

На правах рукописи

А. П. БЕРСЕНЕВА.

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ  
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТОЛЫ СЕРДЦА  
У ЧЕЛОВЕКА  
В ПРОЦЕССЕ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
(по данным динамической радиоэлектрокардиографии)  
(03102 — физиология человека и животных)

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

Свердловск  
1971 г.

На правах рукописи

А. П. БЕРСЕНЕВА.

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ  
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТОЛЫ СЕРДЦА  
У ЧЕЛОВЕКА  
В ПРОЦЕССЕ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
(по данным динамической радиоэлектрокардиографии)  
(03102 — физиология человека и животных)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук  
Диссертация написана на русском языке.

Свердловск  
1971 г.

Работа выполнена в Свердловском научно-исследовательском институте гигиены труда и профессиональных заболеваний (директор — профессор **Б. Т. Величковский** и в Свердловском городском врачебно-физкультурном диспансере (главный врач — доцент **М. Б. Казаков**).

**Научные руководители:**

Доктор медицинских наук, профессор **В. В. Розенблат**.  
Кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник **А. М. Клейнер**.

Кандидат медицинских наук, доцент **М. Б. Казаков**.

**Официальные оппоненты:**

Доктор медицинских наук **Р. М. Баевский**.  
Кандидат медицинских наук, доцент **В. Я. Изаков**.

Отзыв дан Государственным центральным ордена Ленина институтом физической культуры (Москва).

Автореферат разослан « 23 » 2 197 г.

Защита диссертации состоится « 23 » 2 71

на заседании медико-биологического Ученого Совета Свердловского Государственного медицинского института (ул. Репина, 3).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института (ул. Ермакова, 17).

**Ученый секретарь Совета**

В клинической электрокардиографии широко используется оценка длительности электрической систолы сердца как важного показателя, отражающего функциональное состояние миокарда. Применяются нормативы абсолютной длительности электрической систолы при различных ритмах сердечной деятельности, разработанные Базеттом (Bazett, 1920), а также основанный на этих нормативах показатель относительной длительности электрической систолы — «систолический показатель» Фогельсона и Черногорова (1928). Нормативы эти вполне оправдали себя в многолетней практике, но предназначены для условий покоя и используются при величинах сердечного ритма, не превышающих 120 уд/мин.

Создание новой методики — динамической радиоэлектрокардиографии — позволяет изучать сдвиги биоэлектрической активности сердца непосредственно в процессе выполнения различных нагрузок в естественных условиях трудовой и спортивной деятельности. Мышечная работа протекает при более высоком уровне сердечного ритма, чем те величины, для которых создавались нормы Базетта и выводилась его формула. Кроме того, сама активная деятельность, связанная с существенным изменением состояния нейрогуморальных регуляторных систем, может оказать определенное влияние на функции миокарда. Поэтому необходимо специальное изучение нормальных величин систолического показателя при учащении сердечного ритма в условиях мышечной деятельности.

Разработка соответствующих нормативов может иметь важное значение как для физиологии мышечной работы и научной организации труда, в частности, при наблюдениях за уровнем работоспособности и развитием утомления, так и для клиники, получающей возможность оценивать приспособляемость больного сердца к различным уровням функционального напряжения.

Целью настоящего исследования является получение материалов к физиологической характеристике продолжительности электрической систолы сердца у взрослых людей при деятельном состоянии организма. Ставятся задачи: 1) установить соотношение между длительностью электрической систолы во II стандартном и в биполярных грудных отведениях типа  $V_1$  и  $V_5$ , используемых Свердловской биотелеметрической группой при радиоэлектрокардиографии в разных исходных положениях и фазах дыхания и получить на этом основании отправные данные для подхода к разработке нормативов электрической систолы применительно к правым и левым отделам сердца; 2) изучить у мужчин и женщин 18—45 лет нормальные величины систолического показателя (СП) для деятельного состояния организма при частоте сердечного ритма от 100 до 200 уд/мин.; 3) сопоставить сдвиги электрической систолы для аналогичных уровней сердечного ритма: а) при разных условиях работы (велoэргометр и естественная мышечная деятельность), б) при различном функциональном состоянии организма в процессе работы (вработывание, период оптимальной работоспособности, развитие утомления) и периода рeституции; 4) исследовать особенности электрической систолы у спортсменов различных специализаций и разной степени спортивной квалификации; 5) изучить особенности изменения СП при комплексной нагрузке — тяжелом физическом труде в условиях нагревающего микроклимата; 6) проследить за изменениями продолжительности электрической систолы при высоких ритмах сердца по данным сравнения фактических величин QT с рассчитанными по формулам различных авторов; 7) разработать таблицы должных величин систолического показателя для высоких ритмов сердца в процессе мышечной деятельности и в ближнем восстановительном периоде.

## I.

### **Длительность электрической систолы и ее функционально-диагностическое значение (Обзор литературы).**

Изучение отношений между величиной интервала QT и длительностью сердечного цикла первоначально было вызвано необходимостью клинического истолкования

эмбрикардиального ритма, то есть ритма с резко укороченной паузой. У взрослых такой ритм считается плохим прогностическим признаком. (Сигал, 1935, Сигал Эдельман, 1944). Исследователи стремились выявить взаимоотношения электрических и механических процессов сердечной деятельности. Высказывались мнения о том, что отрезок QT отражает не систолический, а систоло-диастолический интервал (Жирмунская, 1939). Но большинство авторов придерживалось традиционного представления, считая интервал QT электрической систолой желудочков (Фогельсон Черногоров, 1928; Гофман Зеленин, 1912; Bazett, 1920; Fridericia, 1920; Зайцева, 1964; Карпман, 1965; Виру, 1967 и др.). Общая клинко-физиологическая оценка электрической систолы характеризуется изучением различных механизмов, влияющих на изменения длительности электрической систолы; к ним относятся, прежде всего, изменения ритма сердечных сокращений — величины, зависящей от пола, возраста и других факторов. Существуют мнения о том, что интервал QT находится в прямой зависимости от уровня сердечного ритма (Hegglin, Holzmann, 1939; Ashman, 1939; Gross, 1953; Письменный, Соболева, 1957; Карпман, 1963; Brambilla, Margaria, 1965 и др.). Однако и это положение отрицается отдельными исследователями, которые считают, что частота сердечных сокращений не существенно влияет на изменения длительности интервала QT (Пшеничный, 1964).

В литературе вопрос о влиянии пола на длительность систолы не разрешен и подлежит дальнейшему уточнению. С возрастом, по мнению большинства авторов, электрическая систола, удлиняется (Kirchoff, Del-Campo, 1964; Бирюкович, Король, 1965; Michell, 1957; Watanabe, Miyakoda, et, all, 1961).

При мышечной деятельности сердце находится под влиянием положительных ино и хронотропных воздействий, изменяющих электрическую активность миокарда (Bazett, 1920; Фогельсон, Черногоров, 1927; Жирмунская, 1939; Сливак Качоровская, 1939; Sakakibara, 1962; Копылов, Киселева, Удельнов, 1966; Slapak, 1956; Карпман Белина, 1967; и др.). Это влияние подчеркивает возможность использования величины электрической систолы и систолического показателя (то есть относительной длительности интервала QT в сердечном цикле по Фо-

гельсону Черногорову), для оценки функционального состояния сердца и его регуляторных аппаратов.

Электролиты и фармакологические агенты оказывают воздействие на длительность QT. Так, избыток Са в плазме приводит к укорочению, недостаток — к удлинению систолы) Günter, Jacob, 1962; Lutembacher, 1962; Surawicz, Lepeskin, 1963; Lee et al, 1961; Surawicz, 1967). Однако по электрокардиограмме суждение о нарушении состава метаболитов в крови не представляется правильным (Krosch et al, 1964; Tartara et al, 1965 и др.).

На длительность электрической систолы оказывают влияние и температурные воздействия (Willard et al, 1959; 1960; Valoga et al, 1963; Вайнер, Потапова, Панкратова, 1966 и др.).

Недостаточность кислорода в условиях разреженной атмосферы сказывается на удлинении интервала QT (Лауэр, Кочановская, 1965; Мишин, 1960; Макарец, 1967 и др.).

Четкое удлинение электрической систолы отмечается и при истощении организма, вызванном длительным голоданием (Фюгельсон, Шевлягина, 1928; Simonson et al, 1948).

В высказываниях по поводу влияния тренированности на изменения длительности электрической систолы нет единства. Это связано, по-видимому, с тем, что авторы исследовали неоднородные контингенты спортсменов. Кроме того, применяемые формулы, выведенные для оценки должной длительности электрической систолы у лиц, не занимающихся спортом, не могут быть использованы для расчета длительности электрической систолы у спортсменов (Летунов, 1950; 1957; Бутченко, 1957; 1968).

Многочисленные клинические исследования, говорящие об удлинении QT, оказались спорными в отношении клинического значения этой величины. Тем не менее, большинство авторов придает этому признаку неоспоримое функционально-диагностическое значение.

Изменения длительности интервала QT во время нагрузки еще полностью не изучены, однако существуют указания о том, что во время вработывания укорочение интервала QT значительно отстает от изменения сердечного ритма. Большие физические нагрузки вызывают сокращение как электрической систолы, так и диастолы,

после чего, по мнению авторов определение длительности QT невозможно из-за слияния зубца Т с последующим зубцом Р (Розенблат, 1961; Виру, 1963; Воробьев, 1968).

В реституции одни исследователи указывают на укорочение интервала QT после нагрузки, другие — на его удлинение. Нет единых суждений об изменении электрической систолы при нагрузках в зависимости от степени тренированности (Раскин, Фарфель, 1947, Васильева, Грачева и др., 1961; Летунов, 1949; Морозов, 1968; Смирнов, Зайцева, 1964; и др.).

## II.

### Характеристика обследованного контингента и методика исследования

При решении вопроса о возможности применения нормативов, выведенных для II стандартного отведения, к оценке данных, полученных в биополярных грудных отведениях, были изучены 313 электрокардиограмм (ЭКГ), снятых в разных отведениях при разных положениях тела и разных фазах дыхания у 363 человек.

С целью углубленного изучения физиологической характеристики продолжительности электрической систолы сердца при деятельном состоянии организма проведено 396 радиоэлектрокардиографических наблюдений над различными контингентами лиц. (Р+К)

Всего исследовано 15 контингентов, которые могут быть объединены в 5 основных групп:

I — мужчины 25 — 45 лет, занятые физическим трудом в условиях нагревающего микроклимата — рабочие листопрокатного и сталеплавильного цехов металлургического завода — 57 человек;

II — женщины 35 — 45 лет, представители различных видов труда, занимающиеся в «группе здоровья» — 28 человек;

III — мужчины 18 — 35 лет — спортсмены высокой квалификации (хоккеисты, тяжелоатлеты, легкоатлеты, лыжники) — 96 человек;

IV — мужчины 18 — 25 лет — спортсмены невысокой квалификации (легкоатлеты, лыжники) с хорошей общефизической подготовкой — 18 человек;

V — женщины — спортсменки II — III разрядов (бас-

кетболисты, легкоатлеты) с хорошей общефизической подготовкой — 37 человек.

Радиоэлектрокардиографические наблюдения проводились с помощью двухканальной системы, созданной Свердловской биотелеметрической группой. Ведущий разработчик аппаратуры — Р. В. Унжин. При исследованиях применялись жидкостные электроды — присоски, (Розенблат, Воробьев, 1961); использовались вдвухполюсные грудные отведения ДГ<sub>1</sub> и ДГ<sub>5</sub> (при размещении условно «индифферентного» электрода на уровне 2-го ребра по правой среднеключичной линии, «дифферентных» — в точках У<sub>1</sub> и У<sub>5</sub>, соответственно).

В связи с особенностями использованного электроVELOЭРГОметра, мощность выполняемой нагрузки характеризовалась объемом работы, выполняемой при данной нагрузке за 15 мин. Для спортсменов и молодых рабочих эти величины составляли 60 Вт, то есть средняя мощность равнялась 240 Вт при финишном ускорении она повышалась до 280 — 300 Вт и более.

Исследования в естественных условиях проводились на тренировках у спортсменов, занятиях «группы здоровья», на рабочих местах сталеваров, подручных, заставщиков, вальцовщиков, нагревальщиков Верх-Исетского металлургического завода.

Метеорологические условия на рабочих местах характеризовались интенсивной тепловой радиацией от раскаленного и расплавленного металла, в среднем до 6000 — 9000 кал м<sup>2</sup>/час, оказывающих неблагоприятные воздействия в течение 30% рабочего времени, в сочетании с высокой температурой окружающего воздуха.

При обработке полученных данных мы столкнулись с трудностью определения изоэлектрической линии и окончания волны Т при частом ритме сердца, превышающем 150 уд/мин.

На основании накопленного нами обширного материала (более 600 РЭКГ при многочасовых записях, а также при исследовании ранних спорадических экстрасистол при редком синусном ритме и атриовентрикулярной блокады при частых ритмах сердца), мы считаем более правильным, для точного определения фактической электрической систолы при высоких ритмах, находить окончание волны Т следующим способом (разработано совместно с А. Т. Воробьевым): на РЭКГ при околопредельных и пре-

дельных ритмах, обычно, хорошо видно начало нисходящей части волны Т, которая, однако, прерывается в результате слияния ее с волной Р. Для определения окончания волны Т, мы продолжаем нисходящее колено волны под тем же углом наклона до пересечения с изолинией. За изолинию принимаем линию, проходящую между двумя точками соседних комплексов QRS на уровне начала зубцов Q — (R). На пересечении этих двух прямых находим предполагаемую точку окончания Т.

Обработка и анализ обширного материала (около 20 тысяч записей РЭКГ, в основном двухканальных длительностью не менее 5 циклов каждая) проведены в вычислительном центре Свердловского педагогического института на ЭВМ «Урал-1» по специально разработанным программам.

### III.

#### Продолжительность электрической систолы в стандартных и грудных отведениях в покое.

Для решения вопроса о выборе отведений, применительно к радиотелеметрическим наблюдениям, нами были проведены специальные исследования электрокардиограмм у лиц без отклонений со стороны сердечно-сосудистой системы, а также у людей с заболеваниями, могущими вызвать преобладание биоэлектрической активности преимущественно правых (силикоз, ~~ак~~ туберкулез) и левых (гипертоническая болезнь) отделов сердца.

Далее мы попытались выявить влияние изменений положения тела на длительность электрической систолы в различных отведениях электрокардиограммы у здоровых лиц. Были сравнены СП в трех стандартных (I, II, III) и трех двухполюсных грудных отведениях Неба (Nehb) и трех ~~двухполюсных грудных отведениях Неба~~ (Nehb, 1938), с СП в отведениях типа ДГ<sub>1</sub> и ДГ<sub>5</sub>, избранных нами для целей настоящего исследования, а также СП в отведениях У<sub>1</sub> и У<sub>5</sub> с величинами СП в отведениях ДГ<sub>1</sub> и ДГ<sub>5</sub>. Исследования проводились в положении лежа, стоя и стоя с наклоном туловища вперед под углом 90°.

Затем с целью изучения влияния дыхательных движений, мы провели исследования электрической систолы у здоровых мужчин — спортсменов перед выполнением дозированной нагрузки на электровелоэргометре в

двухполюсных грудных отведениях типа ДГ<sub>1</sub> и ДГ<sub>5</sub>. Радиэлектрокардиограмма регистрировалась при спокойном дыхании и при задержке дыхания на высоте вдоха и выдоха.

Установлено, что существенных различий СП здоровых людей и лиц с заболеваниями, вызывающими преобладание преимущественно правых или левых отделов сердца, без выраженной на электрокардиограмме гипертрофии этих отделов и с сохранением функциональных возможностей сердечной мышцы, не имеется. Величины СП в отведении У<sub>5</sub> больше, чем в У<sub>1</sub>, в среднем на 1,5—3% (аналогичное соотношение между отведениями ДГ<sub>5</sub> и ДГ<sub>1</sub>), Показатели II стандартного отведения занимают промежуточное положение.

Выявленная тенденция количественно весьма невелика, поэтому трактовка, принятая для II стандартного отведения, может быть использована при анализе СП прекардиальных отведений.

Существенных изменений величин СП при перемене положения тела в исследованных отведениях выявить не удалось. Отмечаемые сдвиги не обладают четкой закономерностью: в стандартных отведениях данные чуть выше при положении лежа, в грудных отведениях (по Вильсону и по Небу) — при положении стоя и стоя в наклон. Существенно, что величина СП в двухполюсных грудных отведениях ДГ<sub>1</sub> и ДГ<sub>5</sub> при активной позе (стоя вертикально, стоя в наклон и сидя в наклон), практически совпадает с СП в отведениях У<sub>1</sub> и У<sub>5</sub> при положении лежа. Различия составляют, в среднем, менее 1%.

Таким образом, использование указанных отведений позволяет сохранить преемственность в оценках СП между данными, принятыми в условиях клинического исследования, и данными в естественных условиях трудовой и спортивной деятельности.

Средние различия в отведениях ДГ<sub>1</sub> и ДГ<sub>5</sub> при сравнениях фаз задержки дыхания на выдохе составляли 2,4%. При инспираторном апноэ СП больше, чем при экспираторном. Данные при спокойном дыхании занимают промежуточное положение, причем, они ближе к показателям в фазе вдоха. В целом на величину СП, как и на другие показатели ЭКГ в отведениях системы ДГ, респираторные влияния сказываются меньше, чем в других отведениях. Поскольку даже при глубоком вдохе и выдохе раз-

ница СП составляет лишь около 2%, влиянием данного фактора при наблюдениях в условиях физических нагрузок можно пренебречь и специально не фиксировать фаз дыхания, в которых осуществлялась та или другая запись радиоэлектрокардиограммы.

#### IV.

### **Общая характеристика изменений радиоэлектрокардиограммы под влиянием дозированных и естественных физических нагрузок.**

Основным предметом нашего исследования являлось изучение продолжительности электрической систолы сердца и ее изменений под влиянием различных физических нагрузок. Однако, в электрокардиографии суждение об одном показателе, без учета особенностей других параметров, не представляется оправданным. Мы, в связи с этим, провели краткий анализ полученных радиоэлектрокардиограмм.

В результате установлено, что частота сердечного ритма перед выполнением нагрузки была существенно выше, чем у тех же лиц, в условиях покоя (лежа). В среднем, у всех групп исследованных наблюдалось увеличение ритма сокращений сердца до 100 уд/мин. Это учащение объясняется так называемыми «предстартовыми» сдвигами.

На электровелоэргометре в период вработывания, длительность которого мы, в среднем, приняли за 3 мин. работы (в связи с тем, что за этот период наблюдалось установление постоянного рабочего уровня частоты сердечного ритма), у мужчин ритм учащался от 97 до 204, у женщин от 117 до 200 уд/мин, в разных группах исследованных лиц.

В момент заключительного ускорения, к концу 16-й минуты работы, у молодых спортсменов частота сердечного ритма неустойчива. Степень утомления существенно отражается на изменении частоты сердцебиений.

В период ближнего восстановления, к концу 3-й минуты, частота сердечного ритма уменьшалась примерно на 40% от максимальных ее значений. К концу 20-й минуты полного восстановления ритма ни в одной группе исследованных не отмечалось.

В естественных условиях мышечной деятельности частота сердечного ритма составляла 98 — 193 уд/мин. —

несколько ниже, чем при дозированной нагрузке. Сравнения различий средних величин частоты пульса сразу после выполнения отдельных нагрузок, а также в период отдыха, позволили выявить увеличение частоты сердцебиений в периоды отдыха, к концу рабочей смены. В результате выяснилось, что снижение частоты пульса в период реституции зависит от величины и длительности выполняемой работы.

Изменения других временных параметров РЭКГ выражались в относительном (по сравнению с сердечным ритмом) удлинении предсердно-желудочковой и внутрижелудочковой проводимости.

Из амплитудных показателей мы рассматривали отношения зубцов R/P, R/T, R/S. Интересно отметить, что в 15% случаев при исследовании рабочих металлургического завода на производстве наблюдалось увеличение амплитуды положительных зубцов, что может расцениваться как тенденция к повышению электрической активности миокарда.

Несмотря на то, что мы исследовали людей без существенных изменений со стороны сердца, у ряда лиц на радиоэлектрокардиограммах отмечались выраженные сдвиги преходящего характера, которые предположительно расценивались как проявления начальной патологии (перемежающаяся блокада правой ножки пучка Гиса, чрезмерное увеличение или, наоборот, уплощение зубца T вплоть до негативации).

Полученные нами обширные РЭКГ материалы дают представление об изменении длительности электрической систолы у разных контингентов лиц в процессе выполнения значительных мышечных усилий.

В результате сопоставления величин интервала QT в отведениях типа ДГ<sub>1</sub> и ДГ<sub>5</sub> при активном состоянии организма не выявлено заметных различий. Если в состоянии покоя отмечается тенденция к несколько меньшим величинам QT в правом отведении, то при учащении сердечного ритма в естественных условиях мышечной деятельности эти различия сглаживаются. В связи со сказанным, при дальнейшем анализе материала возможно было ограничиться показателями лишь отведения ДГ<sub>5</sub>, тем более, что подсчет СП в отведении ДГ<sub>1</sub> методически более труден, в связи с особенностями конфигурации зубца T в данном отведении. Однако, мы сочли необходимым ис-

пользовать данные обоих отведений для увеличения количества информации, хотя должные величины СП (см. ниже) выводились нами по данным отведения ДГ<sub>5</sub>, близким к показателям II стандартного отведения.

В соответствии с литературными источниками, длительность QT в наших исследованиях уменьшалась с увеличением частоты сердечного ритма. Однако, у женщин относительное укорочение электрической систолы выражено в меньшей степени, чем у мужчин.

Далее, проведен математический анализ полученного материала. Данные фактических значений электрической систолы сравнивались с результатами расчетов по формулам различных авторов (Bazett, 1920; Fridericia, 1920; Карпмана — Белиной, 1967 и Виру, 1967).

Критериями при оценке формул служили величины среднего квадратического отклонения и абсолютного отклонения опытных данных от теоретических.

В целях элиминации систематических отклонений эмпирических данных от теоретических (могуших быть связанными с особенностью нашей методики нахождения истинной длительности QT) мы произвели корректировку формул. Для этого вводили в каждую из них в качестве дополнительного линейного члена среднее значение абсолютного отклонения QT, рассчитанного по каждой из формул.

Корректированная формула Фридера при низких ритмах дает более низкие величины СП по сравнению с фактическими данными; при ритмах 150 — 180 уд/мин. — совпадающие, а при ритмах свыше 180 уд/мин. — более высокие величины. Иными словами, постулируемая формулой Фридерича зависимость интервала QT от кубического корня из RR, обуславливает более медленное укорочение QT с укорочением ритма, чем это имеет место в действительности. По-видимому, степень зависимости ближе к той, какую дает формула Базетта, с ее квадратным корнем из продолжительности RR.

Значения электрической систолы, рассчитанные по нашей методике всегда оказывались несколько больше, чем по формуле Карпмана — Белиной ( $\sigma$  — 0,0095), и в той же мере меньше, чем по формуле Фридерича ( $\sigma$  — 0,0093). QT, рассчитанные по всем остальным формулам получались меньше, чем фактические данные.

Убедившись, что наилучшие из формул в принципе достаточно хорошо отражают опытные данные, при их корректировке, позволяющей элиминировать систематическую погрешность в связи с особенностями конкретного материала, мы не считали нужным поспешить и без того обширный арсенал имеющихся формул. Базируясь на полученном весьма значительном статистическом материале, мы сочли более целесообразным разработать таблицы должных величин, используя данные длительности электрической систолы при каждом конкретном уровне частоты сердечного ритма.

## V.

### **Нормальные величины и физиологические колебания продолжительности электрической систолы при различных уровнях сердечного ритма в процессе мышечной деятельности**

Для правильной оценки взаимосвязи электрической систолы с величиной сердечного ритма при различных функциональных состояниях организма мы воспользовались их процентным отношением  $\frac{QT}{RR} \cdot 100\%$  — значением фактического систолического показателя СП (по Фогельсону и Черногорову).

За основу принимались средние величины СП в каждой из избранных групп интервалов RR (группа охватывала значения RR при ритмах от 60 до 120 уд/мин. через 0,05 сек, а начиная со 120 уд/мин. — через 0,02 сек., так как при высоких уровнях сердечного ритма изменения RR на 0,1 сек., влечет за собой изменения сердечного ритма на 3—6 уд/мин.).

При рассмотрении различий СП по полу у лиц 18—45 лет можно констатировать, в соответствии с литературными данными, касающимися, в основном, состояния покоя, что и при нагрузке у женщин величины СП несколько выше, чем у мужчин. Эти превышения, в среднем, невелики, составляют в различных случаях 0,5—4%. Они менее выражены у молодых спортсменов 18—25 лет и более заметны у лиц 35—45 лет. С возрастом, в указанном диапазоне у мужчин величины СП несколько уменьшаются, у женщин не обнаруживается таких сдвигов. Однако, по нашим данным строго судить о динамике СП с возрастом у женщин затруднительно, так как

она прослеживалась не у одинаковых по функциональному состоянию лиц (младшая группа была представлена спортсменками, старшая — лицами разных профессий без специальной физической подготовленности).

Влияние спортивной специализации на длительность электрической систолы в процессе мышечной деятельности изучалось нами у высококвалифицированных хоккеистов, лыжников, тяжелоатлетов 18 — 25 лет. Стремясь устранить возможные влияния специфики упражнений, используемых на тренировочных занятиях в различных видах спорта, мы провели сравнения значимости различий СП при выполнении дозированной однотипной нагрузки на электровелоэргометре. Выяснилось, что различия между представителями разных спортивных специальностей невелики и не носят закономерного характера.

Определение влияния приспособляемости к спортивным нагрузкам на изменения длительности электрической систолы проводилось нами при исследовании легкоатлетов, баскетболистов разного пола в возрасте 18 — 25 лет. Сопоставлялись данные спортсменов высокой квалификации (мастеров спорта, перворазрядников) и спортсменов II — III разрядов при выполнении как дозированной нагрузки, так и в процессе естественной спортивной деятельности. Значения СП у спортсменов высокой квалификации несколько превышают величины СП у спортсменов, имеющих более низкий спортивный разряд. Различия, в среднем, невелики (0,18 — 3,5%), но в большинстве случаев статистически значимы.

Стремясь проверить не оказал ли влияние на удлинение QT фактор более интенсивной нагрузки, мы провели дополнительную серию наблюдений над пятью велосипедистами высокой квалификации. Были исследованы две ступени нагрузки на электровелоэргометре (1-я — 55 — 60 втч; 2-я — 65 — 75 втч), в основном периоде работы. В случае более интенсивной нагрузки при одних и тех же значениях RR действительно отмечалось некоторое увеличение СП.

По-видимому, на длительность СП у спортсменов влияют два противоположно направленных фактора: с одной стороны, при более благоприятном функциональном состоянии миокарда, типичном для тренированных спортсменов, следует ожидать укорочения СП, с другой — наличие известной степени гипертрофии приводит

к удлинению СП. К некоторому удлинению СП приводит также и более высокая интенсивность нагрузки. Влияние этого фактора оказывается, видимо, для спортсменов высокой квалификации весьма существенным. Гипотезически могут быть указаны и другие моменты, объясняющие выявленные различия.

Большинство наблюдений проведено при выполнении одними и теми же лицами двух видов нагрузки: естественной (тренировка, занятия «группы здоровья», производственная деятельность) и дозированной (работа на электровелозергометре). Величины СП при одинаковых значениях сердечного ритма во время естественной деятельности несколько превышают уровень СП при выполнении дозированной нагрузки. Превышения эти количественно невелики (1—2%) и не всегда закономерны. Поэтому при составлении таблиц должных величин нет необходимости строить их дифференцированно для того и другого видов нагрузки.

Для выявления воздействия фактора физической нагрузки в благоприятных и неблагоприятных микроклиматических условиях мы сравнили СП рабочих металлургического завода, постоянно подвергающихся таким влияниям в условиях производства, с СП тех же лиц на велозергометре. Далее — величины СП молодых рабочих в процессе труда на производстве сравнили со значениями СП у тяжелоатлетов такого же возраста на тренировке. Суммарная величина нагрузки (в тоннах) за одно тренировочное занятие примерно соответствовала таковой у рабочих за смену. Наконец, значения СП рабочих старшего возраста сравнивались с величинами СП в контрольной группе людей того же возраста — бывших рабочих, не подвергавшихся ранее воздействию нагревающего микроклимата.

Как у молодых лиц, так и у людей среднего возраста обнаруживалась тенденция к меньшим величинам СП, в случае если физическая нагрузка сочеталась с воздействием нагревающего микроклимата. Возможно, что функциональное состояние миокарда не является идентичным при тахикардии, обусловленной различными факторами. При определенном уровне сердечного ритма тахикардия в случае сочетания влияний нагрузки и нагревающего микроклимата отличается от случаев, где тот же уровень сердечного ритма связан только с бо-

лее интенсивными мышечными нагрузками, то есть, определяется, в основном только моторно-висцеральными влияниями.

Одной из задач нашего исследования было определение длительности QT на различных этапах деятельного состояния организма. Во всех исследованных группах как при дозированной нагрузке, так и при естественных видах деятельности, величины СП в периоде вработывания оказались большими, чем в основном периоде работы и в заключительном ускорении (периоде утомления). Различия величин СП на разных этапах нагрузки и при сопоставлении двух видов нагрузок составляют от 0,5 до 1,5%, достигая в отдельных случаях 2,7%.

При естественной и лабораторной нагрузках у всех лиц величины СП в ближайшем восстановлении меньше, чем на различных этапах работы. Величины СП в ближайшем восстановительном периоде при одинаковом уровне RR у всех исследованных больше, чем при дальнем восстановлении (в среднем от 1,5 до 2,6%), а величины дальнего восстановительного периода всегда больше при сравнении их с исходными данными до работы (на 1,3%). Количественно эти различия невелики и поэтому имеют, в основном, теоретическое значение. Однако, принципиально они заслуживают серьезного внимания, ибо с достоверностью выясняется, что даже с учетом различий в ритме сердечной деятельности, относительная длительность электрической систолы при активном состоянии организма закономерно больше, чем в покое. Установить такую закономерность оказалось возможным благодаря использованному приему парных сопоставлений последовательных этапов работы, между которыми всегда имеется хотя бы небольшое число совпадающих уровней сердечного ритма.

Понятно, что непосредственное сопоставление исходных данных покоя с данными рабочего состояния полностью исключается из-за отсутствия совпадающих ритмов.

На основании анализа большого количества радиоэлектрокардиограмм составлены таблицы примерных должных величин для определения СП при высоких ритмах сердца от 100 до 200 уд/мин.: а) в основном периоде работы при естественной нагрузке; б) в ближайшем восстановительном периоде после дозированной нагрузки. Эти

периоды избраны в связи с тем, что данные функциональные состояния имеют большое практическое значение, кроме того, мы располагали здесь наибольшим количеством материала в широком диапазоне частот сердечного ритма.

Считая, что во всех интервалах ритмов распределение случайных величин СП близко к нормальному, доверительный интервал мы взяли в пределах  $\pm 2$  сигмы. С учетом удвоенной величины сигм к пределам нормы можно отнести данные, отклоняющиеся от должных не более чем на  $\pm 5\%$ . Это совпадает с пределами нормы, принятыми на практике для данных покоя.

Точность при исчислении СП зависит от точности определения интервала QT на электрокардиограмме. В наших исследованиях погрешность в среднем не превышала 0,01 сек. Установлена эта погрешность в специальном исследовании. В 300 циклах разной длительности (по 100 циклов с интервалами RR 0,60; 0,40; 0,30 сек.) проводилось повторное определение QT через 7—10 дней. Различия при повторных подсчетах колебались от 0, до 0,03 сек. В итоге установлено, что погрешность при исчислении индивидуальных данных СП, в зависимости от ритма сердца не хуже 1—2%. Эта методическая погрешность входит, разумеется, в общую дисперсию получаемых данных, однако, она все же меньше, чем пределы колебаний, относимые к диапазону нормальных величин и, поэтому не исключает правильности индивидуальных оценок по соответствующим должным величинам.

В целях практического удобства пользования таблицами должных величин они, несмотря на небольшую величину количественных различий между группами, даются дифференцированно для пяти контингентов, по которым получено наибольшее число данных: мужчин 35—45 лет, рабочих горячих цехов (ввиду наличия у этой группы некоторых гемодинамических отклонений должные величины приложимы лишь к лицам аналогичных профессий и не могут с уверенностью использоваться как возрастные нормативы); женщин 35—45 лет; спортсменов высокой квалификации—мужчин 18—35 лет; спортсменов невысокой квалификации—мужчин 18—25 лет, женщин 18—25 лет.

Составлены 2 таблицы, содержащие примерные должные величины СП в указанном диапазоне сердечных рит-

мов (табл. 1, 2). Вначале по вспомогательной таблице определяется величина СП в % по абсолютным данным длительности интервала QT РЭКГ при ритмах сердца от 100 до 200 уд/мин., затем эти величины сравниваются с должными значениями СП. по табл. 1 при исследованиях во время работы или по табл. 2 в период реституции для каждого из 5 перечисленных выше контингентов.

Следует специально подчеркнуть, что будучи весьма обширным с точки зрения повторности данных при разных условиях и разных ритмах сердца у одних и тех же лиц, наш материал включает обследование сравнительно небольших контингентов, поэтому приводимые должные величины следует рассматривать именно как примерные и подлежащие дальнейшему уточнению.

Разработанные примерные должные величины подготовлены к изданию в виде информационного письма.



Таблица 1

Примерные должные величины систолического показателя  
(СП в %) у лиц трудоспособного возраста в процессе  
мышечной работы.

RR	Ry	Мужчины— рабочие горячих цехов, 35—45 лет	Женщины разных видов тру- да, 35—45 лет	С п о р т с м е н ы		
				невысокой квали- фикации		высокой квалиф.
				мужчины 18—25 лет	женщины 18—25 лет	мужчины 18—35 лет
0,60	100	54	57	56	56	58
0,59	102	54	57	56	56	58
0,58	103	55	58	57	57	59
0,57	105	55	58	57	57	59
0,56	107	56	59	58	58	60
0,55	109	56	59	58	59	60
0,54	111	57	60	59	59	61
0,53	113	58	61	60	60	62
0,52	115	58	61	60	61	62
0,51	117	59	62	61	61	63
0,50	120	59	62	61	62	63
0,49	122	60	63	62	63	64
0,48	125	61	64	63	63	65
0,47	127	61	64	63	64	65
0,46	130	62	65	64	65	66
0,45	133	62	65	64	65	66
0,44	136	63	66	65	66	67
0,43	139	64	67	66	67	68
0,42	143	64	67	66	67	68
0,41	146	65	68	67	68	69
0,40	150	66	69	68	69	69
0,39	154	66	69	68	69	70
0,38	158	67	70	69	70	70
0,37	162	68	71	70	71	71
0,36	167	68	71	70	71	71
0,35	171	69	72	71	72	72
0,34	176	70	73	72	73	72
0,33	182	71	74	72	73	73
0,32	187	71	74	73	74	73
0,31	193	72	75	74	75	73
0,30	200	73	76	74	75	73

Таблица 2

Примерные должные величины систолического показателя  
(СП в %) у лиц трудоспособного возраста в ближнем  
восстановительном периоде (первые три минуты)  
после мышечной работы.

RR	Ry	Мужчины— рабочие горячих цехов, 35—45 лет	Женщины разных видов тру- да, 35—45 лет	С п о р т с м е н ы		
				невысокой квали- фикации		высокой квалиф.
				мужчины 18—25 лет	женщины 18—25 лет	мужчины 18—35 лет
0,60	100	52	55	54	54	56
0,59	102	52	55	54	54	56
0,58	103	53	56	55	55	57
0,57	105	53	56	55	55	57
0,56	107	54	57	56	56	58
0,55	109	54	57	56	57	58
0,54	111	55	58	57	57	59
0,53	113	56	59	58	58	60
0,52	115	56	59	58	59	60
0,51	117	57	60	59	59	61
0,50	120	57	60	59	60	61
0,49	122	58	61	60	61	62
0,48	125	59	62	61	61	63
0,47	127	59	62	61	62	63
0,46	130	60	63	62	63	64
0,45	133	60	63	62	63	64
0,44	136	61	64	63	64	65
0,43	139	62	65	64	65	66
0,42	143	62	65	64	65	65
0,41	146	63	66	65	66	67
0,40	150	64	67	66	67	68
0,39	154	64	67	66	67	68
0,38	158	65	68	67	68	69
0,37	162	66	69	68	69	69
0,36	167	66	69	68	69	70
0,35	171	67	70	69	70	71
0,34	176	68	71	70	71	71
0,33	182	69	72	70	71	72
0,32	187	69	72	71	72	72
0,31	193	70	73	72	73	72
0,30	200	71	74	72	73	72

## ВЫВОДЫ

1. Относительная продолжительность электрической систолы — систолический показатель по Фогельсону — Черногорову (СП) — в покое во II стандартном отведении, по данным исследования 290 человек занимает промежуточное положение между значениями в отведениях  $У_1$  и  $У_5$  (будучи несколько больше, чем в  $У_1$  на 1,3% и несколько меньше, чем в  $У_5$  на 1,0%). Ввиду незначительности различий, можно считать, что продолжительность электрической систолы в сопоставляемых отведениях практически одинакова и закономерности, установленные для II стандартного отведения могут, в принципе, использоваться при анализе данных прекардиальных отведений.

2. При исследовании СП в процессе активной деятельности испытуемого, целесообразно применение двухполюсных грудных отведений ДГ<sub>1</sub> и ДГ<sub>5</sub> (с размещением условно «индифферентного» электрода на уровне 2-го ребра по правой среднеключичной линии, «дифферентных» — в точках  $У_1$  и  $У_5$  соответственно). Указанные отведения, по материалам исследования 60 лиц, характеризуются: а) преемственностью данных в активном положении (стоя вертикально, стоя в наклон и сидя в наклоне) с данными отведений  $У_1$  и  $У_5$  в положении лежа, б) более значительным, чем в других отведениях (стандартных, однополюсных по Вильсону и двухполюсных по Небу) постоянством данных в динамических условиях отсутствием существенных сдвигов под влиянием изменений позы и в связи с фазами дыхания.

3. Определение СП при высоких уровнях, сердечного ритма 150 уд/мин. и выше осложняется трудностью нахождения конца волны Тиз-за наложения на ее нисходящую часть волны Р следующего сердечного цикла. Можно считать оправданным применение разработанного нами совместно с А. Т. Воробьевым, нового способа находж-

дения интервала QT. По этому способу нисходящее колено волны T следует продолжить под тем же углом наклона до пересечения с изолинией, за которую принимается линия, построенная путем соединения точек начала (QR) в соответствующих последовательных комплексах QRS на уровне начала зубцов Q(R).

4. По данным двухканальной радиоэлекрокардиографии (РЭКГ) у 260 человек 18 — 45 лет в процессе дозированной нагрузки на велоэргометре и естественной мышечной деятельности на производстве и в спорте (всего 389 наблюдений, включивших свыше 20 тысяч записей), величины СП в отведениях ДГ<sub>1</sub> и ДГ<sub>5</sub> сближаются; отмечавшиеся в покое небольшие различия (меньшие величины СП в отведении ДГ<sub>1</sub>) сглаживаются. В связи с этим при определении СП можно ограничиться данными отведения ДГ<sub>5</sub>, тем более, что в отведении ДГ<sub>1</sub> оценка интервала QT методически более трудна (из-за особенностей конфигурации волны T в этом отведении).

Вместе с тем, обширный объем клинико-физиологической информации при двухканальной РЭКГ значительно возрастает. В ряде случаев на РЭКГ здоровых лиц при нагрузках отмечаются выраженные сдвиги преходящего характера не наблюдаемые в покое, (переменяющаяся блокада правой ножки пучка Гиса, значительное изменение амплитуды волны T, вплоть до негативации). Изменения эти подчас выражены лишь в одном из отведений (преимущественно в ДГ<sub>1</sub>) и могут расцениваться как проявления начальной патологии.

5. При выполнении мышечной нагрузки различной интенсивности и длительности, сопровождающейся учащением сердечного ритма от 80 до 200 уд/мин., значения QT укорачиваются меньше, чем общая длительность сердечного цикла; в связи с этим величины СП по мере учащения ритма закономерно возрастают, доходя при ритме 200 уд/мин. в среднем до 73 — 76%.

На основании математического анализа эмпирических данных о зависимости между интервалами QT и RR в сопоставлении с формулами различных авторов, уточнено качество аппроксимации при использовании разных формул. Оно значительно повышается в случае корректировки формул соответственно особенностям конкретного материала. Однако, и в этом случае, в разных участках диапазона сердечных ритмов наилучшее приближение дают

разные формулы (например: формулы Фридерича и Виду — при 150 — 180 уд/мин., формула Карпмана — Белиной — при ритмах 180 — 200 уд/мин., и пр.).

6. Во время мышечной работы, как и в покое, относительная продолжительность электрической систолы у женщин несколько больше, чем у мужчин. Разница во всем диапазоне основных рабочих ритмов (80 — 200 уд/мин.) у лиц 35 — 45 лет близка к 3%. В группе молодых спортсменов 18 — 25 лет характерно гораздо меньшее различие между данными лиц того и другого пола; по всей шкале ритмов оно составляет, в среднем, около 1%.

7. При одинаковых средних значениях сердечного ритма; величины СП, полученные в процессе естественной деятельности у большинства исследованных, несколько превышают уровень СП во время выполнения дозированной нагрузки. Превышения эти невелики (1 — 2%) и в старших группах выражены чуть больше, чем в младших.

8. Относительная длительность электрической систолы обнаруживает различия в связи с особенностями функционального состояния организма.

а) Во всех исследованных группах, как при дозированной нагрузке, так и при естественных формах деятельности, величина СП в период вработывания несколько больше (на 0,5 — 1,5%), чем в ходе дальнейших этапов работы.

б) Величины СП во время мышечной деятельности, как правило, больше, чем в покое при тех же уровнях сердечного ритма. Это выявляется путем парных сопоставлений последовательных этапов наблюдений, между которыми всегда имеется хотя бы небольшое число совпадающих уровней сердечного ритма. Величины СП в процессе работы неизменно выше, чем при соответствующих ритмах в ближнем восстановительном периоде (первые три минуты реституции). Данные ближнего восстановления больше чем величины СП при дальнем восстановлении, а эти последние, превышают уровень СП до работы. Количественно выявленные различия не велики (в среднем 1 — 2%), но вполне закономерны и поэтому представляют несомненный теоретический интерес.

9. Ряд фактов, полученных в настоящем исследовании (в частности, данные СП у рабочих, занятых физическим

трудом в условиях нагревающего микроклимата и у представителей различных видов спорта, а также более значительные величины СП у спортсменов высокой квалификации по сравнению со спортсменами низших разрядов), выдвигает новые вопросы, подлежащие разработке и заставляет с осторожностью подходить к функционально-диагностической оценке данных СП при исследовании различных групп здоровых лиц.

10. На основании фактических данных с корректированием их по методу линейной экстраполяции, составлены таблицы примерных должных величин СП при высоких уровнях сердечного ритма (от 100 до 200 уд/мин.): а) в основном периоде работы (по окончании вратывания), б) в ближайшем восстановительном периоде. В целях практического удобства пользования таблицами должных величин, они, несмотря на небольшие количественные различия между группами, даются дифференцированно для пяти контингентов, по которым получено наибольшее число данных — мужчины 35 — 45 лет (работники горячих цехов); женщины 35 — 45 лет; спортсмены невысокой квалификации — мужчины 18 — 25 лет и женщины 18 — 25 лет; спортсмены высокой квалификации — мужчины 18 — 35 лет.

Как показывает анализ данных о вариабельности величин QT и их распределении при конкретных уровнях сердечного ритма, которое близко к нормальному, пределами нормы можно считать величины, отклоняющиеся от должных на  $\pm 5\%$ , что совпадает с критериями, принятыми в клинической практике при оценке СП в условиях покоя.

---

## По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. «Данные радиопульсометрии при выполнении функциональных проб у лиц среднего и пожилого возраста». Теор. и практика физ. культуры, 1964, (совместно с Ф. М. Бакировой и В. В. Розенблатом).

2. «Об использовании радиотелеметрии при врачебно-педагогическом контроле над больными с заболеваниями органов кровообращения в процессе занятий лечебной физкультурой», (труды III межкурортной науч. практической конф. Ставрополь, 1966, (совместно с В. В. Розенблатом, М. А. Лавриновой, К. В. Шеломовой).

3. «Радиотелеметрические исследования сердечно-сосудистой системы легкоатлетов во время дозированной нагрузки и в естественных условиях спортивной деятельности», (материалы III всесоюзного симпозиума) Свердловск, 1968, (совместно с Ж. К. Леманчиковым).

4. «Динамика продолжительности электрической систолы при высоких ритмах сердца в процессе мышечной деятельности и в восстановительном периоде», (материалы III всесоюзного симпозиума) Свердловск, 1968, (совместно с М. Б. Казаковым, З. А. Неравцевичем, М. Л. Римских).

5. «О продолжительности электрической систолы сердца у здоровых лиц при частых ритмах сердца в процессе физической нагрузки (по данным радиоэлектрокардиографии)», (материалы IV Уральской конференции физиологов, биохимиков, фармакологов), Тюмень, 1969.

6. «Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у рабочих горячих цехов металлургического завода». Гигиена труда и профессиональные заболевания, 1970, (совместно с Б. М. Столбуном, А. М. Клейнер, Е. В. Гиревой).

7. «К методике определения продолжительности QRST электрокардиограммы при высоких ритмах сердца (по данным динамической радиоэлектрокардиографии)», Кардиология, 1970, (совместно с А. Т. Воробьевым).

