

ФИЗИОЛОГИЯ

Действительный член АН УССР Е. Б. БАБСКИЙ,
Т. С. ВИНОГРАДОВА, В. С. ГУРФИНКЕЛЬ и Я. С. ЯКОБСОН

ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА КАРДИОГЕМОДИНАМОГРАММЫ

Методика исследования сердечной деятельности и дыхания — кардиогеомодинамография — основана на регистрации изменений вертикальной нагрузки на опору со стороны отдельных участков тела человека, лежащего на специальном приборе (1-3). Эти изменения вертикальной нагрузки могут быть обусловлены следующими факторами: 1) перемещениями масс в теле (массы самого сердца и массы крови, перемещаемой при сердечном сокращении), 2) сердечными и пульсовыми толчками, направленными как в сторону опоры, так и в противоположную сторону. Естественно, что для правильной интерпретации регистрируемой при этой методике кардиогеомодинамограммы необходимо дать анализ значения указанных факторов в различные фазы сердечного цикла.

Для решения поставленного вопроса мы в первую очередь провели эксперименты с прибором, который допускает раздельную регистрацию перемещений вертикальной нагрузки в продольном и поперечном направлениях. Воспринимающее устройство этого прибора помещается под грудной клеткой испытуемого, лежащего на приборе. Это устройство состоит из двух досок, между которыми (по углам) находится 4 датчика. Проволочные тензометры этих датчиков образуют два моста, собранных по разностной схеме (1).

Один мост собран так, что тензометры, находящиеся в передних датчиках, образуют два противоположных плеча моста, а тензометры, находящиеся в задних датчиках, образуют два смежных первым плеча мостовой схемы. Второй мост собран так, что тензометры переднего и заднего датчиков одной стороны образуют два противоположные плеча моста, а тензометры переднего и заднего датчиков второй стороны образуют смежные первым плечи. Каждый мост подключен к отдельному усилителю. В результате имеется возможность одновременной регистрации двумя шлейфами осциллографа перемещения вертикальной нагрузки со стороны тела на опору в двух взаимно-перпендикулярных направлениях: первый мост реагирует на перемещение нагрузки вдоль, а второй — на ее перемещение поперек доски прибора.

Основанием для постановки экспериментов с описанным прибором были следующие соображения. Если кардиогеомодинамограмма обусловлена только сердечными и пульсовыми толчками, то характер кривой и в особенности продолжительность отдельных интервалов должны быть идентичными при регистрации и в продольном и в поперечном направлениях, так как толчок на разные участки воспринимающего устройства вызывает одинаковой продолжительности колебания доски прибора в обоих направлениях: и в продольном и в поперечном. Если же кардиогеомодинамограмма обусловлена перемещениями массы сердца и крови, то в этом случае кривые, получаемые при регистрации колебаний доски

прибора в продольном и в поперечном направлениях, должны быть различными в зависимости от того, в каком направлении — вдоль или поперек прибора — происходит перемещение масс.

Как показывают осциллограммы, приведенные на рис. 1, *I*, колебания доски прибора, при одновременной их регистрации в продольном и в поперечном направлениях, не являются синхронными и обе полученные кри-

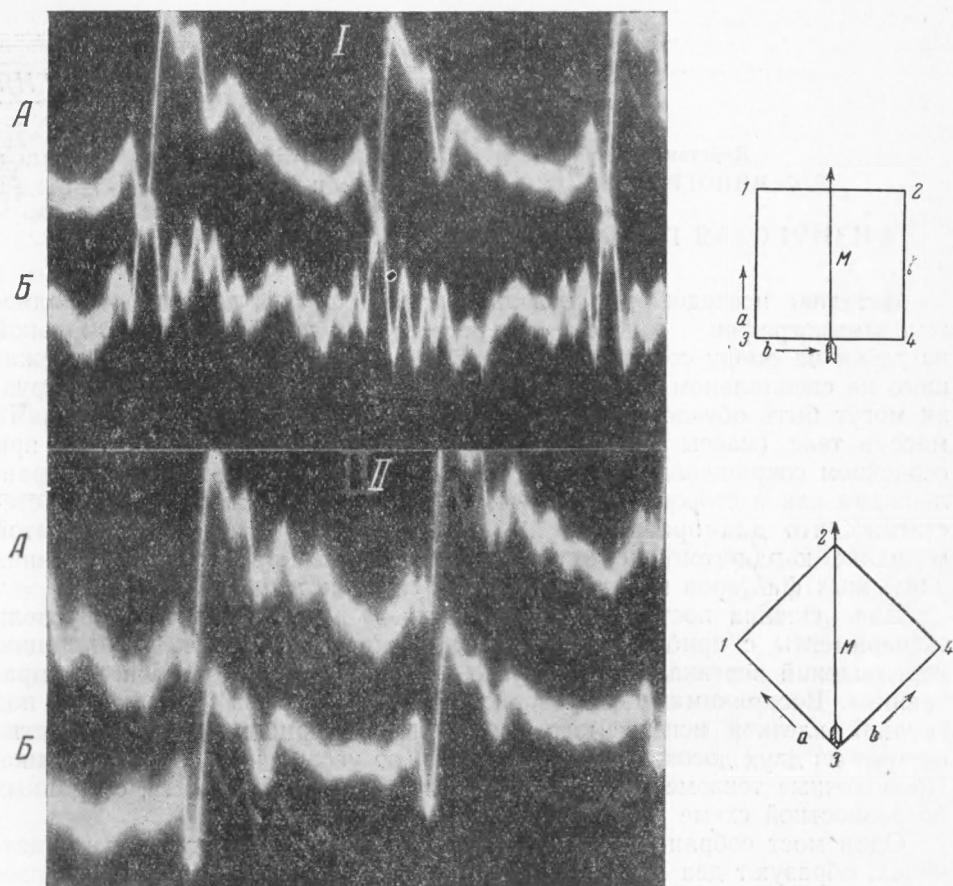


Рис. 1. Кардиогемодинамограммы, записанные двумя каналами регистрации при различном положении прибора по отношению к продольной оси тела. Направление регистрируемого перемещения вертикальной нагрузки показано стрелками *a* и *b* на схемах в правой части рисунка. Направление продольной оси тела испытуемого, лежащего на приборе, показано на схеме стрелкой *M*. 1, 2, 3, 4, — размещение датчиков в воспринимающем устройстве. *A* — кардиогемодинамограмма, записанная каналом *a*, *B* — кардиогемодинамограмма, записанная каналом *b*

вые не имеют никакого сходства. Если же прибор повернуть на 45° так, чтобы оба канала регистрации были расположены под равным углом к продольной оси тела, то они регистрируют, в основном, очень сходные кривые (рис. 1, *II*). Последние идентичны нормальной кардиогемодинамограмме, регистрируемой продольным каналом при исходном положении прибора. Эти многократно повторенные наблюдения дают основания утверждать, что при кардиогемодинамографии регистрируются преимущественно перемещения масс, а не сердечные и пульсовые толчки. Проведенные исследования вместе с тем дают возможность установить, что гемодинамическая ось сердца, т. е. основное направление перемещения массы крови, выбрасываемой сердцем, совпадает с продольной осью тела.

Решающее доказательство в пользу того, что кардиогемодинамограмма обусловлена преимущественно перемещением масс в теле, мы получили в экспериментах, в которых производилась раздельная регистрация прироста и убыли масс в верхней и нижней части прибора. Для этой цели использовался прибор, подобный описанному (1), с четырьмя датчиками. Тензометры, расположенные на двух задних датчиках, были включены в одну мостовую схему, а тензометры, расположенные на двух передних датчиках, включались во вторую мостовую схему. Каждая из мостовых схем была соединена со своим отдельным каналом усилителя и отдельным шлейфом осциллографа. Нагружение, а следовательно, и толчок, любой части прибора вызывает смещение обеих лучей осциллографа в одном и том же направлении — вверх. Перемещение же массы вперед вдоль прибора вызывает уменьшение нагрузки на задние датчики и одновременно увеличение нагрузки на передние датчики (рис. 2). Таким образом, сопоставление кривых, регистрируемых от передних и задних датчиков, позволяет расчленить эффекты, производимые толчком и перемещением масс*.

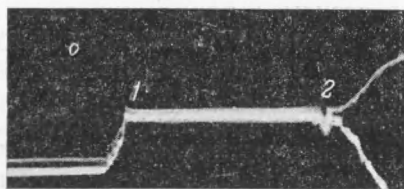


Рис. 2. 1 — нагружение прибора грузом в 100 г, 2 — перемещение груза вдоль доски прибора. Раздельная регистрация изменений вертикальной нагрузки на передние и на задние датчики при неполном усилении

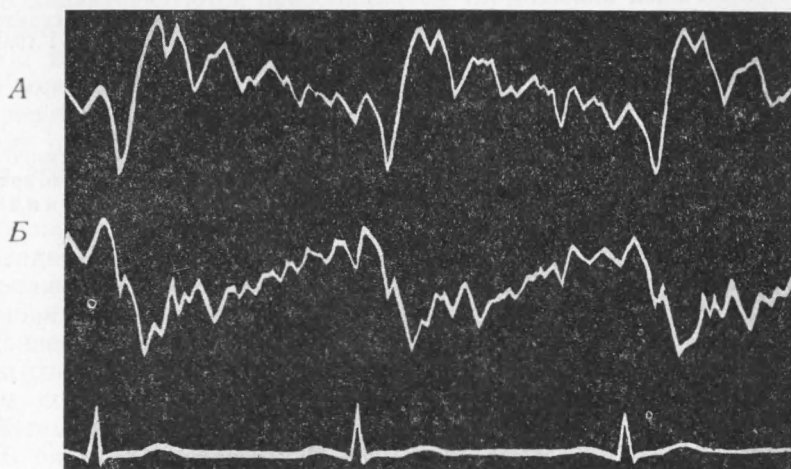


Рис. 3. Кардиогемодинамограммы, регистрируемые передними датчиками, находящимися на уровне дуги аорты (А), и задними датчиками, расположенными на уровне верхушки сердца (Б). Внизу — электрокардиограмма

Эксперименты показали, что кривые сердечной деятельности, записанные при положении испытуемого лежа на спине с помощью передних или задних датчиков, совершенно различны. Кривая, записанная с передних датчиков, имеет характер обычной кардиогемодинамограммы, а кривая,

* Следует указать, что изложенные соображения справедливы для случая, когда вся выброшенная сердцем масса крови сосредоточена на сравнительно небольшом расстоянии и место изгнания крови — желудочки сердца — находятся в пределах доски прибора. Этот именно случай имеется при нашем способе регистрации сердечной деятельности, когда воспринимающее устройство помещается под грудной клеткой испытуемого.

записанная с задних датчиков, имеет совершенно иной характер. Как правило, передние датчики обнаруживают во время систолы сердца увеличение действующей на них нагрузки, в то время как задние датчики показывают уменьшение нагрузки. Это зависит от того, что передние датчики, находящиеся на уровне крупных сосудов, обнаруживают при каждой систоле сердца прирост массы, а задние датчики, находящиеся на уровне верхушки сердца, регистрируют убыль массы. Очевидно, такое различие кривых обусловлено перемещением массы крови из желудочков сердца в сосуды, а также смещением массы самого сердца.

Детально анализируя полученные кривые, можно отметить, что на одном участке обе они идут в одном направлении. На рис. 3 этот участок кривой предшествует и следует точно за зубцом *R* электрокардиограммы и представляет собой выражение систолы предсердий и фазы напряжения желудочков. Мы полагаем, что этот участок кривой обусловлен предсердным и верхушечным толчками, возникающими именно в это время. Направление вниз зубца, связанного с верхушечным толчком, указывает на уменьшение действующей на прибор нагрузки. Это происходит, очевидно, потому, что этот толчок направлен в сторону передней поверхности грудной клетки, следовательно, при положении человека лежа на спине, — вверх, что и вызывает кратковременно уменьшение нагрузки на прибор.

Таким образом, за исключением двух отрезков кардиогемодинамограммы, обусловленных предсердным и верхушечным толчками, в целом эта кривая возникает в результате перемещений масс в грудной клетке, зависящих от работы сердца.

Поступило
1 VI 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Е. Б. Бабский, В. С. Гурфинкель, Э. Л. Ромель, Я. С. Якобсон, ДАН, 83, № 6 (1952). ² Е. Б. Бабский, А. Л. Мясников и др., Терап. арх., 24, № 1, 68 (1952). ³ Е. Б. Бабский, Т. С. Виноградова, В. С. Гурфинкель, Е. Н. Мешалкин, ДАН, 88, № 2 (1953).