

Фосфорная магнитно-резонансная спектроскопия в диагностике заболеваний печени

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Резюме. *Обследованы 149 человек с различными диффузными и очаговыми поражениями печени, а также без какой-либо патологии данного органа. Сканирование проводили на высокопольном магнитно-резонансном томографе с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл. Изучены данные фосфорной магнитно-резонансной спектроскопии печени. Показано, что данная методика позволяет неинвазивно получить ценную дополнительную диагностическую информацию о биохимических процессах, происходящих в печени на клеточном уровне. Выявлено, что у пациентов с хроническими гепатитами наиболее значимыми были снижение фосфодиэфира и увеличение доли γ -аденозинтрифосфата, уменьшение соотношения фосфодиэфира к β -аденозинтрифосфату и неорганического фосфора к γ -аденозинтрифосфату. Изменения при циррозе печени напоминали таковые при хроническом гепатите, но доля фосфомоноэфира была выше, а фосфодиэфира – ниже. При жировом гепатозе доля фосфодиэфира была выше, а фосфомоноэфира – ниже, чем у остальных пациентов. Методика наиболее полезна в диагностике состояний, когда морфологические изменения только начинают формироваться и при традиционной магнитно-резонансной томографии еще не определяются.*

Ключевые слова: *печень, магнитно-резонансная томография, фосфорная магнитно-резонансная спектроскопия, очаговые образования печени, диффузные заболевания печени, гепатоцеллюлярный рак, метастатическое поражение печени, гемангиома печени, киста печени, цирроз печени, гепатит, жировой гепатоз.*

Введение. Заболевания печени являются одной из важнейших проблем современной медицины. Особенно справедлив данный тезис, если речь идет об онкологических поражениях органа или поздних стадиях хронических диффузных заболеваний, таких как цирроз печени [5, 7, 11]. Смертность при циррозе в Европе колеблется от 100 до 400 человек на 1 млн населения для мужчин и от 40 до 150 для женщин [11]. С каждым годом увеличивается количество больных и носителей вирусных гепатитов В и С. Растет число хронических форм данных заболеваний с переходом в цирроз и первичный рак печени [1]. Цирроз печени приводит не только к развитию портальной гипертензии и гепатоцеллюлярной карциномы, от которой ежегодно в мире умирает около 1,25 млн человек, но и все чаще служит показанием к трансплантации органа [2, 6].

Значительные успехи в изучении этиологии и патогенеза, а также технологический прогресс в развитии методов диагностики заболеваний печени способствовали появлению новых подходов в лечении этих больных. При этом успешное ведение пациентов, как правило, возможно лишь при своевременной и максимально точной диагностике их состояния. Особое место в решении данной проблемы отводится методам лучевого обследования пациента [3, 4, 9].

За последние годы магнитно-резонансная томография (МРТ) стала одним из ведущих методов неинвазивной лучевой диагностики. Отсутствие лучевой нагрузки, высокая тканевая контрастность

изображений и возможность произвольного выбора плоскости сечения являются очевидными преимуществами данного метода. Однако по-прежнему, по данным МРТ, удается выявить лишь макроскопические морфологические изменения, в то время как функциональные сдвиги, лежащие на биохимическом уровне, часто оказываются нераспознанными. Поэтому поиск новых методик МРТ, позволяющих продвинуться в этом направлении, является в настоящее время приоритетным направлением исследований.

Анализ международных публикаций свидетельствует о том, что весьма перспективным в этом отношении может стать внедрение в клиническую практику магнитно-резонансной спектроскопии (МРС), методики, позволяющей неинвазивно изучать биохимический состав органов и тканей. К сожалению, в отечественной литературе информация о применении ее в диагностике заболеваний печени отсутствует. Заключение же, делаемые зарубежными авторами, кардинально различаются: от полной поддержки и фраз о возможности замены этим методом пункционной биопсии [10], до выводов о низкой чувствительности и специфичности, а также отсутствии корреляции с гистологическими данными [12]. Поэтому необходимость углубленного изучения данного направления является, на наш взгляд, актуальным и обоснованным.

Цель исследования. Изучить возможности фосфорной МРС в диагностике заболеваний печени.

Материалы и методы. МРТ верхних отделов живота с применением МРС печени по фосфору была выполнена 149 пациентам. Из них 94 (средний возраст $44 \pm 14,7$ года) проходили стационарное или амбулаторное обследование и лечение по поводу хронических диффузных заболеваний печени, а 25 (средний возраст $54 \pm 16,3$ лет) имели различные очаговые поражения органа. Диагноз всем больным был поставлен на базе серологических и вирусологических исследований, а также (в 60% случаев) на основании морфологического исследования гепатобиоптатов.

Контрольную группу составили 20 практически здоровых добровольцев из числа курсантов Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, а также 10 пациентов, проходивших обследование и лечение на кафедре рентгенологии и радиологии ВМА по поводу заболеваний других органов и систем (средний возраст $24 \pm 7,2$ года). В этой группе у обследуемых не было выявлено клинических, лабораторных или лучевых признаков, а также анамнестических данных о наличии каких-либо заболеваний печени. Распределение пациентов в зависимости от характера выявленной патологии представлено в таблице 1.

Магнитно-резонансное обследование включало в себя выполнение традиционной МРТ живота и проведение фосфорной МРС печени (^{31}P -МРС). Для получения более объективной информации, а также в целях изучения повторяемости полученных результатов и достижения наилучшего соотношения сигнал/шум, спектроскопическое исследование каждого человека проводилось несколько раз подряд (от двух до пяти раз).

Сканирование выполняли на высокопольном магнитно-резонансном томографе «Magnetom Symphony» (Siemens) с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл. Всем обследуемым рекомендовали воз-

держаться от приема пищи как минимум в течение трех часов до исследования. МРС проводили с применением поверхностной радиочастотной катушки для ^{31}P -МРС (протокол обследования Heart/Liver). Особое внимание уделяли позиционированию пациента и локализации спектроскопической матрицы.

При отработке методики (исследования на фантомах, а также анализ результатов контрольной группы) были определены оптимальные параметры сканирования: TR – 400 мс, TE – 2,3 мс, FA – 90° , FOV – $280 \times 280 \times 40$ мм, матрица 8×8 вокселей, размер одного вокселя 49 см^3 ($35 \times 35 \times 40$ мм), количество усреднений – 24 раза, WALT-4 развязка со стандартной частотой ^1H импульсов. Длительность протокола при данных условиях составила 5 мин 6 с.

Постпроцессорную обработку проводили с помощью программного обеспечения (Spectroscopy Application на базе оболочки Syngo 2002B), установленного производителем томографа. Применяли стандартный протокол обработки информации liver_csi_poe. Полученная информация представлялась в виде МР-спектра, для математической обработки которого программным обеспечением в автоматическом режиме строилась кривая теоретического спектра. Если кривая была построена неверно, проводили ее ручную коррекцию в интерактивном режиме путем редактирования отдельных пиков.

Коррекцию базовой линии полученного спектра производили с помощью обсчета «сырых данных» основной базисной линии, после чего получали идентифицированный спектр с характеристиками положения и интегрального исчисления относительных единиц пиков метаболитов: креатинфосфата (КФ), фосфодиэфира (ФДЭ), неорганического фосфата (Фн), фосфомоноэфира (ФМЭ), а также трех фракций аденозинтрифосфорной кислоты (α -, β -, γ -АТФ). Краткие сведения об этих метаболитах представлены в таблице 2.

Аналізу подвергались как абсолютные интегральные значения пиков данных химических веществ, так и соотношение их между собой. Кроме того, нами была предложена методика расчета относительных долей каждого из семи изучаемых метаболитов в общем количестве фосфорсодержащих соединений.

Перед началом анализа эмпирические распределения переменных были испытаны на согласие с законом нормального распределения по критерию Колмогорова – Смирнова [8]. Для всех полученных соотношений гипотеза о соответствии эмпирического распределения теоретическому закону нормального распределения была отклонена ($p < 0,05$). В связи с этим для адекватного описания случайных величин были использованы медиана и интерквартильный размах, которые лучше описывают распределение случайных величин в подобных случаях, чем среднее арифметическое значение и среднеквадратичное отклонение. Оценка значимости различия показателей производилась при помощи непараметрического критерия U-критерия Манна – Уитни [8].

Таблица 1

Распределение пациентов в зависимости от характера имеющейся патологии печени

Нозологическая форма	Количество больных	
	Абс.	%
Хронический вирусный гепатит	43	28,9
Цирроз печени	31	20,8
Жировая дистрофия печени	20	13,4
Метастазы в печень колоректального рака	10	6,7
Гепатоцеллюлярный рак	5	3,4
Кисты печени	5	3,4
Гемангиомы печени	5	3,4
Контрольная группа	30	20,1
Всего	149	100

Таблица 2

Краткие сведения об основных ³¹P-MRS метаболитах

Метаболит	Химический сдвиг	Комментарий
АТФ	2,7 – γ-АТФ 7,8 – α-АТФ 16,5 – β-АТФ	АТФ является наиболее важным энергоносителем во всех живых системах
КФ	0	КФ одна из важнейших энергоаккумулирующих молекул преимущественно в мышечной ткани. Быстро превращает высокоэнергетическую фосфатную группу в АДФ. Нулевая точка спектра. В норме в печени не присутствует.
ФМЭ	6–2, переменная	Мультикомпонентный пик, преимущественно содержится в клеточных мембранах. Увеличение ФМЭ часто наблюдаются в опухолях.
ФДЭ	2–0, переменная	Мультикомпонентный пик, содержит сигналы от глицерофосфорилхолина и глицерофосфорилэтаноламина, промежуточных продуктов распада фосфолипидных мембран
Фн	5–0, зависит от pH	В организме человека существует в двух формах H ₂ PO ₄ ⁻ и HPO ₄ ²⁻ , формирующих один общий pH-зависимый пик, химическое смещение которого определяется значением pH, благодаря чему может использоваться для неинвазивного определения pH

Результаты и их обсуждение. Установлено, что наиболее значимыми изменениями у пациентов с хроническими гепатитами по сравнению с обследуемыми в контрольной группе стали: снижение доли ФДЭ и увеличение доли γ-АТФ относительно общего количества фосфорсодержащих метаболитов (p<0,0005 и p<0,005 соответственно), а также уменьшение соотношения ФДЭ к β-АТФ (p<0,005) и Фн к γ-АТФ (p<0,001), таблица 3.

Снижение относительной доли ФДЭ можно объяснить процессами фиброза, происходящими в паренхиме печени, которые сопровождаются снижением количества эндоплазматического ретикулаума, сигнал от которого участвует в образовании пика ФДЭ. Повышение же доли γ-АТФ требует более осторожной трактовки, поскольку достоверных различий в содержании двух других (β- и γ-) фосфатных групп АТФ выявлено не было. Вероятно, данные изменения обусловлены увеличением количества АДФ, сигнал от которых накладывается на пик γ-АТФ.

Статистически достоверные различия между подгруппами пациентов с гепатитом В и С состояли в следующем: снижение относительной доли ФДЭ (p<0,05) и увеличение доли ФМЭ (p<0,02) в общем количестве фосфорсодержащих соединений, а также увеличение соотношения ФМЭ/ФДЭ (p<0,02) и снижение ФДЭ/β-

АТФ (p<0,04) у пациентов с хроническим вирусным гепатитом С по сравнению с больными с хроническим вирусным гепатитом В.

Так как пик ФМЭ включает в себя сигналы от промежуточных метаболитов на пути синтеза фосфолипидных мембран, увеличение данного показателя отражает процессы клеточного деления, которые при гепатите С, вероятно, происходят более интенсивно, чем при гепатите В. Пик же ФДЭ, помимо сигнала от эндоплазматического ретикулаума, образован продуктами распада клеточных мембран, и его снижение отражает или усиление фиброзных изменений в паренхиме печени или замедление процессов разрушения фосфолипидных мембран.

Практически по всем изучаемым показателям (кроме доли γ-АТФ в общем количестве фосфорсодержащих метаболитов и соотношения ФДЭ к Фн) между больными циррозом печени и лицами контрольной группы были выявлены достоверные (p<0,05) различия, таблица 4. Вероятно, это связано с тем, что изменения, происходящие при циррозе, затрагивают все обменные процессы, протекающие в организме, что отражается как на фосфолипидном, так и на энергетическом обмене. При этом характер выявленных изменений напоминал результаты у больных с хроническим вирусным гепатитом. Однако по сравнению с ними

Таблица 3

Изменения показателей ³¹P-MRS у пациентов с хроническими вирусными гепатитами и лицами контрольной группы, Me (25 и 75%)

Показатель	Контрольная группа	Хронический вирусный гепатит В	Хронический вирусный гепатит С
Доля ФДЭ	0,34 (0,32; 0,37)	0,34 (0,29; 0,36)	0,28 (0,25; 0,32)
Доля ФМЭ	0,08 (0,06; 0,11)	0,06 (0,04; 0,09)	0,1 (0,09; 0,12)
ФДЭ/β-АТФ	2,79 (2,42; 2,95)	2,58 (2,24; 3,31)	2,15 (1,73; 2,4)
ФМЭ/ФДЭ	0,26 (0,20; 0,34)	0,18 (0,12; 0,31)	0,39 (0,31; 0,46)

определялось более выраженное увеличение относительной доли ФМЭ ($p < 0,0001$) и снижение доли ФДЭ ($p < 0,0005$) в общем количестве фосфорсодержащих соединений, а также вытекающие отсюда изменения соотношений метаболитов, в формировании которых данные показатели принимали участие: ФДЭ и ФМЭ к α -, β - и γ -АТФ, ФМЭ/ФДЭ и ФМЭ/Фн.

Изменения, выявленные при обследовании пациентов с жировой дегенерацией печени, носили совсем другой характер. Установлено, что доля ФДЭ в общем количестве фосфорсодержащих метаболитов у больных с жировым гепатозом была достоверно выше ($p < 0,05$), чем у лиц контрольной группы и остальных обследованных пациентов. Доля же ФМЭ была, напротив, наиболее низкой ($p < 0,05$) среди обследуемых всех групп (табл. 5).

Данные изменения, вероятно, можно объяснить тем, что одним из механизмов формирования жирового гепатоза печени является распад фосфолипидных мембран клеток, а продукты этого распада – липиды, они-то и откладываются в паренхиме печени. При этом отсутствие цитолиза у данных больных, по всей видимости, связано с тем, что разрушаются преимущественно внутриклеточные мембраны, а не сами клетки, поэтому антигенный материал не попадает в перичеллюлярное пространство, а значит и не распознается антиген-представляющими клетками (макрофаги и т.п.). В результате механизмы воспалительного процесса не запускаются. Поэтому часто при гистологическом исследовании гепатобиоптатов пациентов с жировой дегенерацией печени признаки воспаления не выявляются. По этой же причине не запускаются процессы регенерации и доля ФМЭ оказывается достаточно низкой.

Поскольку особый интерес представляла задача выявления внутренних закономерностей, позволяющих по данным ^{31}P -МРС печени отнести пациента к группе с тем или иным заболеванием, была построена

математическая модель дифференциальной диагностики хронических диффузных заболеваний печени. Модель содержала 4 переменных: долю ФМЭ, РСг и γ -АТФ в общем количестве фосфорсодержащих метаболитов, а также соотношение ФДЭ/Фн.

При условии равной априорной вероятности принадлежности пациента к рассматриваемым группам получены следующие линейные классификационные дискриминантные функции:

$$F1 = -29,53 + 361,68 \times GATP + 66,23 \times PME + 173,14 \times PCR + 0,79 \times PDE / PI,$$

$$F2 = -38,75 + 325,32 \times GATP + 146,39 \times PME + 203,89 \times PCR + 0,87 \times PDE / PI,$$

$$F3 = -27,43 + 345,40 \times GATP + 31,50 \times PME + 132,34 \times PCR + 1,17 \times PDE / PI,$$

$$F4 = -20,60 + 301,00 \times GATP + 58,76 \times PME + 120,13 \times PCR + 0,73 \times PDE / PI,$$

где – доля γ -АТФ в общем количестве фосфорсодержащих метаболитов; *PME* – доля ФМЭ в общем количестве фосфорсодержащих метаболитов; *PCR* – доля КФ в общем количестве фосфорсодержащих метаболитов; *PDE/PI* – соотношение ФМЭ/Фн.

Первая классификационная дискриминантная функция соответствует группе больных с диагнозом гепатит, вторая – с диагнозом цирроз, третья – гепатоз, четвертая функция – соответствует контрольной группе (норма). Полученная модель информативна и статистически достоверна (критерий $F=13,7$; $p < 0,0001$).

Для практического применения полученной дискриминантной модели используется расчет значений данных классификационных функций по результатам

Таблица 4

Изменения показателей ^{31}P -МРС у пациентов с циррозом печени, больных хроническими вирусными гепатитами и лицами контрольной группы, Ме (25% и 75%)

Показатель	Контрольная группа	Хронический вирусный гепатит В	Хронический вирусный гепатит С
Доля ФДЭ	0,33 (0,32; 0,37)	0,29 (0,26; 0,33)	0,20 (0,16; 0,29)
Доля ФМЭ	0,08 (0,06; 0,11)	0,096 (0,08; 0,11)	0,15 (0,13; 0,20)
ФМЭ/ФДЭ	0,26 (0,20; 0,34)	0,32 (0,20; 0,43)	0,67 (0,49; 1,3)

Таблица 5

Изменения показателей ^{31}P -МРС у пациентов с циррозом печени и лиц контрольной группы, Ме (25% и 75%)

Показатель	Контрольная группа	Хронический вирусный гепатит В	Хронический вирусный гепатит С
Доля ФДЭ	0,33 (0,32; 0,37)	0,20 (0,16; 0,29)	0,42 (0,39; 0,44)
Доля ФМЭ	0,08 (0,06; 0,11)	0,15 (0,13; 0,20)	0,06 (0,04; 0,07)
ФДЭ/Фн	7,19 (6,03; 7,97)	5,99 (3,88; 8,02)	11,7 (9,46; 21,2)

обследования пациента. Функция, значение которой оказывается больше других, указывает на группу, вероятность принадлежности пациента к которой выше.

Самым информативным для дифференциальной диагностики инциденталом в полученной дискриминантной модели оказалась доля ФМЭ в общем количестве фосфорсодержащих метаболитов, на втором месте – доля КФ, третьем – соотношение ФДЭ/Фн ($p < 0,005$). Данные переменные имеют наибольшие отношения межгрупповой и внутригрупповой дисперсий.

Общая чувствительность полученной модели для всех видов патологии, то есть способность отличить патологию от нормы без уточнения вида патологии, составила – 91%, а диагностическая эффективность с учетом дифференцировки патологии – 77,8%. Ограниченную чувствительность построенной модели в определении характера патологических изменений можно объяснить следующими основными трудностями и ограничениями метода:

1. Напряженность магнитного поля в 1,5 Тл не достаточна для разрешения большинства получаемых пиков (ФМЭ, ФДЭ, КФ, α - и γ -АТФ). Поэтому, оценивая данные пики, нельзя уверенно говорить об изменении концентрации того или иного конкретного химического соединения.

2. Относительная чувствительность ядра фосфора для проведения спектроскопических исследований составляет лишь 6,6% от чувствительности ядра водорода.

3. Исследование происходит при свободном дыхании пациента, поэтому изучаемый объект находится в постоянном движении, что не может не сказываться на качестве получаемых спектров. Проведение же сканирования с синхронизацией по дыханию увеличивает продолжительность обследования настолько, что все преимущества от ее применения полностью нивелируются.

4. Характер приемной радиочастотной катушки позволяет оценивать лишь состояние поверхностно расположенных тканей, а находящиеся рядом мышечные структуры могут существенно исказить МР-спектр.

Очевидные преимущества методики:

1. Безвредность и неинвазивность процедуры.

2. Получаемая информация отражает процессы, происходящие в паренхиме печени на биохимическом уровне (видны метаболические сдвиги, лежащие в основе будущих морфологических изменений).

3. При оценке полученной информации отсутствует субъективный фактор, что значительно снижает операторозависимость методики и позволяет автоматизировать процесс принятия решения.

Диагностика очаговых поражений печени при проведении фосфорной магнитно-резонансной спектроскопии осложнялась в ходе нашей работы целым рядом существенных факторов. Характер данных поражений требовал дополнительных усилий по локализации пациента и катушки, так как в этих случаях необходимо было добиться совпадения не только

изоцентра магнита и зоны максимальной чувствительности катушки, но и области самого изучаемого очага. Подобные условия не всегда были достижимы. В нескольких случаях опухолевые узлы были множественными или располагались достаточно глубоко от поверхности тела, что при использовании поверхностной радиочастотной катушки оказывалось неприемлемым (слишком низкое соотношение сигнал/шум). Не удалось качественно провести обследование образований, расположенных слишком поверхностно, так как сигнал от мышц передней брюшной стенки и диафрагмы критически искажал МР-спектр. Слишком мелкий размер патологических очагов оказывался непреодолимым препятствием, так как возможности пространственной локализации методики имеют свои пределы. В результате качественные МР-спектры удалось получить только от 5 метастатических очагов поражения печени, 3 гемангиом, 2 кист и 1 гепатоцеллюлярной карциномы. Малое количество полученных данных не позволило осуществить серьезный статистический анализ собранной информации, однако ряд выявленных изменений заслуживает внимания.

Так, не было выявлено изменения спектра печени по фосфору в кистах и гемангиомах, а спектры гепатоцеллюлярной карциномы и различных метастатических очагов поражения были схожи. В целом, основные изменения МР-спектра при опухолевых поражениях печени были связаны с тем, что при онкологических заболеваниях развитие неопластических процессов сопровождается резким усилением синтеза фосфолипидных мембран, поэтому относительная доля ФМЭ у таких пациентов значительно увеличивалась. Данные изменения напоминали таковые при циррозе печени, однако носили более выраженный характер. Нередко повышение содержания фосфомоноэфиров определялось не только непосредственно в самом опухолевом узле, но и практически во всей ткани печени. Вероятно, данные изменения метаболизма связаны с тем, что при онкологических заболеваниях происходит комплексная перестройка процессов энергетического обмена в организме человека. Одним из основных проявлений данной перестройки является распад белков и ускорение расщепления глюкозы. В ответ на данные изменения организм отвечает усилением процессов глюконеогенеза (происходящих прежде всего в печени), что сопровождается увеличением содержания соответствующих промежуточных продуктов, таких как глюкозо-6-фосфат и т.п., которые участвуют в создании пика ФМЭ на МР-спектре.

Рассмотренная методика спектроскопического обследования позволяет неинвазивно и прижизненно получить ценную дополнительную информацию о биохимических процессах, происходящих в печени на клеточном уровне. Особенно полезной она оказывается в диагностике состояний, когда морфологические изменения только начинают формироваться и при традиционной МРТ еще не определяются. Ряд технических ограничений снижают эффективность спектроскопии в диагностике очаговых образований

печени, однако при диффузном поражении органа достоинства ее становятся очевидны. Так, возможности количественного анализа и построенная нами математическая модель дифференциальной диагностики хронических диффузных заболеваний печени позволяет неинвазивно за относительно короткий промежуток времени с общей чувствительностью 91% диагностировать наличие патологических изменений печени, а также с вероятностью около 80% высказаться об их характере.

Заключение. МРС печени по фосфору является уникальной методикой, позволяющей неинвазивно определить биохимический состав исследуемых тканей. Количественный анализ существенно снижает уровень субъективности при принятии решения о характере патологических изменений в печени. Дополнив результатами спектроскопии данные традиционного магнитно-резонансного обследования, можно перейти от оценки лишь морфологических изменений к комплексному анализу состояния органа, что выводит МР-исследование на качественно новый уровень.

Литература

1. Жданов, К.В. Латентные формы вирусных гепатитов В и С у лиц молодого возраста: дис. ... д-ра мед. наук / К.В. Жданов. – СПб, 2000. – 327 с.
2. Ивашкин, В.Т. Гастроэнтерология нового века: проблемы диагностики / В.Т. Ивашкин, О.А. Буверов, Т.Л. Лапина // Терапевт. арх. – 2001. – Т. 73, № 8. – С. 33–36.
3. Кармазановский, Г.Г. Спиральная компьютерная томография в хирургической гепатологии / Г.Г. Кармазановский, В.Д. Федоров, И.В. Шипулева. – М.: Рус. врач, 2000. – 152 с.
4. Мизандари, М. Комплексная лучевая диагностика диффузной патологии печени (жировой гепатоз, хронический гепатит, цирроз) / М. Мизандари [и др.] // Мед. визуализация. – 2002. – № 1. – С. 60–66.
5. Подымова, С.Д. Болезни печени: рук. для врачей. – 3-е изд., перераб. и доп. / С.Д. Подымова. – М.: Медицина, 1998. – 704 с.
6. Трансплантология: руководство / под ред. В. И. Шумакова. – М.: Медицина, 1995. – 391 с.
7. Шерлок, Ш. Заболевания печени и желчных путей / Ш. Шерлок, Дж. Дули // Практич. рук.: пер. с нем. / под ред. З.Г. Апросиной, Н.А. Мухина. – М.: Гэотар Медицина, 1999. – 864 с.
8. Юнкеров, В.И. Основы математико-статистического моделирования и применения вычислительной техники в научных исследованиях: лекции для адъюнктов и аспирантов / В.И. Юнкеров. – СПб., 2000. – 140 с.
9. Imaging in hepatobiliary and pancreatic diseases. A practical clinical approach / Ed. by D.J. Van Leeuwen [et al.] – New York etc.: Harcourt publishers Ltd, 2000. – 525 p.
10. Lim, A.K.P. The relationship of in vivo ³¹P MR spectroscopy to histology in chronic hepatitis C / A.K.P. Lim, Rd. Du Cane, N. Patel // Hepatology. – 2003. – Vol. 37, № 4. – P. 788–794.
11. Magnetic resonance imaging in liver disease / Ed. by T.J. Vogl [et al.]. – Stuttgart; New York: Georg thieme verlag, 2003. – 260 p.
12. Taylor-Robinson, S.D. In vivo and in vitro hepatic ³¹P magnetic resonance spectroscopy and electron microscopy of the cirrhotic liver / S.D. Taylor-Robinson [et al.] // Liver. – 1997. – Vol. 17, № 4. – P. 198–209.

S.S. Bagnenko, G.E. Trufanov

Phosphorus magnetic resonance spectroscopy in diagnosis of liver diseases

Abstract. In our study 149 people with different liver pathology and without it were examined using high field magnetic resonance system (1,5 T). During this investigation quantitative magnetic resonance imaging analysis of ³¹P-magnetic resonance spectroscopy data were performed. In patients with chronic hepatitis the most significant factors were decreasing of phosphodiether and increasing of γ -adenosinriphosphate, decreasing of phosphodiether / β -adenosinriphosphate and non-organic phosphorus/ γ -adenosinriphosphate ratios. In patients with cirrhosis the changes resembled the hepatitis ones but phosphomonoether part was higher and posphodiether part was lower. In steatosis posphodiether part was higher and phosphomonoether part was lowest compared with all other groups. It was shown that Phosphorus – magnetic resonance spectroscopy can noninvasively demonstrate biochemical changes in patients with different liver diseases and help us to make right diagnosis. Method is the most useful under conditions when conventional magnetic resonance imaging is not able to determine morphological changes because of their early stage.

Key words: liver, magnetic resonance imaging, ³¹P-magnetic resonance spectroscopy, focal liver lesions, diffuse liver diseases, hepatocellular carcinoma, metastatic liver lesions, hepatic hemangioma, hepatic cyst, hepatic cirrhosis, hepatitis, fatty liver.

Контактный телефон: 8 (812) 292-33-47; e-mail: bagnenko_ss@mail.ru, rentgenvma@mail.ru