

чающееся в детальном изучении временных интервалов между пиками, отражающими работу сердечной мышцы. На этих «спокойных» участках при большем усилении можно различить слабые сигналы («МКГ высокого разрешения»), сопровождающие распространение электроимпульсов по нервным путям, управляющим работой сердечной мышцы.



Рис. 2. Сравнение МКГ и ЭКГ плода в теле беременной женщины. На МКГ хорошо различим сердечный ритм плода (F), в то время как на ЭКГ преобладают сигналы сердца матери (M).

Сигнал, сравнимый по силе с магнитокардиографическим, дают скелетные мышцы человека.

Если в организме имеются ферромагн. частицы, то они создают постоянные магн. поля, к-рые могут быть сильнее даже магн. поля сердца. Вполне заметное (для сквид-магнитометра) магн. поле порождается, напр., частицами железа в лёгких сварщика или крупинками жести, попавшими в желудок вместе с консервированными продуктами.

Обнаружено, что нек-рые организмы сами по себе содержат кристаллы магнетита (Fe_3O_4) с размерами ок. 0,1 мкм — это пчёлы, голуби, ряд бактерий, есть сообщения о наличии таких частиц у дельфинов. Кристаллы Fe_3O_4 имеют удлинённую форму и расположены вблизи чувствит. нервных окончаний, реакция к-рых на поворот кристаллов относительно магн. поля Земли может объяснить навигац. способности указанных живых существ.

Если миниатюрный, но сильный пост. магнетик, напр. из $SmCo_5$ или $Nd_2Fe_{14}B$, прикрепить к к.-л. подвижному органу, то по колебаниям магн. поля вне органа, измеренным с помощью сквид-магнитометра, можно судить о работе органа. Подобные эксперименты уже осуществлены для глаза и для барабанной перепонки.

Магнитоокулограммой (МОГ) называют сигнал (его величина до 20 пТл), возникающий при движении глаз: между разл. слоями сетчатки имеется довольно высокая разность потенциалов (до 10 мВ), порождающая пост. биотоки глаза, к-рые и генерируют МОГ-поле. Сигналы магниторетинограммы (МРГ) существенно слабее (до 0,1 пТл), они определяются изменением разности потенциалов на сетчатке глаза при её возбуждении светом.

Самые слабые биоманг. поля, создаваемые организмом человека, порождаются активностью нервной системы, в т. ч. головного мозга. Изучение этих сигналов, в силу их информативности и важности, выделяют из биомангнетизма в особый раздел — нейромангнетизм. Уже первые магнитоэнцефалографические (МЭГ) исследования обнаружили заметное различие магн. и электрич. (электроэнцефалографических, ЭЭГ) данных. МЭГ-методы принципиально отличаются от ЭЭГ-методов тем, что датчики, фиксирующие магн. поля, не требуют крепления к голове, и поэтому их можно перемещать на требуемое расстояние (рис. 3, а). Пространств. распределение и временная зависимость МЭГ-сигналов прямо отражают внутр. биоэлектрич. активность мозга, практически не искажённую влиянием черепа и скальпа (как в случае ЭЭГ-сигналов).

Наиб. сильные сигналы, порождаемые человеческим мозгом, связаны с его спонтанной ритмической активностью и сильно скоррелированы в ЭЭГ- и МЭГ-

данных. Для т. п. альфа-ритма, имеющего частоту 10 Гц, амплитуда МЭГ-сигнала составляет 4 пТл (рис. 3, б), а пространств. распределение поля соответствует ориентации биотоков вдоль линии макушка — нос. При эпилепсии наблюдаются более слабые сигналы, но локализованные над т. н. эпилептич. фокусом и имеющие характерный «полосовый» частотный спектр.

Из измеряемых биоманг. сигналов большой интерес представляют т. н. вызванные магнитные поля (ВМП), возникающие в результате активности мозга в ответ на события вне центральной нервной системы. Именно исследования ВМП показали, что магн. данные более информативны, чем ЭЭГ, поскольку позволяют более точно устанавливать местоположение токовых источников сигналов и дифференцировать их по направленности биотоков. Нейроманг. эксперименты с ВМП служат существенным дополнением к

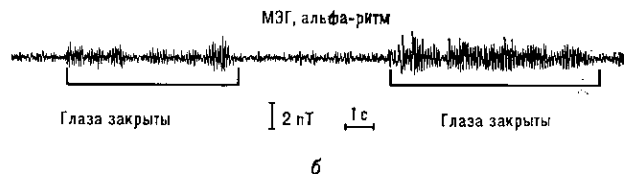
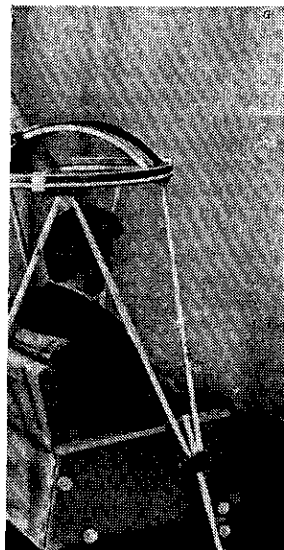


Рис. 3. Вид установки для магнитоэнцефалографических исследований (а) и магнитная запись (б) альфа-ритма мозга, сделанная на этой установке.

электрографич. методам, включающим измерения с вживлёнными внутрь мозга электродами, а для исследования мозга здорового человека методика сквид-магнитометрии особенно перспективна.

Лит.: Введенский В. Л., Ожогин В. И., Сверхчувствительная магнитометрия и биомангнетизм. М., 1986. В. И. Ожогин.

МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ГАЛАКТИК — магн. поля в межзвёздном газе галактик. Масштаб поля значительно превышает размеры звёзд, т. е. это поле свойственно галактике как целому. Принято выделять крупномасштабную составляющую М. п. г. (масштаб однородности порядка сотен и тысяч парсек) и флуктуац. составляющую с широким спектром масштабов (от долей парсека до сотен парсек). М. п. г. обнаруживают и исследуют по нетепловому радиоизлучению галактик (см. Синхротронное излучение), мерам вращения плоскости поляризации радиоизлучения, межзвёздной поляризации света звёзд, по Зеемана эффекту в межзвёздных радиолиниях 21 см (HI) и 18 см (OH). Первые представления о магн. поле Галактики появились в 40-е гг. в связи с проблемой удержания и ионизации космических лучей. В силу замороженности М. п. г. в межзвёздный газ и прилб. равенства плотностей энергии магн. поля и хаотич. движений межзвёздного газа, М. п. г. играют важную роль в динамике межзвёздной среды и в процессах звездообразования. Магн. поле, в частности, ответственно за удержание космич. лучей в Галактике, за вытянутую форму и волокнистую структуру многих типов туманностей, оно играет решающую роль в процессах переноса момента кол-ва движения из межзвёздных