОГИИ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

---

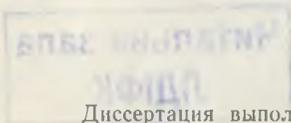
**В. А. ЦАУН**

**МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ  
СЛОЖНЫХ УСЛОВИЙ (ВЫСОТЫ И ОГРАНИЧЕННОЙ  
ПЛОЩАДИ ОПОРЫ) НА ОРГАНИЗМ ДЕТЕЙ,  
ПОДРОСТКОВ И ВЗРОСЛЫХ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ  
НЕКОТОРЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ**

(Специальность 03.102. Физиология человека и животных)

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

МОСКВА  
1971



Диссертация выполнена в отделе физиологии труда (заведующий — кандидат биологических наук **И. М. Козлов**) Всесоюзного научно-исследовательского института профессионально-технического образования (директор — кандидат технических наук, доцент **Н. И. Думченко**).

Научный руководитель — кандидат биологических наук **И. М. Козлов**.

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор **С. А. Косилов**

доктор биологических наук **П. И. Гуменер**.

Отзыв о научно-практической значимости диссертации представлен Ленинградским государственным университетом им. А. А. Жданова (кафедра ВНД).

Автореферат разослан «17» *января* . 1972 г.

Защита диссертации состоится «17» *января* . . 1972 г. в Научно-исследовательском институте физиологии детей и подростков АПН СССР по адресу: Москва, Г-117, ул. Погодинская, д. 8.

Ученый секретарь института **Л. М. Метальникова**



Подготовка учащихся ПТУ к профессиональной деятельности может быть успешной лишь при наличии полноценных характеристик выбранной профессии и объективных данных о соответствии функциональных возможностей организма подростков профессиональным требованиям.

2391  
Среди большого разнообразия существующих профессий, выделяется целая группа профессий, для которой типичной особенностью является деятельность на высоте. Это монтажники стальных и железобетонных конструкций, верхолазы, монтажники линий электропередач. Кроме того, в сходных условиях находятся спортсмены, специализирующиеся в прыжках в воду с вышки, в прыжках на лыжах с трамплина альпинисты и т. п. Для монтажника-высотника, верхолаза, зачастую дополнительной трудностью является ограниченная опора тела. Нахождение человека на высоте выше 5 м и на ограниченной площади опоры связано с реальной опасностью, поэтому такие сложные условия с полным основанием можно охарактеризовать как стрессовые, а реакцию на них рассматривать как нервно-эмоциональный стресс (Г. Селье, 1960). Эти особенности труда настолько специфичны, что не позволяют заимствовать существующие критерии пригодности, выявленные для других профессий.

Разработка телеметрических и радиотелеметрических устройств для проведения физиологических и медицинских исследований позволила начать изучение тех видов производственной деятельности человека, исследовать которые без соответствующей технической оснащенности практически невозможно. В первую очередь это касается случаев, когда экспериментатору нельзя находиться рядом с испытуемым, например на большой высоте над землей в условиях ограниченной площади опоры.

Число работ, посвященных изучению влияния фактора высоты на человека, весьма незначительно (Е. Н. Кузнец,

Н. М. Шибанов, В. А. Варламов, А. П. Мартынов, 1967; В. А. Варламов, 1966, 1967; Е. Соколов, В. Кабачков, Г. Куренков, Д. Коваленко, 1968). Среди них нет ни одной, касающейся исследования влияния высоты на организм человека в возрастном плане.

В задачу настоящей работы входило изучение особенностей физиологических реакций детей, подростков и взрослых в условиях фактора высоты и ограниченной площади опоры тела<sup>1</sup> с целью обоснования средств и методов профессиональной ориентации и вопросов профессионального отбора людей для деятельности в экстремальных условиях.

Работа проводилась в плане изучения деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной и двигательной систем организма. Такой выбор определяется тем обстоятельством, что высота, как экстремальный раздражитель, воздействует на человека только через его сознание, поэтому определенный интерес представляют исследования отдельных физиологических систем, в разной степени подверженных произвольному регулированию. Деятельность сердечно-сосудистой системы характеризуется полным автоматизмом. Дыхательная система отличается определенным дуализмом — она регулируется дыхательным центром и одновременно обладает возможностью произвольного управления. Для двигательной системы человека более характерна произвольная регуляция.

Диссертация содержит пять глав. В первой главе приводится литературный обзор изучаемого вопроса, во второй помещено описание теле- и радиотелеметрической методики исследования. Третья глава содержит сведения о влиянии высоты на организм взрослого человека. В ней рассматриваются особенности поддержания человеком вертикальной позы в условиях высоты и ограниченной площади опоры тела; одновременно с этим анализируются функциональные изменения сердечно-сосудистой и дыхательной систем человека. Четвертая глава посвящена рассмотрению особенностей регуляции двигательной деятельности подростков и взрослых на высоте. В пятой главе характеризуется влияние фактора высоты на функционирование сердечно-сосудистой и дыхательной систем человека в различные возрастные периоды (9—18 лет).

<sup>1</sup> В дальнейшем для удобства изложения и большей краткости мы будем говорить о «факторе высоты», предусматривая при этом обязательное сочетание высоты и ограниченной площади опоры тела.

## МЕТОДИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Специфические особенности эксперимента в условиях высоты потребовали разработки специальных методов исследований. Главный упор был сделан на создание портативных теле- и радиотелеметрических устройств. К разрабатываемой аппаратуре предъявлялись следующие требования: минимальные габариты и вес, простота в эксплуатации; надежность графической регистрации в радиусе 50—100 м для радиотелеметрии и 30 м — для телеметрии; наличие минимальных неудобств для испытуемых, отказ от размещения передатчиков, антенн и другой аппаратуры на голове; создание новых типов датчиков и устройств для первичной экспресс-обработки полученных данных.

При разработке аппаратурных методов были учтены последние достижения отечественной и зарубежной биотелеметрии (В. В. Розенблат, 1967; Л. С. Домбровский, Р. В. Унжин, Э. Г. Римских, 1968; С. Датки, М. Шехтер, В. Салливер, 1965; В. Крейхед, Дж. Крейхед, Р. Дэвис, 1965 и др.), что позволило создать целый ряд оригинальных приборов и конструкций. Среди них несколько вариантов радиотелеметрических систем для регистрации частоты сердечных сокращений (ЧСС) на чернильном самописце Н-320 в виде кардиоинтервалограмм; проводной и радиотелеметрический варианты системы для регистрации ЧСС и частоты дыхания (ЧД) с поверхностных электродов; вариант прибора для регистрации частоты дыхания с использованием тензолитового датчика; шестиканальные транзисторные усилители биопотенциалов и интеграторы; портативный телекинематометр, работающий на электрическом принципе, и целый ряд других устройств.

Сложность экспериментальной работы заключалась в том, что необходимо было зарегистрировать деятельность ряда систем организма человека в обычных условиях и на высоте. Мы стремились организовать исследования таким образом, чтобы, по возможности, избавить испытуемых от необходимости подъема на высоту, так как в противном случае влияние физической работы при подъеме по лестнице полностью затушевывало реакцию организма на фактор высоты. В каждом конкретном случае выбиралось специальное место для эксперимента, например, балкон в спортивном зале или специальная площадка, выступающая из окна здания, где на

переход из обычных условий в экстремальные необходимо было затрачивать минимум физических усилий.

Мы начали исследования с изучения влияния на человека сравнительно небольшой трехметровой высоты, так как наша программа предусматривала регистрацию устойчивости вертикальной позы тела на ограниченной площади опоры с помощью специальной тензоплатформы, которую необходимо было устанавливать как на земле так и на высоте; это не позволило сделать ее достаточно устойчивой. И хотя были приняты особые меры, возможность падения с высоты была достаточно реальной, что создавало экстремальную обстановку и вызывало у испытуемых состояние нервно-эмоционального стресса. В дальнейших исследованиях, где колебания тела не регистрировались, высота подъема была доведена до 10 м, а в отдельных случаях — до 40 м.

Исследования особенностей произвольной двигательной деятельности подростков и взрослых на высоте проводилось с использованием комплекса приборов: телекинематометра с чернильным самописцем Н-320-3, фотофоностимулятора, многоканальных усилителей биопотенциалов, транзисторных интеграторов и осциллографа Н-107.

При изучении влияния высоты на организм детей и подростков программой предусматривалось выполнение стандартной нагрузки из 20 приседаний. Необходимый ритм приседаний задавался фотофоностимулятором, а радиотелеметрический комплекс обеспечивал синхронную регистрацию функций сердечно-сосудистой и дыхательной систем на протяжении всего времени пребывания как в обычных условиях, так и на высоте, в состоянии относительного покоя и при физической работе.

Исследованиями были охвачены школьники 2—10 классов, учащиеся ПТУ и взрослые люди, — всего около 200 человек.

Все полученные экспериментальные данные подвергались математической обработке с нахождением основных статистических показателей: среднего арифметического ( $\bar{x}$ ), ошибки средней ( $Sx$ ), среднеквадратического отклонения ( $\sigma$ ), коэффициента вариации ( $v$ ) и достоверности различия ( $t$ ). В тех случаях, когда критерий  $t$  нельзя было использовать (из-за ненормального распределения или большой дисперсии данных) применялся знаковый метод с определением уровня значимости ( $P$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

### Физиологический анализ влияния высоты на организм взрослого человека

Исследование влияния фактора высоты на человека мы сочли целесообразным начать с комплексной оценки физиологических реакций взрослого организма, с тем чтобы затем попытаться определить в сравнительном плане особенности функциональных изменений в онтогенезе.

У испытуемых мужского пола в возрасте от 20 до 45 лет изучалась способность поддерживать вертикальную позу на земле и на высоте 3 м в условиях ограниченной площади опоры; одновременно осуществлялась регистрация частоты сердечных сокращений и характера внешнего дыхания. Попытка одновременного изучения двигательной, дыхательной и сердечно-сосудистой функций обусловлена необходимостью более полно охарактеризовать диапазон приспособительных реакций к сложным факторам труда. Несмотря на единую рефлекторную природу регуляции различных функций организма, имеется ряд особенностей в формировании двигательных и вегетативных реакций в процессе приспособления к факторам среды. Эти особенности заключаются как в скорости возникновения и протекания адаптивных реакций, так и в различной степени зависимости их от произвольных влияний.

В поддержании вертикальной позы человека участвует значительное число систем управления, которые замыкаются как на уровне спинного мозга, так и выше расположенных отделах центральной нервной системы, что делает вертикальную стойку весьма чутким индикатором, интегративно отражающим влияние самих разнообразных внешних воздействий (В. С. Гурфинкель, Я. М. Коц, Л. Н. Шик, 1965).

Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что число колебаний тела на высоте 3 м возрастает с  $67,62 \pm 11,0$  колебаний в минуту<sup>1</sup> в обычных условиях до  $89,2 \pm 15,9$  колебаний на высоте, что составляет 21,6 колебаний в минуту или 32,6% от исходного уровня ( $P = 0,05$ ).

<sup>1</sup> Здесь и далее  $X \pm \sigma$ .

Повышение среднеквадратического отклонения свидетельствует о разнотипности реакций отдельных испытуемых, очевидно вызванной индивидуальными особенностями их организма.

Анализ стабиллограмм показал, что на высоте число колебаний общего центра тяжести (ОЦТ) с частотой от 1 до 10 гц возрастает на 44%, с  $53,6 \pm 9,80$  в обычных условиях до  $77,2 \pm 14,84$  на высоте в пересчете на минуту ( $P=0,05$ ), а количество колебаний с частотой ниже 1 гц, вызванных переносом центра тяжести с левой стороны стопы на правую, наоборот, уменьшается с  $14,0 \pm 3,58$  кол/мин на земле до  $10,6 \pm 2,34$  кол/мин на высоте, что составляет 17,1% ( $P=0,05$ ).

Удалось установить, интересный факт, рассмотрев расстояние между верхними и нижними значениями экстремумов стабиллограммы. Оказалось, что на земле в среднем стабиллограмма взрослого человека смещается в пределах  $19,0 \pm 2,53$  мм, а на высоте 3 м этот диапазон сужается до  $14,8 \pm 2,65$  мм ( $P=0,05$ ). Подобная реакция свидетельствует о тенденции организма уменьшить колебания тела и не допустить смещения ОЦТ в область, граничащую с потерей равновесия.

В обычной обстановке характер поддержания вертикального положения тела является весьма экономичным за счет того, что основная нагрузка приходится на костно-связочный аппарат. Кратковременное подключение отдельных мышц обеспечивает коррекцию отклонений тела от состояния равновесия. На высоте в регуляцию позы вовлекается значительное количество мелких мышц голени и стопы. Это отражается на характере стабиллограммы, она становится более высокочастотной, а сама вертикальная стойка оказывается значительно напряженной. Естественно, что все это является лишь отражением тех процессов, которые возникают в центральной нервной системе в результате реальной оценки окружающей обстановки и, по-видимому, обусловлены изменением функционального состояния регуляторных механизмов высших отделов мозга.

Одновременная синхронная регистрация функций сердечно-сосудистой и дыхательной систем с последующим анализом их параметров свидетельствует о существенной перестройке регуляторных механизмов у взрослого человека. По усредненным данным, нахождение человека на высоте 3 м и ограниченной площади опоры вызывает увеличе-

ние ЧСС с  $81,6 \pm 8,23$  уд/мин до  $87,6 \pm 7,13$  уд/мин, т. е. примерно на 7,35% ( $P=0,05$ ). Большой размах среднего квадратического отклонения свидетельствует о том, что в состоянии относительного покоя деятельность сердечно-сосудистой системы характеризуется значительным колебанием сердечного ритма: в нашем случае до 10%, а по опубликованным данным от 7—9% (Н. В. Зимкин, 1953) до 15% (В. М. Зациорский, С. К. Сарсания, 1965). Оказалось, что даже при одинаковой вариативности ЧСС, сама картина регуляции отличается большим разнообразием, вызванным особенностями многоконтурного регулирования сердечно-сосудистой системы.

Характер внешнего дыхания, зарегистрированный с помощью тензолитового датчика, дал возможность выявить те изменения в частоте дыхательных движений и объеме грудного дыхания, которые наблюдаются во время пребывания взрослого человека на высоте и на ограниченной площади опоры тела. Частота дыхания на высоте 3 м возрастает с  $15,1 \pm 1,36$  дых/мин до  $22,5 \pm 3,14$  дых/мин, в среднем на 49% от исходного уровня ( $P=0,05$ ). Это свидетельствует о значительном изменении характера внешнего дыхания. На высоте отмечается возрастание среднего квадратического отклонения частоты дыхания, что находит свое отражение в вариативности этого показателя. Коэффициент вариации ЧД на высоте повышается с 9,03% до 13,90%. Одновременно с увеличением ЧД на высоте уменьшается глубина дыхательных движений. Как показывает анализ пневмограмм, глубина грудного дыхания на высоте уменьшается в среднем на 8,07% ( $P=0,05$ ).

Изменения в регуляции различных функциональных систем у взрослого человека свидетельствуют о том, что высота является весьма сильным физиологическим раздражителем. Обобщенный характер функциональных сдвигов, очевидно, является результатом нервно-эмоционального возбуждения. При этом следует отметить, что в ответ на действие экстремального фактора изменение одних функциональных показателей однонаправленно, в то время как изменение других носит противоположный характер. Например, на высоте у всех испытуемых возрастает частота колебаний центра тяжести тела, частота дыхательных движений, а также частота сердечных сокращений. Вместе с тем характеристика вариативности исследуемых функций свидетельствует о различном направлении изменения процесса регуляции кро-

воображения по сравнению с двигательным аппаратом и дыханием. Коэффициент вариации частоты колебания центра тяжести тела и частоты дыхательных движений у человека на высоте повышается, в то же время соответствующий показатель функции кровообращения уменьшается. Очевидно характер изменений функциональных показателей обусловлен различной степенью произвольных влияний на регуляцию той или иной функции. Известно, что в наибольшей степени произвольно регулируется двигательная функция, в меньшей — функция кровообращения, а дыхательная занимает промежуточное положение (произвольно изменять характер внешнего дыхания человек может только в определенных пределах).

Функциональные изменения у человека на высоте можно сравнить с физиологическими сдвигами у спортсменов в предстартовом состоянии. Умеренное возбуждение на небольших высотах сопровождается повышением качества регуляции двигательной функции (состояние боевой готовности). Опасность нахождения на больших высотах вызывает ухудшение устойчивости вертикальной позы человека, вероятно, в результате развития в соответствующих нервных центрах тормозного состояния, вызванного чрезмерным усилением возбудительного процесса.

#### **Особенности регуляции кинематических и динамических параметров движений у подростков и у взрослых на высоте**

Данный раздел работы посвящен сравнительному анализу особенностей регуляции кинематических и динамических параметров у подростков 15—16 лет, учащихся строительных профтехучилищ и у взрослых. Перед нами стояла задача охарактеризовать их двигательную деятельность в одинаково сложных внешних условиях. Данные ряда авторов свидетельствуют о том, что к 15—16 годам развитие двигательной функции подростков по многим параметрам достигает уровня взрослого человека (Д. П. Букреева, 1955; А. И. Васютина, 1955; В. С. Фарфель, 1959 и др.). Как правило, такие исследования проводились в обычной обстановке, поэтому мы предполагали, что в сложных условиях реакция со стороны двигательной системы подростка будет иной, нежели у взрослого человека.

Огромное число степеней свободы — характерная особенность двигательного аппарата человека, которая очень затрудняет изучение двигательной деятельности. По этой причине в качестве показателя влияния фактора высоты на регуляцию двигательной функции нами выбрано автоматизированное движение (сгибание и разгибание руки в локтевом суставе), которое не требует специального разучивания и обеспечивается только двумя мышцами-антагонистами. Любое движение характеризуется тремя основными показателями — временными, пространственными и силовыми. Необходимо было провести анализ перечисленных параметров применительно к элементарному двигательному действию, выполняемому подростками и взрослыми. Для этого использовалась методика кинематометрии и электромиографии.

Полученные нами данные об особенностях двигательной деятельности человека в условиях высоты и ограниченной площади опоры тела позволили выявить изменения временных, пространственных и силовых компонентов выполняемых движений у подростков в сравнении со взрослыми. У подростков на высоте 10 м возрастает произвольный темп сгибания и разгибания руки с 38,63 до 39,80 движений в минуту. Однако повышение частоты наблюдается только в 60% случаев ( $t$  от 2,00 до 3,20); в 30% статистически достоверной разницы не отмечается ( $t < 2,00$ ), а у остальных подростков на высоте ритм движений замедляется ( $t > 2,00$ ). У взрослых, как правило, пребывание в этих же условиях вызывает замедление произвольного темпа с 41,70 дв/мин на уровне земли, до 36,68 дв/мин на высоте ( $t$  от 2,25 до 3,31).

Анализ отдельных фаз движения, выполняемых мышцами-антагонистами, позволил установить, что у подростков повышение темпа движений на высоте происходит за счет ускорения фазы сгибания при неизменной фазе разгибания. У взрослых же замедляется и фаза сгибания, и фаза разгибания.

Изучение особенностей выполнения движений в максимальном темпе на высоте показало, что у подростков в среднем частота движений повышается незначительно — с 122,2 до 124,1 дв/мин, а у взрослых, наоборот, уменьшается с 222,2 до 206,8 дв/мин. Остальные фазы движения у подростков на высоте существенно не изменились, а у взрослых замедление частоты движений произошло за счет увеличения времени разгибания.

Изучение влияния высоты на точность пространственного анализа, проведенное методом кинематометрии, показало, что если в обычных условиях воспроизведение заданного угла в локтевом суставе находятся в пределах  $+1,83 \pm 8,74^\circ$  у подростков и  $+1,08 \pm 2,24^\circ$  у взрослых, то на высоте 5 м у подростков ошибка составила  $+4,49 \pm 6,40^\circ$ , а у взрослых —  $-3,58 \pm 5,62^\circ$ . Отсюда очевидно, что у подростков она переместилась в сторону переводов, а у взрослых — в сторону недоводов. На высоте 10 м разница в точности воспроизведения движения стала еще более существенной: у подростков возросла до  $+6,25 \pm 5,63^\circ$ , а у взрослых — до  $-8,98 \pm 8,83^\circ$ . С увеличением высоты среднеквадратическая ошибка воспроизведения движения у подростков постепенно уменьшается, а у взрослых, наоборот, возрастает. Все это свидетельствует о том, что на высоте изменяются не только временные, но и пространственные характеристики движения, одна для подростков более типично превалирование функции сгибателя над функцией разгибателя. У взрослых движения на высоте ограничиваются как на фазе разгибания, так и на фазе сгибания.

Факт уменьшения у взрослого человека на высоте частоты произвольных движений и ограничение их амплитуды может быть обусловлен возникновением в нервных цепях запредельного торможения в результате импульсации со стороны отдельных функциональных образований и других отделов мозга. Однако аналогичный эффект может быть вызван и иным механизмом. В результате нервно-эмоционального напряжения происходит нарушение реципрокных отношений. В этом случае дискоординация функции может заключаться в возникновении одновременной активности мышц-антагонистов, приводящей к замедлению темпа движений.

Необходимо было выяснить, какова биоэлектрическая активность мышц-антагонистов при выполнении движений на земле и на высоте. Если электрическая активность у взрослого человека на высоте увеличивается одновременно в обеих мышцах, то это свидетельствовало бы в пользу гипотезы о нарушении реципрокности, а если активность уменьшалась, — указывало бы на появление в двигательной зоне тормозного состояния.

Электромиографические исследования показали, что двигательная деятельность в экстремальных условиях не сопровождается видимым нарушением реципрокных отношений.

На высоте у подростков повышено естественного и максимального темпа движений обеспечивается усилением электрической активности мышц, а наблюдаемое замедление частоты движений у взрослых есть результат снижения активности двигательных нервных центров, что свидетельствует о появлении у взрослого человека на высоте тормозного состояния.

Экспериментальный материал, полученный нами при исследовании подростков и взрослых, не дает основания утверждать, что обследуемые возрастные группы характеризуются одинаковыми двигательными возможностями, как в отношении произвольно выбранного, так и максимально возможного темпа движений. У человека с момента рождения особенно ярко выражена физиологическая гипертония сгибательной мускулатуры, которая по мере роста организма и в связи с постоянно действующей гравитацией постепенно ослабевает. У взрослого, как правило, это соотношение уже иное, поэтому возрастные изменения функциональных свойств нервных центров мышц-антагонистов во многом определяют своеобразие реакции двигательной системы на фактор высоты.

Оценивая в целом особенности регуляции кинематическими и динамическими параметрами движений подростков и взрослых на высоте, можно отметить, что организм подростка в 15—16 лет еще не достиг той адаптационной способности, которая свойственна организму взрослого. По видимому, подростковый возраст является тем этапом, где по отдельным показателям уже достигнут уровень взрослого организма, а по другим — процесс развития еще продолжается. Исходя из развиваемых А. А. Маркосяном концепций о надежности биологических систем (1971), можно заключить, что надежность организма подростка в 15—16 лет во многом отличается от надежности организма взрослого человека. Наиболее отчетливо эти различия проявляются в экстремальных условиях.

### **Физические особенности реакций детей и подростков на воздействие фактора высоты**

В главе систематизирован фактический материал, характеризующий особенности деятельности систем кровообращения и дыхания у детей и подростков в обычных условиях и на высоте 6 м. Показатели вегетативных функций орга-

низма регистрировались в состоянии относительного покоя и в процессе восстановления после выполнения физической нагрузки. Исследования проводились на школьниках мужского пола 9—18 лет. Все испытуемые в зависимости от возраста были разбиты на пять групп: 9—10 лет; 11—12 лет; 13—14 лет; 15—16 лет; 17—18 лет. В каждой группе было по 10 человек.

Средние значения ЧСС у испытуемых разного возраста в состоянии относительного покоя и после физической нагрузки на уровне земли и на высоте представлены в табл. 1<sup>1</sup>.

Таблица 1

Возраст испытуемых	Частота сердечных сокращений в покое				Частота сердечных сокращений после физической работы			
	на зем- ле	на вы- соте	разница	p	на зем- ле	на вы- соте	разница	p
9—10	101,46	99,78	—1,68	>0,05	111,24	110,04	—1,20	>0,05
11—12	98,10	100,64	2,54	>0,05	113,04	113,10	0,06	>0,05
13—14	96,54	103,26	6,72	0,05	113,76	116,94	3,18	0,05
15—16	94,46	102,96	8,50	0,05	112,26	115,98	3,72	0,05
17—18	94,20	103,44	9,24	<0,05	112,56	116,40	3,84	0,05

Частота сердечных сокращений по мере увеличения возраста имеет тенденцию к урежению, что соответствует опубликованным данным (А. Ф. Тур, 1938; Н. А. Шалков, 1957; А. А. Бирюкович, 1967 и др.).

Пребывание ребенка и подростка на высоте без выполнения физической нагрузки вызывает изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы. У детей 9—10 лет на высоте отмечается уменьшение среднего уровня ЧСС примерно на 1,65%, однако из-за большой вариабельности сердечного ритма эта реакция статистически не достоверна ( $P > 0,05$ ). У детей 11—12 лет наблюдается повышение ЧСС

<sup>1</sup> В таблице приведены только средние данные ( $\bar{x}$ ) и уровень значимости ( $P$ ). Остальные статистические показатели ( $S_x$ ,  $\sigma$ ,  $v$ ) представлены в диссертации.

на 2,50% ( $P > 0,05$ ). У остальных возрастных групп увеличение ЧСС более существенно и составляет для 13—14-летних 6,96% ( $P = 0,05$ ), для 15—16-летних — 9,0% ( $P = 0,05$ ), а для 17—18-летних — 9,81% ( $P < 0,05$ ).

Для нас представлял интерес характер и направленность адаптивных реакций сердечно-сосудистой системы на высоте при физической работе.

У всех испытуемых физическая нагрузка, выполняемая в обычных условиях, привела к увеличению ЧСС; на 9,88 уд/мин у 9—10-летних и на 18,36 уд/мин у 17—18-летних, за счет чего разброс между возрастными группами с крайними значениями ЧСС сократился с 7,86 уд/мин в состоянии покоя до 2,52 уд/мин. Мы сталкиваемся с фактом уменьшения возрастных различий в величине сердечного ритма при физической деятельности. Подобная картина отмечалась рядом авторов (В. М. Король, 1965; В. В. Розенблат, 1967).

Физическая работа, выполняемая на высоте, вызывает характерную реакцию со стороны сердечно-сосудистой системы. У 9—10-летних наблюдается уменьшение ЧСС на 1,20 уд/мин, что составляет около 1,0%. В группе 11—12 лет ЧСС оставалась такой же, как и на земле. Однако в других группах ЧСС на высоте повысилась: у 13—14-летних на 2,79%, у 15—16-летних на 3,31%, у 17—18-летних на 3,47%. Если сравнить, как влияет фактор высоты на испытуемых разного возраста во время пассивного ожидания и при физической работе по показателям сердечного ритма, то отчетливо прослеживается закономерность: чем взрослее человек, тем значительно ослабляется воздействие экстремальной обстановки при физической деятельности. Например, у подростков 17—18 лет в пассивном состоянии ЧСС на высоте повышается на 9,24 уд/мин, а при выполнении физической работы — всего на 3,84 уд/мин.

В табл. 2 представлены средние данные ЧД у испытуемых разного возраста в состоянии относительного покоя и после физической нагрузки на уровне земли и на высоте.

Таблица 2

Возраст испытываемого	Частота дыхания в покое				Частота дыхания после физической нагрузки			
	на земле	на вы- соте	разница	p	на земле	на вы- соте	разница	p
9—10	25,32	26,88	1,56	0,05	27,59	27,70	0,11	>0,05
11—12	23,51	26,54	3,03	<0,01	26,29	27,60	1,31	0,05
13—14	22,42	25,79	3,37	<0,01	24,01	26,17	2,16	0,05
15—16	21,37	24,88	3,51	<0,05	23,68	25,96	2,28	0,05
17—18	19,62	23,44	3,82	<0,05	20,64	23,78	3,14	<0,05

Частота дыхания на высоте в покое у всех групп повышается по мере увеличения возраста испытуемых ( $P < 0,05$ ). Для возраста 9—10 лет повышение ЧД составляет 6,16%; 11—12 лет — 12,89%; 13—14 лет — 15,03%; 15—16 лет — 16,42%; 17—18 лет — 19,47%.

Физическая работа на земле вызывает значительные изменения в деятельности дыхательной системы, однако, как и в состоянии покоя, сохраняется четкая зависимость ЧД от возраста. Наибольшая ЧД у 9—10-летних —  $27,59 \pm 2,54$  дых/мин, наименьшая у 17—18-летних —  $20,64 \pm 3,94$  дых/мин.

Выполнение физической работы на высоте сравнительно с той же работой в обычных условиях вызывает повышение ЧД: у 9—10-летних на 0,39% ( $P > 0,05$ ), у 11—12-летних на 4,98% ( $P = 0,05$ ), у 13—14-летних на 8,99% ( $P = 0,05$ ), у 15—16-летних на 9,63% ( $P = 0,05$ ), у 17—18-летних до 15,21% ( $P < 0,05$ ).

Так же как и в отношении ЧСС влияние факторов высоты на ЧД значительно ослабляется при активном поведении испытуемых: у старших это выражено более четко, чем у младших. Данное положение можно использовать в практической деятельности для обоснования физической нагрузки как средства активной адаптации к экстремальной обстановке.

В онтогенезе организм неуклонно усиливает свои адаптационные возможности (А. А. Бирюкович, 1967), однако, учитывая, что большую часть жизни человек находится в привычной обстановке, его регуляторные механизмы наилучшим образом приспособлены к функционированию только в том диапазоне внешних воздействий, который составляет привычный жизненный фон. Экстремальные воздействия могут выводить организм из адекватных отношений между силой раздражителя и ответом на него, что приводит к появлению фазовых реакций. В первую очередь изменяют свое функциональное состояние нервные центры, имеющие более низкий порог возбуждения, следовательно, способные перейти в тормозное состояние при более слабых воздействиях.

Рассматривая влияние фактора высоты и ограниченной площади опоры на организм человека, мы сталкиваемся со значительными возрастными особенностями, обусловленными в первую очередь непрерывным и в то же время неравномерным развитием центральной нервной системы. Это сказывается на адаптационных свойствах организма, во многом определяемых степенью развития высших нервных функций. Ребенок в этом плане представляет собой субъект, для которого фактор высоты является индифферентным раздражителем, не способным вызвать сколько-нибудь значительных адаптационных реакций. Организм взрослого человека, напротив, воспринимает фактор высоты с учетом приобретенного опыта и возможных последствий, поэтому его реакция на экстремальный раздражитель выражена значительно сильнее.

## ВЫВОДЫ

1. Пребывание человека на высоте и на ограниченной площади опоры сопровождается значительным нервно-эмоциональным напряжением, изменением характера регуляции вегетативных и соматических функций. Реакцию человека на фактор высоты можно рассматривать как стресс, вызванный осознанием реальной опасности. Высота подъема над землей превращается в экстремальный раздражитель в результате оценки сложной внешней обстановки высшими отделами центральной нервной системы при участии аппарата эмоций.

2. Чем в большей степени подчинена физиологическая функция произвольным влияниям, тем значительнее меняется характер ее регуляции в экстремальных условиях. Небольшая высота вызывает умеренное нервно-эмоциональное возбуждение, что способствует повышению качества регулирования. Дальнейшее увеличение высоты вызывает появление в отдельных нервных центрах очагов повышенного возбуждения, что создает предпосылки для перехода их в тормозное состояние. При этом отмечается определенная фазность в адаптивных реакциях организма.

3. Характер изменения кинематических и динамических параметров движений у человека на высоте обусловлен возрастными и индивидуальными особенностями организма. Как правило, у подростков на высоте произвольная двигательная деятельность возрастает, а у взрослых, наоборот, уменьшается. У подростков координация нервных центров мышц-антагонистов становится подобной той, которая характерна для более ранних этапов онтогенеза: преобладает тонус мышц-сгибателей.

4. У взрослых на высоте и на ограниченной площади опоры одновременно с затруднением выполнения произвольных движений возрастает непроизвольная двигательная активность: увеличивается амплитуда и частота колебаний тела.

5. Считается, что у подростков к 15—16 годам развитие двигательного анализатора достигает уровня взрослого организма. Наши данные свидетельствуют о том, что такая закономерность характерна только для обычных условий. Чем в более сложных внешних условиях находится подросток, тем значительнее отличается регуляция его двигательной функции по сравнению со взрослым человеком.

6. Известно, что у детей и подростков по мере увеличения возраста отмечается постепенное снижение частоты сердечных сокращений и частоты дыхания в состоянии относительного покоя. Эта возрастная тенденция в экстремальных условиях меняется на противоположную: чем старше человек, тем большие сдвиги в деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем отмечаются на высоте. Такая закономерность проявляется как в состоянии покоя, так и при физической деятельности.

7. У человека на высоте изменяется характер регуляции физиологических функций. Так, если для детского организ-



ма в привычных условиях удовлетворение кислородного запроса происходит преимущественно за счет повышения частоты дыхания, а у подростков — путем увеличения его глубины, то в экстремальных условиях более взрослому человеку свойственно увеличение частоты дыхания с уменьшением его глубины. Наблюдается возвращение к способам регуляции дыхательной системы, свойственным более раннему возрасту. В одних случаях это сопровождается уменьшением вариативности регулируемого параметра, как имеет место в отношении сердечного ритма, в других случаях — его увеличением, что типично для дыхательной и двигательной функций.

8. Наиболее адекватным критерием для оценки профессиональной пригодности человека к работе на высоте являются особенности регуляции двигательной функции: способность сохранять на высоте и на ограниченной площади опоры устойчивую вертикальную позу, а также характер изменения кинематических и динамических параметров элементарных движений по сравнению с обычными условиями. Критерием может быть как относительное изменение отдельных показателей на высоте (величина произвольного темпа движений, точность воспроизведения заданного угла), так и конкретное значение той высоты, где наступают или прекращаются фазовые изменения в характере ответных реакций организма (например, по данным стабิโลграфии).

9. Воздействие фактора высоты на организм значительно ослабляется в случае активного поведения человека, заключающегося в подавлении пассивно-оборонительных реакций путем выполнения физической или иной другой работы, что можно рассматривать как один из эффективных способов адаптации человека к экстремальным условиям.

#### СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Портативный кинематометр для исследования движений человека. — Тез. докладов XXII областной научно-технической конференции, посвященной 50-летию Советской власти. Л., 1967 (в соавторстве).

2. Установка для хронометража трудовой и спортивной деятельности. — Материалы к научно-технической конференции «Электроника и спорт». Л., 1968.

3. Радиотелеметрическая установка для регистрации частоты сердечных сокращений. — Материалы к научно-технической конференции «Электроника и спорт». Л., 1968.

4. Исследование факторов, обуславливающих регуляцию скорости движения. — Материалы X Всесоюзной научной конференции по физио-

логии, морфологии, биомеханике и биохимии мышечной деятельности. Тбилиси, 1968 (в соавторстве).

5. Комплексная установка для проведения графического хронометража трудовой деятельности с синхронной регистрацией частоты сердечных сокращений. — В сб. «Методы физиологических исследований формирования двигательных навыков в процессе производственного обучения». М., «Высшая школа», 1969.

6. Методика изучения регуляции движений в специфических условиях труда монтажника строительных конструкций. — В сб. «Методы физиологических исследований формирования двигательных навыков в процессе производственного обучения». М., «Высшая школа», 1969 (в соавторстве).

7. Физиологический анализ регуляции кинематических параметров движений у монтажников строительных конструкций. — «Ученые записки», т. 1. Л., 1970. (ВНИИПрофтехобразования).

8. Миниатюрный радиопульсофон. — Материалы к Всероссийской научно-методической конференции «Приборы и методы в спортивной тренировке и эксперименте», Л., 1969.

9. Способ регистрации частоты сердечных сокращений и дыхания с применением поверхностных электродов. — Материалы к Всероссийской научно-методической конференции «Приборы и методы в спортивной тренировке и эксперименте», Л., 1969.

10. Малогабаритные многоканальные усилители биопотенциалов. — Материалы II Всесоюзной научно-методической конференции «Электронная техника в спорте», Киев, 1970.

11. Портативная радиотелеметрическая система. — Материалы симпозиума «Методы физиологического исследования трудовых процессов». Свердловск, 1969.

12. Одноканальная биотелеметрическая система с электронным RR-интервалографом. — Материалы II Всесоюзной научно-методической конференции «Электронная техника в спорте», Киев, 1970.

13. Устройство для хронометража трудовой и спортивной деятельности человека с полуавтоматической обработкой материалов. — Материалы II Всесоюзной научно-методической конференции «Электронная техника в спорте», Киев, 1970 (в соавторстве).

14. Возможности использования радиотелеметрии для оценки функционального состояния организма человека во время производственной и учебной деятельности. — В научно-методическом сборнике «Материалы физиологических исследований работоспособности учащихся профтехучилищ», 15. Л., 1970. (ВНИИПрофсехобразования).

15. Методика регистрации функций внешнего дыхания. — В научно-методическом сборнике «Материалы физиологических исследований работоспособности учащихся профтехучилищ», 15. Л., 1970. (ВНИИПрофтехобразования).

16. Значение физических упражнений для профессиональной подготовки учащихся. — В научно-методическом сборнике «Материалы физиологических исследований работоспособности учащихся профтехучилищ», 15. Л., 1970 (в соавторстве). (ВНИИПрофтехобразования).