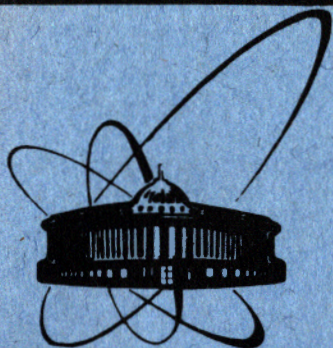


84-636



объединенный
институт
ядерных
исследований
дубна

P19-84-636

В.Ф.Бобраков, Б.В.Васильев, В.Н.Полушкин*

**МАГНИТОКАРДИОКАРТА – НОВЫЙ МЕТОД
ДИАГНОСТИКИ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Направлено в журнал "Медицинская техника"

* Томский политехнический институт

1984

$$\vec{V}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\sigma} \int_V \frac{\vec{\nabla} \cdot \vec{I}_F^1(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} d^3\vec{r}' - \frac{1}{4\pi\sigma} \int_V \frac{\vec{\nabla} \cdot \vec{K}^1(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} d^3\vec{r}', \quad /1/$$
$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu}{4\pi} \int_V \frac{\vec{\nabla} \times \vec{I}^1(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} d^3\vec{r}' + \frac{\mu}{4\pi} \int_V \frac{\vec{\nabla} \times \vec{K}^1(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} d^3\vec{r}', \quad /2/$$

Таким образом, одним из основных преимуществ МКГ перед ЭКГ является возможность получения полной информации о токах, циркулирующих в мышце сердца, следовательно, МКГ позволяет изучать нарушения проводимости сердечной ткани в случаях, когда ЭКГ никакой информации об этом может не давать.

В ^{7/2} предлагалось, например, измерять МКГ в 36 отдельных точках, расположенных в горизонтальной плоскости над поверхностью грудной клетки лежащего пациента. Полученные данные представлялись в виде карты, составленной из отдельных МКГ, записанных в течение одного цикла сердечной деятельности. Однако при расшифровке МКГ, снятых в 36 отдельных точках, с целью определения возможных отклонений от нормы, возникали серьезные трудности, вызванные следующими причинами:

Изучение этого распределения магнитного поля во времени и является отправной информацией для диагностики сердечной деятельности.

ОБЪЕДИНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРОВ
ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ
БЕЛЫХ

Приемные сверхпроводящие катушки /1/ включены градиентометрически для подавления внешних мешающих факторов. Магнитное поле сердца наводит в ближайшей катушке ток, который измеряется двухиндуктивным ВЧ-сквидом циммермановской конст-

рукции /8/. Вся эта антенна располагается в безазотном криостате с жидким гелием при температуре 4,2 К. Криостат выполнен из нержавеющей стали, расстояние между пациентом и приемной катушкой ≈ 11 мм. Объем заливаемого жидкого гелия составляет ≈ 2 л, которого хватает на $5 \div 6$ ч работы без дозаправки. Сигнал сквида усиливается петлей магнитного потока типа ПМП-50-1 /3/ и через синхронный фильтр типа сквид-РСФ, вырезающий сетевую помеху /4/, подается на осциллограф /8/, многоканальный анализатор ICA-70 /9/, запоминающее устройство /10/.

Поскольку магнитокардиограф имеет один канал измерения, то для снятия МКК в фиксированные моменты времени необходимо осуществлять синхронную временную привязку. Для этого применялся опорный канал - электрокардиограф, регистрировавший биопотенциалы в точке с ярко выраженным R-пиком. Эти биопотенциалы усиливались предварительным усилителем /5/ и через фильтр низких частот /6/ подавались на формирователь стробирующего импульса /7/.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

Результаты эксперимента, магнитокардиокарты для трех пациентов, представлены на рис.2. По горизонтали слева направо расположены МКК двух здоровых человек и одного больного в фиксированные моменты времени /сверху вниз соответственно Q, R, S, T-пики/. Все поле каждой карты поделено на участки равного магнитного поля, цифрами указано значение этого поля в пТ.

При сравнении всех трех МКК ясно просматривается закономерность. У здоровых людей как максимальное, так и минимальное значения поля в течение всего периода кардиограммы локализованы вблизи одной точки /минимум - в крайней левой части С6, максимум - ниже центра D4 грудной клетки/, в то время как у пациента с ишемической болезнью наблюдается в один момент времени несколько максимумов и минимумов, которые за τ смещаются по разным направлениям в грудной клетке. Это означает: если сердце здорового человека можно с удовлетворительной точностью описать одним магнитным диполем, то для пациента с патологией МКК необходимо рассматривать как суперпозицию полей совокупности нескольких магнитных диполей, имеющих различную ориентацию в пространстве.

Таким образом, если расшифровка ЭКГ носит эмпирический характер, т.е. по признакам, выявленным путем статистической обработки данных многолетних наблюдений за больными, то полученные нами результаты показывают, что МКК как будто позволяет вести расшифровку на основе объективной физической модели.

В заключение отметим следующее. ЭКГ является функцией одной переменной, и ее изображение на плоскости, как и для всякой кривой - двумерно - переменными являются значение биопотенциала и время. Увеличение количества отведений не приводит к по-

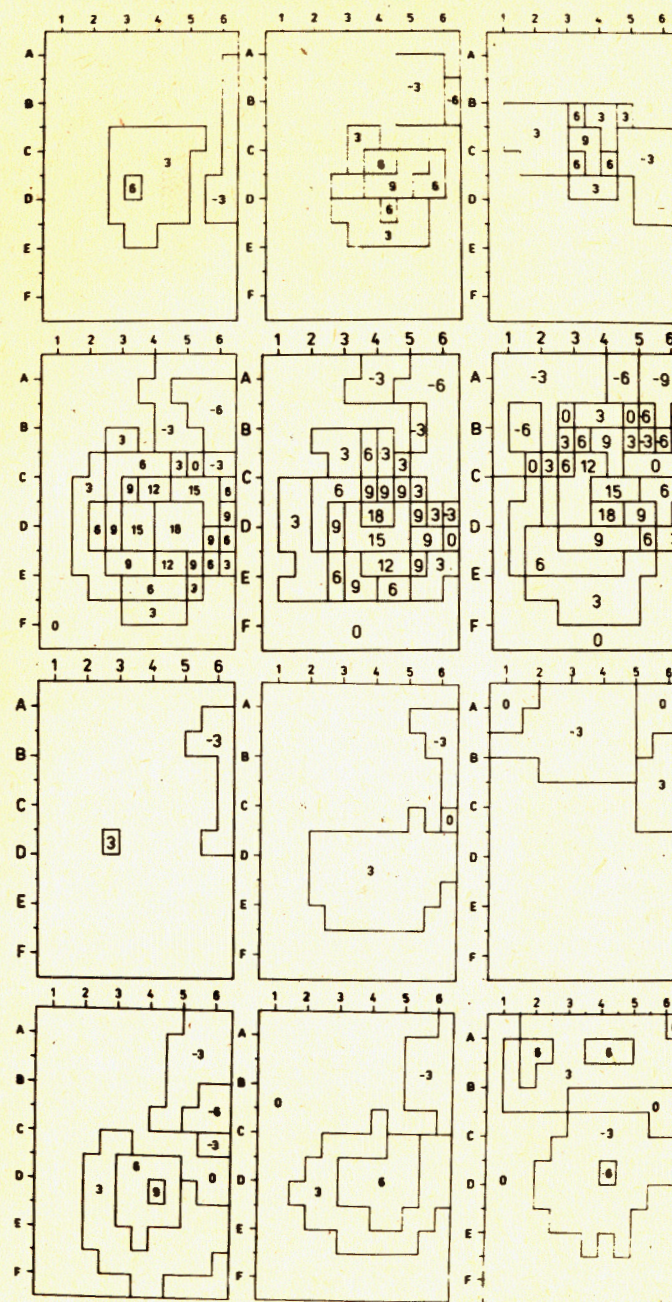


Рис.2.

вышению ее мерности. Поэтому ЭКГ всегда заведомо менее информативна, чем магнитокардиокарта, которую можно трактовать как четырехмерную картину - переменными являются: значение магнитного поля в точке, распределение магнитного поля в двух пространственных координатах и время. Отсюда допустимо предположение, что наиболее полная диагностика работы сердца может быть проведена при помощи шестимерной МКК, которая строилась бы на основе векторных магнитокардиограмм, снятых в тех же точках при помощи трехкомпонентного магнитокардиометра.

Иллюстрация магнитокардиокарт, показанная на рис.2, выполнена в черно-белом варианте специально для журнальной статьи и в этом виде оказывается не очень выразительной. На практике мы проводим цветное кодирование, т.е. каждому квантованному значению магнитного поля в точке ставится в соответствие определенный цвет. Полученные таким образом цветные магнитокардиохромокарты обладают существенно большей наглядностью, и для того, чтобы понять их особенности, достаточно одного взгляда на распределение цветов.

Авторы выражают глубокую признательность академику Г.Н.Флерову за внимание и интерес к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Katila T. Instrumentation for Biomedical Applications. In: Biomagnetism. (Ed. by S.N.Erne, H.D.Hahlbom, H.Lübbig). Berlin, 1981, p.3-32.
2. Karp P. Cardiomagnetism. In: Biomagnetism. (Ed. by S.N.Erne, H.D.Hahlbom, H.Lübbig). Berlin, 1981, p.219-258.

Бобраков В.Ф., Васильев Б.В., Полушкин В.Н. P19-84-636
Магнитокардиокарта - новый метод диагностики
сердечной деятельности

Рассмотрен новый метод диагностики сердечной деятельности на основе изучения распределения магнитного поля мышцы сердца над поверхностью грудной клетки человека - магнитокардиокарты. Приведены блока-схема, технические характеристики и описание принципа действия установки для получения магнитокардиокарт.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Bobrakov V.F., Vasiliev B.V., Polushkin V.N. P19-84-636
Magnetocardiogram - a New Method of Cardioactivity
Diagnostics

A new method of diagnostics of cardioactivities based on the study of distribution of hear muscle magnetic field over the surface of human's chest-magnetocardiogram is considered. A block diagram, rechnical characteristics and description of setup operation principle (are presented.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984