

## ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ БАЛЛИСТОКАРДИОГРАММЫ НА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФЕ

А. В. Бестугин, Д. И. Иванов, В. Б. Малкин, А. Н. Пруцкой

Москва

Поступило 7 VI 1956

Изучение механической работы сердца и связанных с ней изменений гемодинамики представляет большой интерес как для врача, так и для физиолога. В связи с этим баллистокардиографический метод исследования, позволяющий определять некоторые важные параметры механической работы сердца и динамики кровотока, получает все более широкое распространение.

Баллистокардиография основана на третьем законе динамики, согласно которому каждой действующей силе имеется равная, противоположно направленная противо-

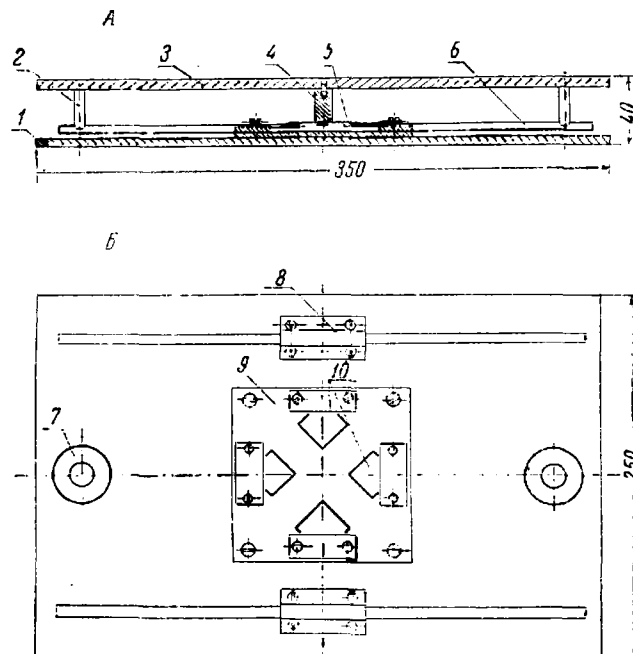


Рис. 1. Конструкция пьезоэлектрического датчика. Вид сбоку (А) и сверху, без крышки (В). Объяснение в тексте.

действующая сила. Если уравновесить вес человека на высокочувствительных весах, то создавшееся равновесие будет не статическим, а динамическим, так как каждое сокращение сердца, вызывающее выброс крови в сосуды, будет нарушать равновесие. Записывая при этом движения рычажка весов, можно получить сложную кривую баллистокардиограмму (БКГ).

В последние 15 лет благодаря успешному развитию физических методов исследования были разработаны различные системы баллистокардиографов, в конструкцию датчиков которых были включены специальные устройства (электромагнитные, тензометрические, индуктивные, пьезоэлектрические и др.), преобразующие механические смещения датчика в электрические величины.

В зависимости от конструкции баллистокардиографа им регистрируется величина или скорость смещения тела либо ускорение, которое сообщается телу во время механической работы сердца. Многие известные нам баллистокардиографы имеют относительно сложную конструкцию. Так, например, для баллистокардиографа с тензометрическим датчиком необходим специальный звуковой усилитель.

Мы поставили перед собой задачу сконструировать баллистокардиограф простого устройства, дающий возможность регистрировать БКГ на любом электрокардиографе или на какой-либо другой осциллографической установке с усилителем низкой частоты. При этом для анализа кривой БКГ важно было разработать такой метод

регистрации, который бы позволил в случае необходимости (особенно тогда, когда экспериментатор располагает одноканальной осциллографической установкой) производить одновременную регистрацию БКГ и ЭКГ на одном и том же канале осциллографической установки.

Решение этой задачи было осуществлено техниками А. Н. Прудким и А. В. Востугиным, разработавшими конструкцию пьезоэлектрического баллистокардиографа, позволяющего записывать баллистокардиограмму на электрокардиографах различной конструкции.

Применение пьезоэлектрических датчиков позволило получать большую величину электрического сигнала на входе усилителя.

Конструкция предложенного нами пьезоэлектрического датчика для регистрации баллистокардиограммы представлена на рис. 1. Датчик состоит из верхней подвижной (3) и нижней неподвижной (1) крышек. Нижняя крышка является основанием, на котором монтируется упругая система, воспринимающая статическую нагрузку тела и изменения динамического равновесия, обусловленные механической работой сердца. Упругая система представляет собой 4 консольно закрепленные балки (6), которые с помощью двух опор (8) крепятся на средней линии нижней крышки 4 винтами.

В центре нижней крышки расположена текстолитовая панель (9) с 4 пьезоэлементами (10) от телефонных наушников, которые включаются параллельно друг другу и имеют общий выход на усилитель регистрирующего прибора — электрокардиограф.

Пьезоэлементы должны быть так включены, чтобы каждый из них находился по отношению к другому в определенной фазе, последнее имеет существенное значение для работы баллистокардиографа. Правильность подключения можно проверить, надавливая сверху поочередно на каждый пьезоэлемент. Отклонение линии записи во всех случаях должно происходить в одном направлении.

Для центровки и вертикального перемещения верхней подвижной крышки нижняя крышка имеет две направляющие втулки (7), в которые входят направляющие пальцы верхней крышки. Верхняя крышка имеет 4 угловых стержня (2), которые опираются на свободные концы балок. В центре крышки крепится шток (4), конец которого снабжен плоской стальной пружиной (5) — лезвие бритвы, опирающейся

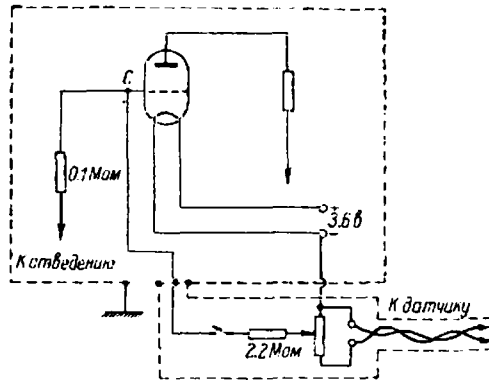


Рис. 2. Схема подключения датчика к первому каскаду электрокардиографа. Объяснение в тексте.

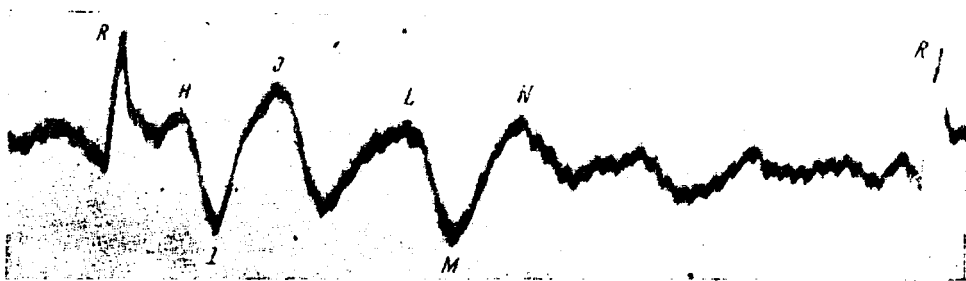


Рис. 3. Одновременная запись электрокардиограммы (зубец R) и баллистокардиограммы (зубцы H, J, L, M, N) на портативном электрокардиографе.

на пьезоэлементы. Применение бритвенных лезвий компенсирует начальный груз и предохраняет от разрушения пьезоэлементы. Для лучшего скольжения опор верхней крышки по консольным балкам в последние вделаны металлические шарик.

На рис. 2 представлена схема подключения датчика к батарейному электрокардиографу. Как указано на схеме, для регистрации БКГ производится подключение делителя напряжения следующим образом: вынимается лампа первого каскада и сеточная ножка лампы соединяется проводом с выключателем делителя напряжения. Второй конец делителя напряжения подключается к минусу аккумулятора.

Такая схема включения датчика позволяет без каких-либо переделок электрокардиографа производить на нем как одновременную (рис. 3), так и последовательную регистрацию БКГ и ЭКГ.

Для записи баллистокардиограммы (вертикальная баллистокардиография) обследуемый садится на верхнюю крышку датчика, установленного на стуле или вмонтированного в него. Во время съемки БКГ обследуемый должен все время находиться в одной и той же позе, так как изменение позы приводит к искажению БКГ. Датчик после некоторого изменения конструкции может быть установлен на столе или кровати,

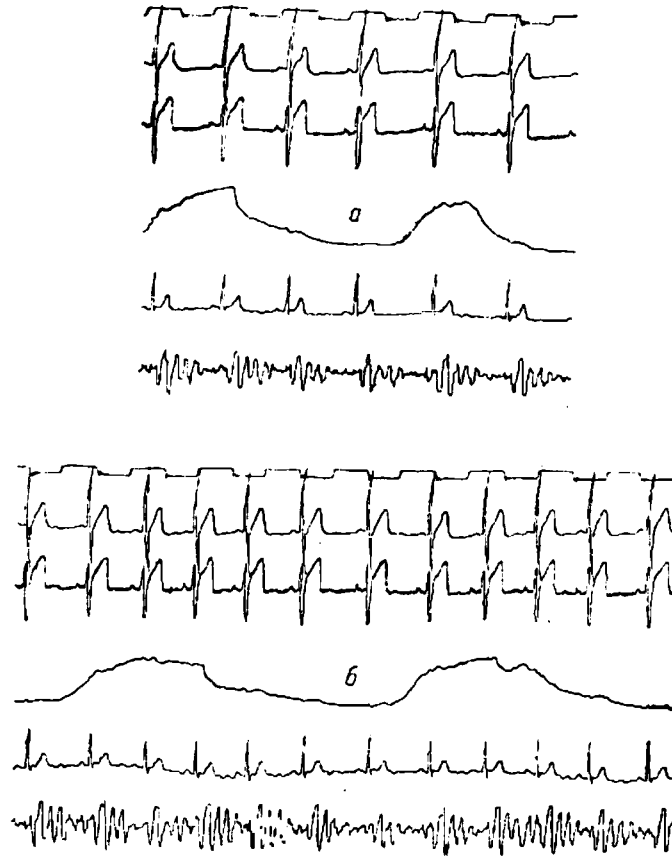


Рис. 4. Запись БКГ, ЭКГ в трех отведениях и пневмограммы на чернильнопишущем осциллографе в норме (а) и при вдыхании газовой смеси, бедной кислородом (б). При развитии гипоксемии видно увеличение амплитуды зубцов БКГ (нижняя кривая), свидетельствующее о повышении ударного объема сердца.

Сверху вниз: отметка времени (1 сек.), I, II отведения ЭКГ, пневмограмма, III отведение ЭКГ, БКГ.

и съемка баллистокардиограммы может осуществляться у обследуемого лежа (горизонтальная баллистокардиография), как это принято в клинике.

На рис. 4 представлены записи БКГ, сделанные с помощью описанного выше датчика на чернильнопишущей осциллографической установке.

#### PIESOELECTRIC AMPLIFIER FOR RECORDING BALLISTO-CARDIOGRAMM BY MEANS OF ELECTROCARDIOGRAPHER

By A. V. Bestugin, D. I. Ivanov, V. B. Malkin and A. N. Prutzkoy

Moscow