

1. Воробьев В. Ю. Журн. невропатол. и психиатр., 1971, 8, стр. 1224.
2. Ковалев В. В. Журн. невропатол. и психиатр., 1980, 10, стр. 1503.
3. Личко А. Е. Журн. невропатол. и психиатр., 1976, 10, стр. 1521.
4. Наджаров Р. А. Штенберг Э. Я. Журн. невропатол. и психиатр., 1975, 9, стр. 1374.
5. Северный А. А. Материалы объединенной конференции ВНИИЗ АМН СССР. М., 1984.
6. Цуцельковская М. Я., Пантелева Г. П., Дубницкий Л. Б. В кн.: Клинические и организационные аспекты психиатрии. Ульяновск, 1974, стр. 83.
7. Chazoud J. L' Encephale, 1964, 6, 3, 671.
8. Larosche Y. et al. La puberte: Etude denique et psychopathologique, I, Paris, 1966.
9. Masterson J. F., Washburne A. Amer. G. Psychiatr., 1966, 122, 11, 240.
10. Weber A. Schweiz. Rundsch. Med., 1975, 64, 13, 383.
11. Zeh W. Fortsehr. Neurol. Psychiatr., 1959, 27, 9, 54.

УДК 61 : 53.

В. П. КАЛАНТАРЯН

МЕТОД ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА В МЕДИЦИНЕ

Приводится обзор литературы по применению метода ядерного магнитного резонанса (ЯМР) в медицинской диагностике. Томография на ЯМР представляет собой новый метод неинвазивного трехмерного отображения внутренних органов человека, особенно его мягких тканей, без ионизирующего излучения. ЯМР-спектроскопия позволяет следить за процессами обмена веществ и ходом биохимических реакций в организме на клеточном уровне.

Как известно, применение рентгеновских лучей в медицине для рентгенодиагностики имеет два существенных недостатка, а именно: 1) рентгеновское облучение, даже в малых дозах, представляет определенную опасность для организма из-за огромной энергии рентгеновских квантов и 2) получаемая даже с помощью современной рентгеновской компьютерной томографии (РКТ) информация носит в основном анатомический характер, т. к. не содержит сведений о функциональном или физиологическом состоянии внутренних органов. Некоторые патологически измененные органы поглощают рентгеновские лучи почти так же, как и окружающие их ткани, и поэтому не могут быть обнаружены методом РКТ, если патология не сопровождается изменением размера или формы внутреннего органа.

Указанных недостатков лишен новый перспективный метод медицинской диагностики, основанный на применении ядерного магнитного резонанса (ЯМР), явления, хорошо известного в физике, в котором главную роль играют магнитные свойства атомных ядер. Суть этого явления применительно к биологическим объектам заключается в том, что если на тело человека, помещенного в однородное постоянное магнитное поле, одновременно воздействовать высокочастотным, т. е. переменным магнитным полем, направленным перпендикулярно к постоянному, то ядра клеток тела возбуждаются и начинают резонировать, излучая характеристические частоты в метровом диапазоне радиоволн [1, 3].

ЯМР-установка позволяет без помощи рентгеновского ионизирующего излучения получать изображения внутренних органов человека, особенно его мягких тканей, причем с большим контрастом и часто даже с лучшим разрешением, чем при рентгеновской компьютерной томографии, и, что очень важно, в отличие от последней метод ядерного магнитного резонанса показывает структуру в том виде, как она функционирует. Он позволяет отличить нормальные ткани от больных раньше, чем заболевание проявится в функциях соответствующего органа.

Однако идентификация тканей является лишь частью возможностей данного метода. ЯМР-метод дает также уникальную возможность получения «химической карты» пациента в любом выбранном сечении, а при необходимости и в любой точке исследуемого органа или ткани без механического проникновения в них, и следовательно, без малейшего нарушения их нормальной жизнедеятельности. Важно отметить, что как получение изображений, так и определение химического состава можно проводить неоднократно без риска для здоровья пациента. Существенным является также и тот факт, что данный метод позволяет получать результаты химического исследования тканей за считанные секунды в отличие от существующих методов.

В ЯМР существуют два времени релаксации: время спин-решеточной релаксации T_1 , которое характеризует скорость возвращения системы спинов в первоначальное состояние термодинамического равновесия вследствие их взаимодействия с решеткой, и время спин-спиновой релаксации T_2 , которое характеризует взаимодействие данного ядра с окружающими его ядрами; в биологических объектах это время составляет от 1 мсек до 1 сек.

Известно, что чем выше подвижность молекул, содержащих атомы водорода, тем медленнее протекают релаксационные процессы. Это означает, что ядра в мягких клеточных тканях релаксируют, т. е. возвращаются в исходное состояние равновесия медленнее, чем, например, ядра в костных тканях. Различным временем релаксации может характеризоваться даже больная и здоровая ткань. Именно на этом различии основан перспективный метод современной медицинской диагностики — ЯМР-спектроскопия человеческого тела. Благодаря данному методу медики получили возможность одновременно с анатомическими данными иметь оперативные и точные сведения об изменении химического состава исследуемой ткани. Последнее чрезвычайно важно, т. к. изменения в клеточных процессах в результате начавшейся патологии клеток могут иметь место задолго до проявления их анатомических изменений. Именно эти биохимические изменения и будут проявляться в изменении времени релаксации T_1 и T_2 , т. к. они оба очень чувствительны к изменениям химического окружения ядер в исследуемых тканях. После соответствующей обработки данных по измерению этого времени на ЭВМ можно получить чрезвычайно ценную информацию о ходе биохимических реакций и обмене веществ в организме. Таким образом, медики получили возможность следить за процессами обмена веществ в нормально функционирующем человеческом организме.

Проиллюстрируем некоторые возможности применения ЯМР-метода в диагностической медицине.

ЯМР-спектроскопия позволяет измерять, например, содержание фосфора, что дает возможность определять внутриклеточный кислотный показатель pH. В результате можно установить, не начался ли у клеток сердечной мышцы анаэробный метаболизм, являющийся одним из предвестников сердечного приступа. Контроль изотопа углерода C^{13} можно было бы использовать для исследования метаболизма сахара у больного с подозрением на диабет [9]. Исследования показали, что интенсивность сигнала внутрижелудочковой крови растет с увеличением в ней содержания кислорода и поэтому изображения тканей, снабжаемых кровью интенсивнее, становятся более четко различимыми. Путем добавления небольшого количества парамагнитных ионов, например марганца, в кровь удастся получить достаточно контрастное изображение распределения крови в сердце. Еще одна интересная проблема, доступная для ЯМР-томографии,—изучение комбинации Na/K в клеточных мембранах [2].

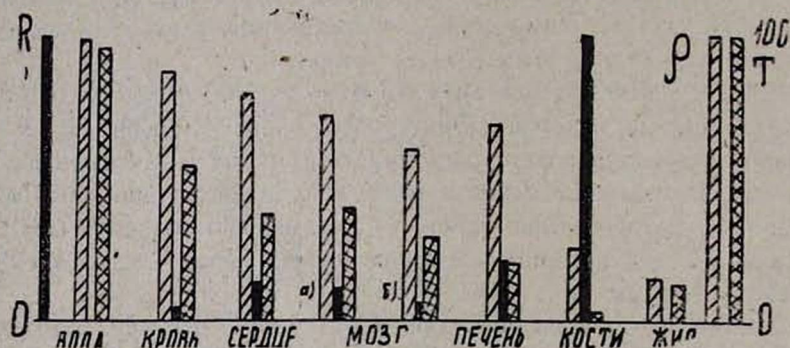


Рис. 1. Сравнение средней контрастности изображения при рентгеновском (R—черного цвета) и ЯМР-методе (спиновая плотность ρ и относительное время релаксации T_1). а)—серая, б)—белая масса мозга.

На рис. 1 в виде сравнения даны относительные контрастности рентгеновского и ЯМР-изображений в различных тканях. Как видно, в подавляющем большинстве случаев контрастность ЯМР-изображений значительно превышает контрастность аналогичных рентгеновских изображений тех же тканей [2].

ЯМР-спектроскопия позволяет идентифицировать различные соединения фосфора в тканях мозга (рис. 2) [4, 9], а также обнаруживать глубоко скрытые опухоли и другие патологические изменения в мозге.

На основании проведенных измерений времени спин-решеточной релаксации T_1 в тканях злокачественных и доброкачественных опухолей было установлено, что это время в злокачественных новообразованиях существенно больше, чем в доброкачественных [4, 6, 7, 8] (рис. 3 и табл. 1).

Как следует из приведенной в табл. 2 зависимости между значениями T_1 , измеренными на пересаженной почке, и ее клиническим состоянием, нарушение ее нормальной жизнедеятельности сопровождается зна-

чительным увеличением времени релаксации, следовательно, оно может служить хорошим критерием для оценки степени ее приживаемости.



Рис. 2. Зарегистрированные методом ЯМР сигналы от ядер P^{31} в соединениях фосфора в тканях мозга.

Обнаружено, что у душевнобольных время T_1 различно до и после прохождения курса лечения с применением Li. Усредненное значение для T_1 из 14 измерений на 7 больных до воздействия Li и 20 измерений после воздействия Li на тех же больных равны соответственно 268 и 220 мсек. Для сравнения были проведены измерения T_1 у 18 нормальных пациентов. Время релаксации оказалось равным 210 мсек (табл. 3). Таким образом, время релаксации T_1 после воздействия Li у душевнобольных и в нормальном организме почти одинаково.

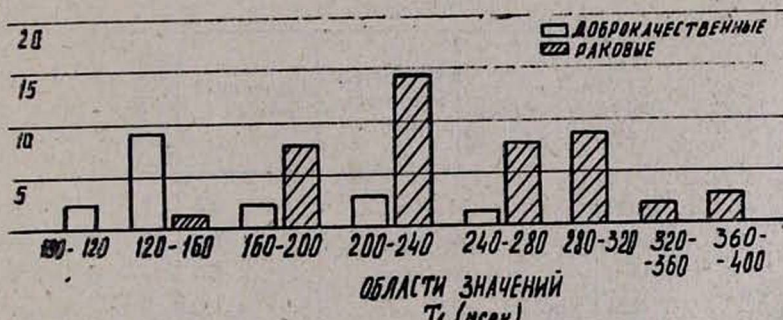


Рис. 3. Измеренные значения времени релаксации T_1 в злокачественных и доброкачественных новообразованиях.

Установлено, что в тканях, пораженных грудной карциномой, имеет место изменение времени релаксации после прохождения курса химиотерапии. Эта зависимость представлена в табл. 4. Таким образом, по измеренному времени релаксации можно судить об эффективности применяемого метода лечения.

Таблица 1

Измеренные значения времени спин-решеточной релаксации T_1 в мсек в злокачественных и доброкачественных новообразованиях легких

Диагноз	Усредненные значения T_1	Количество пациентов
злокачественные новообразования		
Аденокарцинома	188 $\pm$ 8	3
Неспецифическая карцинома	196 $\pm$ 36	13
Эпидермальная карцинома	228 $\pm$ 6	2
Плоскоклеточная карцинома	231 $\pm$ 36	16
Большеклеточная карцинома	249 $\pm$ 28	4
Малоячеечная карцинома	265 $\pm$ 28	12
Бронхоальвеолярная карцинома	270 $\pm$ 36	4
Бронхогенная карцинома	314 $\pm$ 2	3
Для всех злокачественных диагнозов	242 $\pm$ 52	57
доброкачественные новообразования		
Ателектаз	181 $\pm$ 29	3
Ангиолипома	139 $\pm$ 8	3
Консолидирующаяся долевая пневмония	180 $\pm$ 56	2
Бронхогеническая киста	126 $\pm$ 8	2
Зернистая болезнь	156 $\pm$ 33	5
Эпикардальная жировая подушка	240	1
Фиброз	161	1
Для всех доброкачественных диагнозов	162 $\pm$ 43	17

Таблица 2

Время спин-решеточной релаксации T_1 как мера оценки степени приживаемости пересаженной почки

Срок после пересадки	Клиническое состояние	Значения T_1 (мсек)	Число измерений
17 дней	хор.	163	1
3 мес.	хор.	189	2
3 мес.	хор.	154	1
1 год 1 мес.	хор.	112	2
1 год 9 мес.	хор.	165	2
6 лет 4 мес.	хор.	149	2
3 мес.	хор.	258*	2
3 года 5 мес.	хронич. отторжение	282	1
1 год 4 мес.	хронич. отторжение	455	1
5 мес.	хронич. отторжение	471	3

Примечание. *—операция проводилась в третий раз.

Таблица 3

Значения времени спин-решеточной релаксации T_1 в мсек у душевнобольных до и после воздействия Li

До воздействия	Число измерений	После воздействия	Число измерений
325	3	271	3
294	1	232	2
272	1	233	2
220	2	154	3
266	2	206	2
228	2	202	3
269	3	244	5

В отношении аппаратуры ЯМР-метод также предпочтительнее рентгеновского. В то время как рентгеновский сканер требует громоздкого и дорогого механического оборудования для вращения вокруг пациента системы «источник—детектор рентгеновского излучения», ЯМР-томограф вообще не требует никаких движущихся механических устройств, за исключением стола для пациента. Этот важный фактор с точки зрения надежности и стоимости оборудования открывает хорошую перспективу для будущих разработок [5, 10].

Таблица 4

Время спин-решеточной релаксации T_1 в тканях, пораженных грудной карциномой, под воздействием химиотерапии

Время в неделях	Размер очага в см	Измеренные значения T_1 в мсек	
		в очаге	в здоровой ткани
1	8,5×3,3	250	150
5	8,1×4,1	235	157
10	6,7×3,3	174	125
18	6,3×2,4	165	118

В настоящее время в СССР разработан и успешно функционирует первый отечественный томограф ядерного магнитного резонанса МТ-1000, который позволяет проводить вышеописанные медико-биологические исследования организма человека. Диаметр внутренней полости магнита этого ЯМР-томографа равен 1000 мм, что позволяет тело пациента целиком вводить в магнитное поле, тем самым обеспечивая возможность исследования всех его органов.

ՄԻԶՈՒԿԱՅԻՆ ՄԱԳՆԵԻՍԱԿԱՆ ՌԵԶՈՆԱՆՍԻ ՄԵԹՈԴԸ ԲԺՇԿՈՒԹՅԱՆ ՄԵԶ

Տրված է գրական ակնարկ բժշկական ախտորոշման մեջ նորագույն մեթոդի՝ միջուկային մագնիսա-ռեզոնանսային տոմոգրաֆիայի կիրառության մասին: Նշված մեթոդը ոչ միայն ապահովում է մարդու օրգանիզմի վերաբերյալ անատոմիական մանրամասն տվյալների ստացումը այլև հնարավորություն է տալիս հայտնաբերելու բջիջների պաթոլոգիայի հետևանքով սկսվող ներքաշային փոփոխությունները ավելի շուտ, քան դրանք արտահայտվում են համապատասխան օրգանի ֆունկցիաների խախտման մեջ:

Ի տարբերություն ռենտգենյան մեթոդի միջուկային մագնիսական ռեզոնանսի մեթոդը բոլորովին անվնաս է մարդու օրգանիզմի համար, քանի որ այս դեպքում իոնիզացիոն ճառագայթում չի կիրառվում:

V. P. KALANTARIAN

NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE METHODS IN MEDICINE

Nuclear magnetic resonance methods are beginning to play an important role in bio-medical research. Two topics characterize this development: „NMR-Imahung“ (NMR-Tomography) and in vivo „Chemistry Studies by NMR“. These methods can give a large amount of chemical and physical information about tissues and function of the organism.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ацаркин В., Скроцкий Г., Сороко Л., Федин Э. УФН, 1981, 135, 2, 285.
2. ЯМР-томография (Bruker), 1983, стр. 3.
3. Andrew R., Bottomly P., Hinshaw W. et al. Proc. XX Congress AMPERE, Berlin, Heidelberg, New York, 1979.
4. Bruker Report, 1981, 1, 2; 1982, 1, 4; 1983, 1, 10.
5. Cho H., Cumming I., Kim H. et al. Proc. IEEE. 1982, 70, 10, 1152.
6. Damadian R., Goldsmith M., Minroff L. Phys. Chem. and Phys., 1977, 9, 97.
7. Damadian R. Phil. Trans. Royal Soc. London, 1980, B289, 499.
8. Damadian R., Goldsmith M., Minkoff L. Phys. Chem. and Phys., 1978, 10, 2, 285.
9. Harrison M. Electronics, 1983, 56, 19.
10. Hinshaw W., Lent A. Proc. IEEE, 1983, 71, 3, 338.

УДК 616.927

С. Г. КЕШИШЯН, Л. А. ОВСЕПЯН, С. А. КАЗАЗЯН

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКСКРЕЦИИ НЕЙТРАЛЬНЫХ 17-КС И СУММАРНЫХ 17-ОКС С МОЧОЙ ПРИ ТИФО-ПАРАТИФОЗНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

Изучено содержание нейтральных 17-КС и суммарных 17-ОКС в суточной моче у больных тифо-паратифозными заболеваниями. Выявленные изменения содержания 17-КС и 17-ОКС в моче дают основание заключить о поражении коры надпочечников при этих заболеваниях.

Известно, что при среднетяжелом и тяжелом течении тифо-паратифозных заболеваний у больных наблюдается выраженное снижение