

2  
326  
ТАРТУСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ПИНЧУК Анастасия Павловна

ТЕЛЕЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ  
СЕРДЦА НА МЫШЕЧНУЮ НАГРУЗКУ ДО "ОТКАЗА"

03.00.13 – физиология человека и  
животных

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

Тарту, 1980

Работа выполнена в электрофизиологической лаборатории  
Минского радиотехнического института.

Научный руководитель: кандидат медицинских наук,  
доцент ШЕСТАКОВА Т.Н.

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,  
профессор ВОЛКОВ В.М.  
кандидат медицинских наук,  
доцент ПЯРНАТ Я.П.

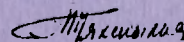
Ведущая организация: Ленинградский гос. институт физической  
культуры им. П.Ф. Лесгафта

Защита состоится "19" июня 1980 г. на заседа-  
нии специализированного совета К.069.02.07 Тартуского го-  
сударственного университета (202400, г.Тарту ул.Кликооли  
18).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиоте-  
ке Тартуского государственного университета.

Автореферат разослан "16" мая 1980 года,

Ученый секретарь специализирован-  
ного совета К.069.02.07, д.м.н., проф.

  
Тяхепыльд Л.Я.

8348

Актуальность. Исследование электрической активности сердца продолжает оставаться одной из главных и наиболее распространенных методов объективной оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Однако электрокардиографическое исследование в покое и в восстановительном периоде после нагрузок даёт только ориентировочное представление о функциональных сдвигах и биоэнергетических процессах в миокарде, которые имеют место при работе. В ряде случаев оно также недостаточно для раннего выявления предпатологических и патологических изменений в сердце. Поэтому ощущается острая необходимость исследования функции кровообращения непосредственно в процессе разнообразной мышечной работы и прежде всего у заведомо здоровых людей, с целью разработки достоверных критериев нормы и патологии в нагрузке. Проведение таких исследований обеспечивает биотелеметрия, однако в виду технической сложности проблема сбора кардиологической информации, особенно многоканальной, остаётся и по сей день актуальной. Не менее актуальной является также проблема совершенствования методов обработки физиологической информации с использованием количественного анализа. Этому кругу вопросов посвящено настоящее исследование.

Новизна. В настоящем исследовании впервые дано математическое описание общих закономерностей ответной реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку до "отказа". Для количественной оценки функционального резерва миокарда впервые предложен коэффициент соотношения площадей регулирования, изучена скорость распространения пульсовой волны непосредственно в процессе выполнения мышечной работы. По результатам этих исследований разработаны критерии физиологической (нормальной) и патологической (неадекватной) реакции сердца здорового человека

ка на физическую нагрузку до "отказа". Методика определения средних статистических характеристик частоты сердечных сокращений в подобных экспериментах предложена также впервые.

Практическая значимость. Полученные в диссертации данные могут быть использованы в диагностике функционального резерва сердечно-сосудистой системы здоровых людей, в том числе высококвалифицированных спортсменов.

Рекомендации. Результаты исследования внедрены в практику врачебного контроля за спортсменами сборных команд БССР.

Выносимые на защиту положения. Непрерывная регистрация электрокардиограммы в нагрузке позволила качественно и количественно анализировать функционирование сердечно-сосудистой системы в условиях переходных и нагрузочных режимов. Изменение сердечного ритма при выполнении нагрузки до "отказа" у здоровых людей подчиняется логарифмической зависимости и может быть описано соответствующей математической формулой.

Количественно закономерность реакции сердечного ритма на мышечную нагрузку до "отказа" может быть выражена числовыми значениями коэффициента  $-K-$  и соотношением площади устойчивого состояния сердечного ритма к площади фазы быстрого нарастания. Коэффициент  $-K-$  характеризует темп выхода сердечного ритма в нагрузку на рабочий уровень, а отношение площадей - функциональное состояние миокарда испытуемых.

О механизмах регуляции сердечно-сосудистой системы у людей разного возраста можно судить по вариационным пульсограммам, построенным по 100 и более сердечным циклам в нагрузке.

Структура диссертации.

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, 6 глав и выводов.

В последние годы всё чаще высказывается мнение, что при определении функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы наиболее разумно пользоваться субмаксимальными и максимальными физическими нагрузками. Однако общее число таких исследований невелико, а результаты их часто противоречивы, как по описанию критериев максимальной, так и по выбору информативности методов контроля за величиной гемодинамических сдвигов. Большие возможности в этом плане открывают телеметрические методы исследования, обеспечивающие передачу физиологических параметров на расстояние и проведение эксперимента в естественных условиях двигательной активности человека - на производстве, во время занятий спортом, в процессе выполнения бытовых физических нагрузок и т.д.

В настоящем исследовании была поставлена задача изучить методом непрерывной телеметрической регистрации электрокардиограммы и сфигмограммы лучевой артерии реакцию сердца здоровых людей на мышечную нагрузку до "отказа". Предполагалось, что решение этой задачи позволит установить общие закономерности приспособления сердца к условиям функционирования в повышенном режиме, разработать ЭКГ - критерии максимальной физической нагрузки и дать некоторые практические рекомендации по применению подобной нагрузки в целях функциональной диагностики.

#### МЕТОДИКА СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБСЛЕДОВАННЫХ ЛИЦ

Исследование выполнено в Минском радиотехническом институте в 1970-1979 г.г. За этот период обследовано 130 человек. Из них первая группа - 20 действующих мастеров спорта и перво-разрядников, 20 спортсменов III разряда, систематически занимающихся силовыми упражнениями, и 55 юншей, регулярно спортом не

занимающихся. Возраст обследованных этой группы 18-25 лет.

Вторую группу составили 20 мужчин в возрасте 45-69 лет и 15 человек (сотрудников института) в возрасте 30-35 лет. Все считали себя практически здоровыми людьми. Перед началом исследования с нагрузкой проводился тщательный медицинский осмотр по общепринятой методике клинического обследования. У всех испытуемых до выполнения мышечной нагрузки в состоянии покоя измерялось артериальное давление (АД) методом Короткова, снималась электрокардиограмма (ЭКГ) в двенадцати общепринятых отведениях. При расшифровке электрокардиограммы основное внимание уделялось положению интервала ST, характеру нарушения ритма и признакам гипертрофии и перегрузки желудочков сердца. К исследованию допускались только лица без существенных изменений со стороны электрокардиограммы, снятой в условиях покоя.

В качестве нагрузки была использована лестничная проба, представляющая собой обычную ходьбу по двухмаршевой лестнице в 60 ступенек, высотой 28 см каждая, до появления чувства усталости и отказа испытуемого в связи с этим продолжать работу. Чтобы обследование не тянулось "бесконечно долго", испытуемые ходили с отягощением, составляющим  $1/3$  собственного веса. Отягощение (малогабаритные 15 x 15 см свинцовые плитки весом по 5 кг. каждая) помещалось в школьный ранец, который испытуемые носили на плечах. Вес отягощения в каждом конкретном случае легко регулировался соответствующим количеством плиток.

Лестничная проба в качестве нагрузки была выбрана из следующих соображений. В первую очередь ходьба по лестнице представляет собой вид мышечной работы, одинаково привычный для всех испытуемых, выполняемой ежедневно всеми людьми, независимо от профессиональной деятельности и возраста. Во-вторых,

лестничная проба обеспечивает возможность получения почти непрерывно возрастающей нагрузки, что наиболее соответствовало задаче настоящего исследования. В-третьих, в этой пробе можно довольно точно подсчитать проделанную работу, зная количество подъёмов и пройденное при этом расстояние. Кроме того, лестничная проба не требует никакого дополнительного оборудования, может применяться в условиях поликлиники, лаборатории и т.д. Лестничная проба рекомендуется ВОЗ как наиболее подходящий двигательный тест при функциональном исследовании сердечно-сосудистой системы, по количеству недостатков и преимуществ стоящий в одном ряду с аппаратными нагрузками. Принцип же выполнения "до отказа" в достижении максимальной нагрузки применяется как при обследовании здоровых, так и больных людей (ВОЗ, 1970).

В зависимости от функционального состояния организма выбранная нагрузка по объёму была для каждого испытуемого разной. Для одних она составила 15 подъёмов по лестнице в 60 ступенек, для других 20 и т.д. Соответственно работа при этом была выполнена каждым обследуемым разная. Мастера спорта выполнили в среднем 27265 кгм, спортсмены третьего разряда - 26050 кгм, юноши регулярно спортом не занимающиеся и пожилые люди - 14892 и 11795 кгм. Признаками максимальной нагрузки были не только отказ испытуемого продолжать работу из-за чрезмерной усталости, но и появление болевых ощущений в области сердца, печени и др., резко выраженные внешние признаки утомления, цианоз, одышка, появление экстрасистолической аритмии и ЭКГ-изменений, свидетельствующих о чрезмерном напряжении сердца (снижение интервала ST по ишемическому типу подряд в нескольких комплексах).

В процессе выполнения пробы и 3-ех минут восстановления, с помощью отечественного телеэлектрокардиографа (ТЭК-1) и собственной телеметрической установки, смоделированной на базе промышленного двухканального усилителя (ЭДА-57), непрерывно графически регистрировалась радиоэлектрокардиограмма (РЭКГ) в двух биполярных грудных отведениях и сфигмограмма лучевой артерии.

Расшифровка РЭКГ проводилась по общепринятой методике клинической электрокардиографии с учетом предложенных Л.И.Фогельсоном и сотр. (1968) критериев трех типов реакции на физическую нагрузку. Частота сердечных сокращений подсчитывалась по интервалам R-R РЭКГ каждые 5 секунд в течение всей пробы и 3-ех минут восстановления.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛЕСТНИЧНОЙ НАГРУЗКИ ДО "ОТКАЗА"

Изменения частоты сердечных сокращений при выполнении лестничной нагрузки до "отказа" проанализирована у 40 человек, представителей всех групп испытуемых: мастеров спорта, спортсменов III разряда, юношей, регулярно спортом не занимающихся и у мужчин в возрасте 45-69 лет. В динамике ч.с.с. выделено три фазы: фаза быстрого нарастания, фаза медленного нарастания и фаза устойчивого состояния частоты ритма (рис.1).

Фаза быстрого нарастания наблюдалась в первые 1-2 минуты мышечной работы, когда частота сердечных сокращений быстро, почти скачкообразно повышалась до 150-160 ударов в минуту. Затем скорость ч.с.с. снижалась и по достижении уровня, близкого к максимальному, прирост составлял 5-7 ударов в минуту. Дальше по мере роста нагрузки прирост ч.с.с. становился еще



меньше и наконец наступала ригидность ч.с.с., наблюдавшаяся до конца выполнения пробы.

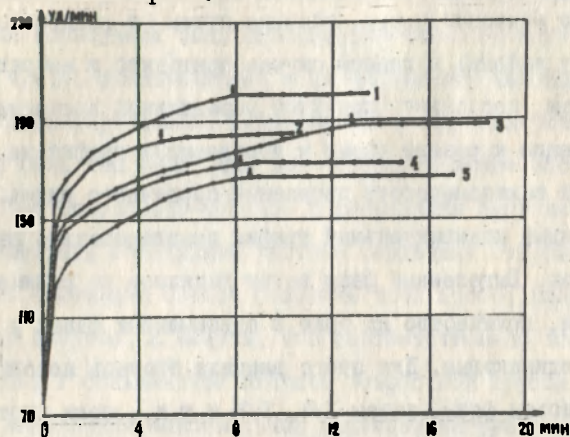


Рис. I. Динамика частоты сердечных сокращений при выполнении лестничной нагрузки до "отказа" у мастеров спорта (индивидуальные графики). Стрелкой обозначено время появления устойчивого состояния ч.с.с.

Фаза устойчивого состояния частоты ритма отсутствовала у большинства пожилых людей. Она наблюдалась только у более молодых представителей этой группы и была выражена незначительно, сохраняясь в течение 1-2 минут. Указанные фазы не совпадали по времени появления и продолжительности у одной и той же группы. Как видно из графиков рис. I, у одного испытуемого на 5 минуте работы продолжалась фаза медленного прироста (график I), а у второго уже наступала фаза устойчивого состояния (график 2).

Частота сердечных сокращений в соответствующих фазах также была разной. У одних фаза устойчивого состояния наступала при частоте 176 ударов в минуту, а у других только при 180-200 ударах. В среднем частота сердечных сокращений в фазе устойчивого состояния оказалась у юношей, регулярно спортом не занимающихся, 187 ударов в минуту; у мастеров спорта - 176; у

пожилых людей - 140 ударов в минуту.

Определение средних значений проводилось по фазам, т.к. усреднение значений ч.с.с. обычным путем (в каждую последующую минуту работы) в данном случае приводило к неправильным результатам, поскольку при этом усреднялись значения ч.с.с., принадлежащие к разным фазам и усредненный график не отражал выявленной закономерности изменений сердечного ритма. В связи с этим каждый индивидуальный график предварительно разделялся на фазы. Выделенные фазы затем делились на равные интервалы времени, количество их было в одноименных фазах у разных испытуемых одинаковым. Для этого вначале бралась половина продолжительности фазы, затем  $1/4$ ,  $3/4$  и т.д., пока плотность точек не достигала количества, достаточного для характеристики процесса. Полученные таким методом статистические графики имеют вид аналогичный каждому индивидуальному графику, охватывая все фазы процесса. Каждая фаза статистического графика характеризует среднюю ее длительность для каждой отдельной группы испытуемых, среднюю величину ч.с.с. и среднюю скорость нарастания ч.с.с. Индивидуальные колебания относительно средней оказались наибольшими у пожилых людей  $\sigma = 19,5$  и в группе мастеров спорта  $\sigma = 12,6$ . У юной регулярно спортом не занимающейся,  $\sigma = 5,6$  и самое маленькое среднеквадратическое отклонение у спортсменов III разряда. Судя по среднеквадратическому отклонению, наиболее однородными оказались две последние группы испытуемых. Группа пожилых людей была несколько разновозрастной (45-69 лет), а в группе спортсменов - мастеров были люди разных видов спорта, что по-видимому, и обусловило сравнительно большие колебания относительно среднего. Однако ни у одного испытуемого они не превышали  $3\sigma$ .

Качественная характеристика показала, что динамика частоты сердечных сокращений при максимальной мышечной нагрузке у всех групп испытуемых была однонаправленной. По мере роста нагрузки ч.с.с. увеличивалась и по достижении максимального уровня стабилизировалась. Продолжительность фазы устойчивого состояния была тем выше, чем выше функциональное состояние организма. Так спортсмены-мастера и разрядники выполняли работу при максимальной стабильной частоте сердечных сокращений 8-9 минут, что составило больше половины всей пробы; юноши, не занимающиеся спортом, 2 минуты, что соответствовало только 1/4 части пробы. У большинства старшей возрастной группы ч.с.с. в процессе выполнения максимальной мышечной нагрузки не достигала устойчивого состояния. Соответственно объем работы, выполненный в пробе был разным.

Разный функциональный уровень сердечно-сосудистой системы этих групп испытуемых нашел свое выражение и в пульсовых характеристиках работы (средней и средней максимальной ч.с.с. в пробе, пульсовой стоимости работы), представленных в таблице.

Как следует из таблицы, пульсовая стоимость работы (ПСР) при одинаковом объеме выше у юношей, регулярно спортом не занимающихся, и значительно ниже у мастеров спорта, что при сравнительно низкой средней ч.с.с. в пробе у последних свидетельствует об экономизации функций. Низкая средняя и максимальная ч.с.с. в пробе и значительно меньшая ПСР по сравнению с испытуемыми молодого возраста у пожилых людей, свидетельствует о снижении с возрастом диапазона компенсаторно-приспособительных реакций (В.В.Фролькис, 1968; В.С.Нестеров, 1969; Е.А. Пирогова, 1969).

Таблица I  
Ппульсовая характеристика работы, выполненной разными испытуемыми

Группы обследованных	Средняя продолжительность пробы	Объем выполненной работы	Средняя ч.с.с. в пробе	Средняя максим. ч.с.с. в пробе	Пульсовая стоимость работы (ПСР)
1. Мастера спорта	16 мин	27265 кгм	162	184	2450
2. Спортсмены III разряда	14 мин. 50 сек.	26050	167	189	2541
3. Юноши спортом не занимающиеся	8 мин. 30 сек.	14892	177	190	1521
4. Пожилые люди	8 мин.	11795	126	146	980

Непрерывная регистрация РЭКГ дала возможность провести математическую обработку ч.с.с. и дать количественную оценку выявленной закономерности динамики этого показателя при выполнении нагрузки до "отказа". Для вывода формулы математической зависимости использовался метод графического решения функции ч.с.с. в системе координат с билогарифмической шкалой отсчета. Все точки экспериментальных кривых ч.с.с. в системе координат с таким масштабом аппроксимируются прямой линией, угол наклона которой прямо пропорционален темпу прироста ч.с.с. (рис. 2).

Из уравнения прямой линии в этой системе координат выведена формула функциональной зависимости изменения ч.с.с. в пробе. Она относится к типу логарифмических и имеет следующий вид:

$$y = A \cdot t^k, \text{ где}$$

$y$  - ч.с.с. в каждый момент времени;  $t$  - время от начала пробы в секундах;  $K$  - постоянный коэффициент изучаемой функции, пропорциональный углу наклона аппроксимирующей экспериментальную кривую прямой.

$A$  - постоянное число, равное ч.с.с. при  $t = 0$ .

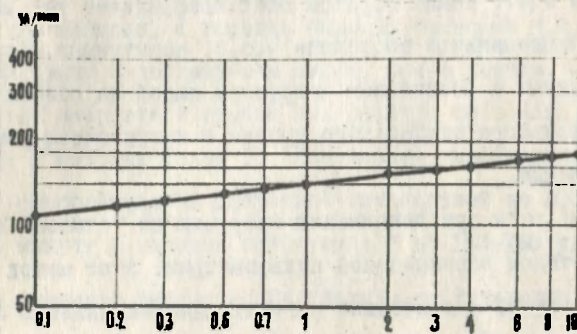


Рис. 2. Средние значения ч.с.с. в пробе у мастеров спорта, представленные в системе координат с билогарифмическим масштабом.

Значения  $K$  (углы наклонов) определены для экспериментальных кривых всех групп испытуемых. Наибольшими они оказались у юношей, регулярно спортом не занимающихся -  $10^\circ$  и наименьшими, как и следовало ожидать, у испытуемых старшей возрастной группы -  $6^\circ$ .

Для количественного выражения такого показателя функционального состояния организма, как продолжительность фазы устойчивого состояния, в настоящем исследовании предложен коэффициент отношения площадей фазы устойчивого состояния к фазам прироста ч.с.с. Площадь, соответствующая тому или иному участку экспериментальной кривой определялась методом математического интегрирования из уравнения функции ( $y = A \cdot t^K$ ).

$$S = A \int_{t_1}^{t_2} \frac{t^{K+1}}{K+1} dt - A(t_2 - t_1) = \left( A \frac{t_2^{K+1}}{K+1} - A \frac{t_1^{K+1}}{K+1} \right) - A(t_2 - t_1) \quad \text{II}$$

Для вычисления нужной площади достаточно в эту формулу подставить соответствующие значения времени. Коэффициент от - ношения указанных площадей у мастеров спорта - 1,4, у спорт - сменов III разряда - 1,23, у юношей, регулярно спортом не зани - мающихся и у испытуемых старшей возрастной группы соответст - венно 0,61 и 0,47. Таким образом этот коэффициент тем выше, чем выше функциональное состояние ч.с.с. испытуемых. Сердце неадаптированных к физическим нагрузкам людей не обеспечива - ет продолжительного стабильного уровня в нагрузочном режиме функционирования.

Сердечный ритм при выполнении нагрузки до "отказа" обрабо - тан также методом вариационной пульсометрии. Этот метод дает возможность судить о состоянии регуляторных механизмов приспособления аппарата кровообращения к внешним возмущениям (Р.М. Баевский, 1971). У молодых испытуемых пульсограммы преимуще - ственно одновершинные, сдвинутые влево, в диапазон высоких ча - стот, "симпатикотонические", у пожилых - многовершинные, растя - нутые, сдвинутые вправо, в диапазон низких частот "ваготони - ческие" (рис. 3).

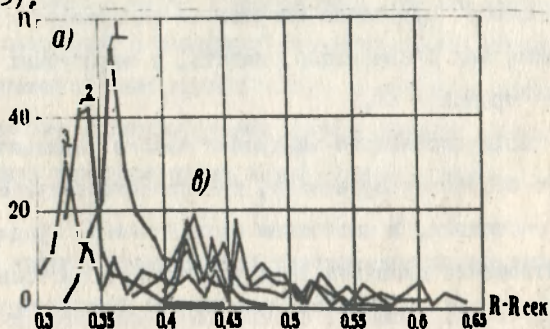


Рис.3. Вариационные пульсограммы ч.с.с. при выполнении максимальной лестничной нагрузки до "отказа" у молодых (а) и у пожилых (в) испытуемых. 1а - пульсограмма юноши спортом не занимающегося; 2а - масте - ра спорта, 3а - спортсмена III разряда.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛЕСТНИЧНОЙ НАГРУЗКИ ДО "ОТКАЗА"

Сердечный ритм у всех 130 испытуемых был синусовым. В начале работы у большинства имела место синусовая аритмия, которая на высоте нагрузки исчезала и появлялась вновь в восстановительном периоде, с гораздо большей разницей ч.с.с. в каждом предыдущем и последующем цикле, чем в начале. У испытуемых старшей возрастной группы эта разница составила 5-7 ударов в минуту, у молодых более 10. Выполнение максимальной мышечной нагрузки сопровождалось синусовой тахикардией до 200 и более ударов в минуту у молодых испытуемых и до 150-160 уд/мин у испытуемых старшего возраста. Результаты исследования показали, что при таком максимальном учащении сердечного ритма сохраняется четкое соответствие между возбуждением сердца и его сократительной деятельностью. На периферической артерии при ч.с.с. 200 уд/мин каждому сердечному возбуждению (комплексу QRS ЭКГ) соответствует отчетливая пульсовая волна (рис. 4).

Это значит, что после каждого возбуждения следует его сокращение, доталкивающее кровь до периферии. В свою очередь это указывает на гемодинамическую эффективность высоких ритмов сердца. Последняя состоит в обеспечении увеличения резко возрастающего при мышечной работе минутного объема кровообращения. Так у спортсменов минутный объем достигал 21,5 л/мин, у юношей не занимающихся спортом 22 и у пожилых людей 18 л/мин. Высокие ритмы свойственны только функционально полноценному сердцу. У 19 спортсменов в процессе выполнения нагрузки до "отказа" наблюдалась экстрасистолия. Зарегистрированы самые разные по топическому происхождению экстрасистолы (предсердные, желудочковые), по времени возникновения относительно на-

чае и конца диастолы (ранние и поздние). Какого-нибудь преобладания одного вида экстрасистол над другим у одной и той же группы испытуемых не выявлено.

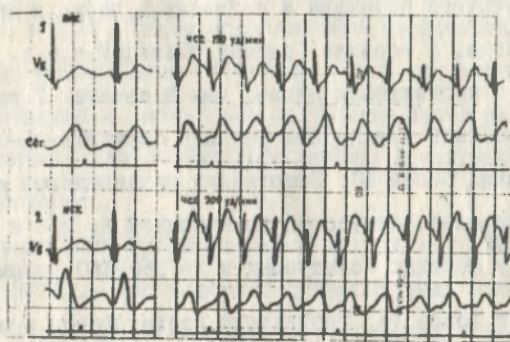


Рис.4. Синхронная регистрация РЭКГ в отведении  $V_1$  и РСФГ лучевой артерии у мужчины 34 лет, регулярно спортом не занимающегося (1) и у мастера спорта 22 лет (2). Частота сердечных сокращений 190-200 ударов в минуту - каждому сердечному сокращению соответствует пульсовая волна. Лентопротяжка 50 мм/сек.

Анализ всех случаев нарушения ритма, в сопоставлении с другими изменениями ЭКГ и клиническими данными функционального состояния организма испытуемых, показал, что одиночные экстрасистолы независимо от их топического происхождения при мышечной работе у молодых здоровых людей не являются серьезным нарушением сердечной деятельности. Появление групповых и поли-топных экстрасистол в процессе мышечной работы, а также учащение в восстановительном периоде одиночных экстрасистол, расценивалось в данном исследовании как патологическая, неадекватная реакция на нагрузку. Особенно неблагоприятно появление ранних групповых экстрасистол. Синхронной регистрацией РЭКГ и РСФГ лучевой артерии установлено, что ранние экстрасисто-



лические сокращения независимо от их топического происхождения гемодинамически неэффективны. При таких сокращениях пульсовая волна на лучевой артерии или отсутствует совсем, или выражена незначительно (рис. 5).

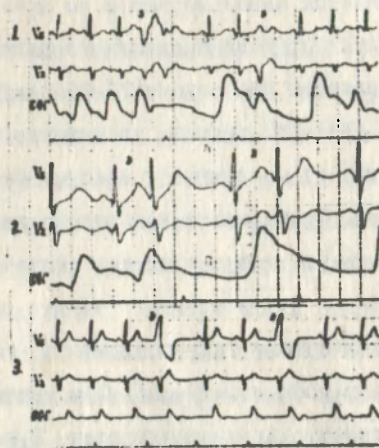


Рис. 5. Синхронная регистрация ЭЭКГ в отведениях ДV<sub>2</sub> и ДV<sub>5</sub> и РСФГ лучевой артерии у юноши, спортом не занимающегося (1,2) и у юноши - спортсмена (3). Пульсовая волна на периферической артерии отсутствует при ранних экстрасистолах (1,2) и отчетливо выражена при поздних, возникающих в самом конце диастолы (3).

Поэтому ранние экстрасистолы, будучи прогностически менее благоприятными, рассматривались в данном исследовании как признак патологической реакции сердца на нагрузку, как показатель необходимости прекратить мышечную работу. Экстрасистолам, возникающим в более позднем периоде диастолы, во всех зарегистрированных нами случаях на лучевой артерии соответствовала отчетливая пульсовая волна (рис. 5,3).

При оценке ответной реакции сердца на нагрузку тщательно изучалась динамика важнейшего функционально-диагностического

критерия - интервала ST электрокардиограммы. У всех без исключения испытуемых в нагрузке интервал ST смещался ниже изолинии по типу соединения или ишемического типу. Исследования показали, что смещение ST по типу соединения у здоровых людей при мышечной работе является закономерным и не должно рассматриваться как фактор, лимитирующий продолжение нагрузки. Смещение такого типа появляется уже спустя 20-25 секунд после начала работы, при ч.с.с. 100-120 уд/мин, увеличивается по мере роста ее и к концу достигает максимума, у молодых испытуемых - 5-7мм, у пожилых - 3-5мм. Практически выполнение всей пробы, длящейся 15-20 и более минут, происходит при сниженном ST по типу соединения.

Снижение ST по ишемическому типу появлялось, как правило, к концу нагрузки, но не у всех испытуемых. С момента появления ишемических ST количество их увеличивалось. В начале это были единичные, редкие, затем более частые и подряд в нескольких комплексах ишемические ST Рис. 6.

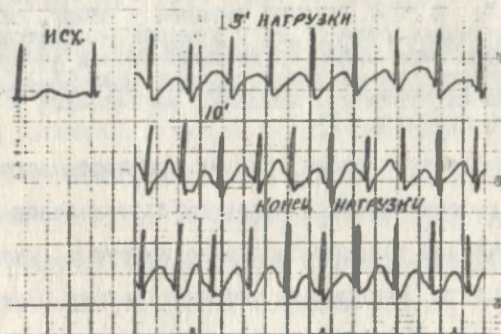


Рис.6. РЭКГ здорового юноши Н., 19 лет. Отведение ДV<sub>5</sub>. Динамика снижения сегмента ST по мере роста нагрузки. В конце работы ч.с.с. 180 уд/мин. Лентопротяжка 50мм/сек.

8348

Степень снижения ST по ишемическому типу была самой раз-  
ной, от 3 до 5 мм. Появление ишемического смещения на фоне  
омещения ST по типу соединения, свидетельствовало о более  
глубоких функциональных изменениях, происходящих в мышце серд-  
ца.

Существенные изменения при мышечной работе протерпевал ин-  
тервал TP. При высокой синусовой тахикардии определить интер-  
вал TP практически не удается. Трактовка электрокардиограмм  
без изоэлектрического TP затруднена, т.к. относящийся к диа-  
столе интервал TP исчезает, а представить сердечный цикл, со-  
стоящий только из систол не логично. Тем более, что, как по-  
казали исследования, большую часть нагрузки испытуемые выпол-  
няют на высоких ритмах, т.е. при ЭКГ со слиянием зубцов T и P.  
Трактовка таких электрокардиограмм наиболее целесообразна о  
позиций теории о трехчленности сердечного цикла (Н.И.Аринчин,  
1967).

Изменения электрокардиограммы свидетельствовали об острой  
компенсаторной гиперфункции миокарда, развивающейся в процес-  
се приспособления сердечно-сосудистой системы к выполнению на-  
грузки максимального характера. У одних испытуемых гиперфунк-  
ция сопровождалась физиологическими изменениями, у других -  
признаками коронарной недостаточности. О коронарной недоста-  
точности свидетельствовали изменения сегмента ST, а также со-  
четающиеся с этими изменениями признаки нарушения возбудимо-  
сти и проводимости. По степени выраженности изменений зубцов  
и интервалов ЭКГ и сочетанию их у каждого испытуемого предо-  
ставлялось возможным выделить два типа реакции на физическую  
нагрузку: физиологическую и патологическую. Патологическая  
реакция расценивалась как проявление острого перенапряжения

БИБЛИОТЕКА  
Института кардиологии  
им. Н.И.Аринчина

сердца при несоответствии тяжести физической нагрузки функциональным возможностям миокарда испытуемых.

#### ИССЛЕДОВАНИЯ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ И АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Расчет СРПВ наиболее достоверного метода оценки функционального состояния сосудов, показал, что при мышечной работе жесткость артериальных сосудов повышается, что выражается в увеличении скорости распространения пульсовой волны. При этом, при одинаковой частоте сердечных сокращений СРПВ выше у пожилых людей. Так у юношей 18-22 лет СРПВ при ч.с.с. 130 уд/мин колебалась в пределах 3,5-6м/сек, у пожилых 5-9м/сек. К сожалению, сравнить полученные данные с литературными не представилось возможным, так как в большинстве из немногих исследований, посвященных изучению изменений этого показателя непосредственно в процессе выполнения мышечной работы отмечается только факт увеличения или уменьшения его без приведений цифровых значений.

Реакция артериального давления, измеряемого методом Короткова на определенной ч.с.с. в процессе выполнения мышечной нагрузки до "отказа", тотчас по ее прекращении и в восстановительном периоде, выражалась в параллельном увеличении с ростом нагрузки как минимального, так и максимального давления. Максимальное АД в нагрузке достигало 200 мм рт.ст., минимальное 110-120 мм рт.ст. К концу нагрузки минимальное АД снижалось и в восстановлении у большинства испытуемых молодого возраста прослушивался "бесконечный тон".

Функциональная оценка этого явления противоречива. Данные нашего исследования дают основание считать "бесконечный тон" закономерной реакцией на нагрузку. Как правило, он определял-

ся у людей, выполнивших большой объем работы, независимо от состояния адаптации их к физическим нагрузкам.

#### ВЫВОДЫ

1. При обследовании здоровых людей в качестве максимальной мышечной нагрузки может быть использована ходьба с отягощением, составляющим  $1/3$  веса испытуемого, по обычной двухмаршевой лестнице до появления чувства усталости и отказа обследуемого в связи с этим продолжать работу. В процессе выполнения нагрузки легко может быть осуществлена непрерывная многоканальная телеметрическая регистрация электрокардиограммы и сфигмограммы лучевой артерии. Непрерывность регистрации электрокардиограммы в нагрузке позволит качественно и количественно анализировать функционирование сердечно-сосудистой системы в условиях переходных и нагрузочного режимов.

2. Изменение сердечного ритма при выполнении мышечной нагрузки до "отказа" у здоровых людей подчиняется логарифмической зависимости и может быть описано соответствующей математической формулой. Указанная зависимость подтверждена спрямлением экспериментальных кривых в системе координат с билогарифмической шкалой отсчета.

3. Количественная характеристика реакции сердечного ритма на мышечную нагрузку до "отказа" может быть выражена числовым значением коэффициента - К- и соотношением площади устойчивого состояния сердечного ритма к площади фазы быстрого нарастания. Коэффициент -К- характеризует темп выхода сердечного ритма в нагрузку на рабочий уровень, а отношение площадей - функциональное состояние миокарда испытуемых. Чем выше коэффициент соотношения площадей, тем выше функциональное состояние.

4. Вариационные пульсограммы в нагрузке у молодых здоровых

людей преимущественно одновершинные, сдвинуты влево, в диапазон высоких частот. У людей старшего возраста гистограммы сердечного ритма многовершинные, растянутые, сдвинуты вправо, в диапазон низких частот.

5. Выполнение мышечной нагрузки до "отказа" сопровождается синусовой тахикардией с частотой сердечных сокращений у молодых здоровых людей до 200 и более ударов в минуту и до 150-160 - у пожилых. Синхронная телеметрическая регистрация электрокардиограммы <sup>и сфг</sup> лучевой артерии позволила установить гемодинамическую эффективность высоких ритмов сердца: каждому возбуждению сердца /зубцу R ЭКГ/ соответствовало его сокращение, что находило отражение в появлении волны периферического пульса. Высокие ритмы свойственны функционально полноценному сердцу.

6. Синхронной телеметрической регистрацией электрокардиограммы и сфигмограммы лучевой артерии установлена гемодинамическая неэффективность экстрасистол, возникающих в самом начале диастолы. Появление их в нагрузке должно рассматриваться как неблагоприятный показатель, требующий прекращения исследования с физической нагрузкой. Так же следует расценивать появление в нагрузке групповых и политопных экстрасистол.

7. В процессе выполнения максимальной нагрузки, могут появляться ЭКГ-признаки, свидетельствующие о появлении коронарной недостаточности. По степени выраженности этих признаков представилась возможность выделить два типа реакции: физиологический и патологический. Последний следует рассматривать как признак несоответствия объема нагрузки функциональным возможностям организма.

8. Патологический тип реакции в большинстве своем имел место у юншей регулярно спортом не занимающихся и у испытуе-

ных старшей возрастной группы. Признаком патологической реакции следует считать резко выраженную синусовую аритмию, появление множественных экстрасистол, депрессию сегмента S-T по ишемическому типу подряд в нескольких комплексах.

9. Синхронная телеметрическая регистрация электрокардиограммы и сфигмограммы лучевой артерии выявила, что с ростом частоты сердечных сокращений увеличивается скорость распространения пульсовой волны. При этом прирост СРМВ относительно исходной при одной и той же частоте ритма у пожилых людей значительно больше, чем у молодых. Количественное измерение этого показателя непосредственно в нагрузке дает возможность судить о степени выраженности возрастных изменений артериального русла.

10. Выполнение максимальной мышечной нагрузки сопровождается повышением систолического артериального давления до 180-200 мм рт.ст. и снижением диастолического. В момент прекращения нагрузки у большинства испытуемых юношеского возраста, выполнивших большой объем работы прослушивался бесконечный тон. Сопоставление реакции АД с другими показателями функционального состояния с.с.с. испытуемых, дает основание считать феномен бесконечного тона нормальной физиологической реакцией. Как правило, он встречался у юношей высокой спортивной квалификации.

#### МАТЕРИАЛЫ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Медико-биологический контроль за студентами МРТИ в процессе занятий по физвоспитанию. Тезисы докладов к республиканской научно-методической конференции по совершенствованию системы физического воспитания студенческой молодежи. Гомель, 1971, с.159-161 в соавторстве.

2. Характеристика телеэлектрокардиографических сдвигов у здоровых юношей при выполнении околопредельных нагрузок. Рес-

публиканская научно-методическая конференция по совершенствованию системы физического воспитания студенческой молодежи. Гомель, 1971, с.140-142 в соавторстве.

3. Телеэлектрокардиографическая характеристика больших и предельных мышечных нагрузок. Здоровоохранение Белоруссии, 1971, 6, с.83-84.

4. Об адаптации сердечно-сосудистой системы к предельной мышечной нагрузке у лиц разного возраста. Республиканская научная конференция по проблеме "Тренированность и сердечно-сосудистая система", посвященная 50-летию образования СССР (тез. докл.), Минск, 1972, с.150-151.

5. О врачебном контроле в процессе физического воспитания студентов Минского радиотехнического института. Совещание по проблемам физического воспитания и спорта в высших учебных заведениях. Тезисы докладов, Тарту, 1972, с.109-112 в соавторстве.

6. О возможности использования двухканального автокомпенсатора для синхронной регистрации двух отведений ЭКГ и сфигмограммы лучевой артерии в условиях больших мышечных нагрузок. Республиканская научная конференция по проблеме "Тренированность и сердечно-сосудистая система, Минск, 1972, с.162-163 в соавторстве.

7. Использование комплекса аппаратуры в физиологических исследованиях. Автоматизация медико-биологических исследований в области диагностики, прогнозирования и биоуправления. (Материалы научно-методической конференции) Минск, 1972, с.98

8. О предельных напряжениях в тренировке начинающих штангистов. Тезисы IУ научно-методической конференции по вопросам спортивной тренировки. Таллин, 1972, с.139-140 в соавторстве.



9. О сердечном ритме при выполнении околопредельной мышечной работы. Здравоохранение Белоруссии, 1974, 4, с. 89-90.

10. Изменение телеэлектрокардиограммы у спортсменов при максимальной мышечной нагрузке. Труды всемирного научного конгресса "Спорт в современном обществе". М., 1974, с. 137.

11. Количественный анализ сердечного ритма и его значение. Материалы республиканской научно-методической конференции "Проблемы физического воспитания студентов вузов БССР", Брест, 1975, с. 92 в соавторстве.

12. Количественная оценка динамики сердечного ритма при выполнении максимальной мышечной нагрузки. В сб. Вопросы теории и практики физической культуры и спорта, 1976, с. 105-107, в соавт.

13. Электрокардиографические критерии предельности тренировочной нагрузки. Материалы V научно-методической конференции республик Прибалтики и Белоруссии по проблемам спортивной тренировки. Минск, 1976, с. 14-15, в соавторстве.

14. Анализ измерения сердечного ритма и функционального состояния миокарда при выполнении физических нагрузок. Кардиология, 1977, 7, с. 61-65, в соавторстве.

15. Нарушение сердечного ритма у спортсменов и его влияние на физическую работоспособность. Материалы V научно-методической конференции республик Прибалтики и Белоруссии по проблемам спортивной тренировки. Минск, 1976, с. 230-231 в соавторстве.

16. О методике определения статистических характеристик частоты сердечных сокращений в функциональном исследовании с индивидуальной вариацией продолжительности пробы. Материалы республиканской научно-практической конференции. Гродно, 1979, с. 79.