

Показания МРТ в неврологии

Визуальная диагностика с помощью магнитной резонансной томографии (МРТ) крайне необходима в неврологии. МРТ позволяет выявить трудновизуализируемые изменения: воспаления, дегенеративные или сосудистые нарушения.

Н. Гранжер

С 1980 годов, когда метод МРТ впервые начал применяться для визуализации нарушений в центральной нервной системе (ЦНС) у человека (R.S. Hawkes, G.N. Holland, W.S. Moore et coll., 1980; F.H. Doyle, J.C. Gore, J.M. Pennock et coll., 1980), развитие визуальной диагностики методом магнитно-резонансной томографии (МРТ) в области центральной нервной системы (ЦНС) привело к разработке четких стандартов. Во Франции МРТ-диагностика домашних животных используется в течение двух лет. Польза от применения этого метода обусловлена тем, что визуализация, получаемая при МРТ, дает больше информации, чем компьютерная томоденситометрия (КТ), что позволяет уточнить данные. С другой стороны, МРТ позволяет выявить поражения, которые на КТ вообще не визуализируются.

В первой части статьи будут представлены основные положения, необходимые для понимания и применения МРТ в неврологии. Затем мы ознакомимся с показаниями к применению МРТ для диагностики основных неврологических синдромов, встречающихся у собак и кошек.

МРТ в неврологии

Отправной точкой в постановке диагноза является клиническое обследование, которое позволяет локализовать поражение ЦНС. С помощью МРТ подтверждают анатомическую локализацию, уточняют природу и распространение повреждений.

1. Принципы работы МРТ

Работа МРТ основывается на регистрации отклика протонов водорода (изменяется один из параметров – спин) на возбуждение их электромагнитными

волнами, распространяющегося через биологические ткани. Это принципиально отличает МРТ от рентгенаппарата и КТ, действие которых основано на ослаблении рентгеновских лучей, проходящих через материю (L. Causinile, 1996; Y. Ruel, J. Besso, 2004).

Каждый протон тканей организма можно представить в виде намагниченной иглы компаса. Когда обследуемый орган помещен в магнитное поле, все свободные протоны, чтобы достичь равновесия, ориентируются по оси этого магнитного поля. Чтобы получить визуальное изображение, применяют второе магнитное поле (возбуждение), которое дает возможность вывести протоны из равновесного состояния. При остановке возбуждения возвращение протонов в их изначальную равновесную позицию (релаксацию) генерирует магнитное поле, которое регистрируется магнитно-резонансным томографом.

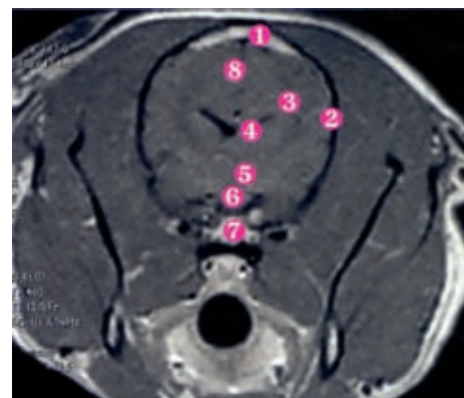


Фото 1а. Поперечный срез на МРТ в модальности T1 передней ямки головного мозга здоровой собаки: 1 – лобная кость (спонгиозная); 2 – кортикальный слой лобной кости; 3 – кора головного мозга; 4 – латеральный желудочек; 5 – третий желудочек; 6 – гипофиз; 7 – основание клиновидной кости; 8 – ямка головного мозга.

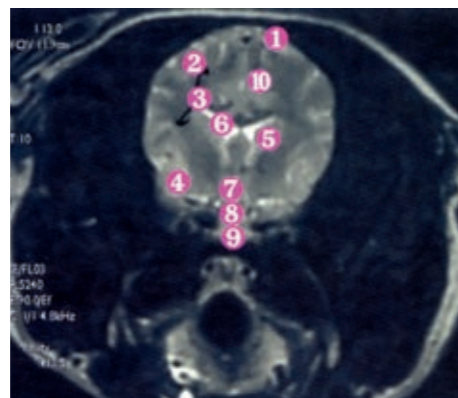


Фото 1б. Поперечный срез на МРТ в модальности T2 передней ямки головного мозга здоровой собаки: 1 – лобная кость; 2 – corona radiata (белая субстанция); 3 – внутренняя капсула; 4 – грушевидная доля; 5 – хвостатое ядро; 6 – латеральный желудочек; 7 – третий желудочек; 8 – гипофиз; 9 – основание клиновидной кости; 10 – ямка головного мозга.

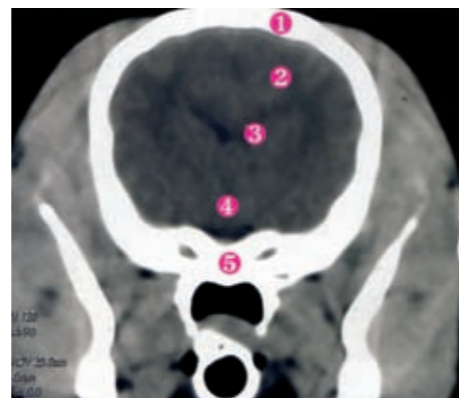


Фото 1в. Поперечный срез на КТ (сканере) передней ямки головного мозга здоровой собаки: 1 – лобная кость; 2 – кора головного мозга; 3 – латеральный желудочек; 4 – третий желудочек; 5 – основание клиновидной кости.

Интенсивность сигнала зависит от количества протонов в среде, ее биохимического состава и момента регистрации сигнала. Следовательно, качество визуализации на МРТ не зависит от плотности ткани (например, костной), так как в этой среде, то есть в кости, сигнал не образуется, потому что протоны в этой ткани пребывают в связанном состоянии.

2. Принципы интерпретации

При выборе момента регистрации сигнала визуальное изображение может быть представлено в модальности (качестве) T1 или T2 (см. рисунок). В модальности T1 ткань, обогащенная водой, (например, спинномозговая жидкость – СМЖ) проявляется выраженным черным цветом (фото 1а). В модальности T2 более выраженная степень обогащения тканей водой проявляется более светлым фоном (например, СМЖ будет белой) (фото 1б).

Серое вещество мозга, которое содержит много воды, в модальности T1 выглядит чернее, а в T2 – белее, чем белое вещество коры головного мозга. Эти два способа комплементарны, и ни один из них не проявляет негативных свойств по отношению друг к другу. Исследование повреждений с помощью МРТ облегчается внутривенной инъекцией контрастного парамагнитного вещества (гадолиний), которое распределяется в интерстициальной ткани: нарушение с повышенной васкуляризацией проявляется гиперсигналом в исследуемом участке при модальности T1.

3. Место МРТ в визуализации нервной системы

МРТ – это метод визуального исследования нервной системы, являющийся более чувствительным, чем КТ (фото 1в), потому что он позволяет достичь значительно большего разрешения при контрастировании тканей (табл. 1 и 2).

Более четкое разделение тканей при визуализации позволяет добиться более специфической картины для каждого конкретного повреждения ткани (M.T. Troxel, C.H. Vite, 2004). Мультиплановое исследование в МРТ (поперечный, сагиттальный [фото 2], и дорсальный [фото 3] срезы) позволяет уточнить топографию повреждений (границы, природа, взаимосвязь с вентрикулярной системой).

Появление аномалии – сигнала на МРТ, связанного с анатомической локализацией, может быть патогномичным признаком некоторых заболеваний (например, недостаточность тиамина).

4. Ограничения, риски и противопоказания для МРТ

МРТ – это дорогостоящий и малодоступный метод исследования. Аппараты, в настоящее время используемые в ветеринарной медицине во Франции, имеют слабое поле (0,2–0,3 Тл). Это ограничивает разрешающую способность и контрастирование при исследовании нервной системы животных малого размера.

Следует заметить, что магнитное поле до 4,5 Тл не вызывает риска нарушения как на биохимическом, так и генетическом уровнях. Абсолютные противопоказания в ветеринарной медицине редки, потому что искусственные водители ритма и имплантаты для сосудов и головного мозга не разработаны. Инородные металлические тела (например, глазное яблоко) могут быть извлечены. Присутствие металла вблизи исследуемого участка приведет к наличию артефактов за счет локального изменения магнитного поля. Это неудобство часто возникает на уровне позвоночного столба (электронный чип, не повреждающийся магнитным полем, металлический протез). Следовательно, противопоказания, как правило, относительные.

МРТ – это длительный метод исследования (час или полтора часа), который следует проводить под общей ане-

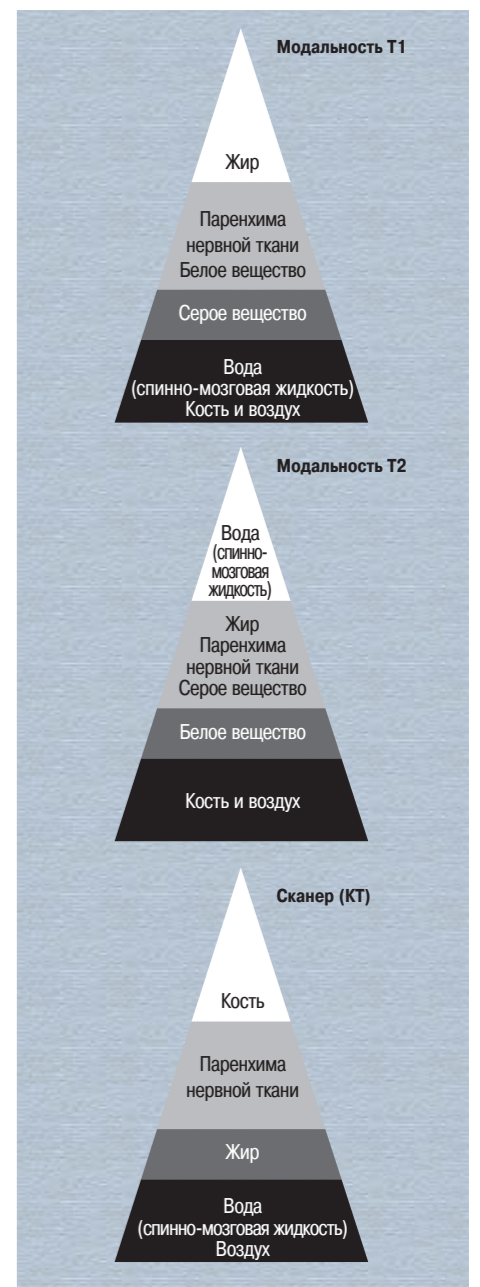


Рисунок. Признаки тканей в модальностях T1 и T2 в сравнении со сканером

ТАБЛИЦА 1

Сравнительная оценка миелографии, сканера и МРТ позвоночного столба.

	Миелография	Сканер	МРТ
Локализация повреждений	+++	+	+++
Экстрадуральные экстрадуральные нарушения	++	++	+++
Экстрадуральные интрадуральные нарушения	++	++	+++
Интрадуральные нарушения	0/+	0/+	+++
Поражение межпозвоночного диска	++	++	+++
Повреждение позвонка	++	+++	+
Повреждение конского хвоста	0/+	++	+++
Динамическое нарушение	+++	++	0

Примечание: + низкая оценка; ++ высокая оценка; +++ очень высокая оценка.

ТАБЛИЦА 2

Сравнительная оценка сканера и МРТ при анализе черепной коробки.

	Сканер	МРТ	Примечания
Кора	++	+++	МРТ: дифференциация белого и серого вещества. Повреждения в форме демиелинизации или ишемии.
Дизцефальная область	++	+++	МРТ: сагиттальный срез на уровне гипофиза.
Ствол головного мозга и черепно-мозговые нервы	+	+++	МРТ: отсутствие артефактов, вызываемых костью, визуализация точки выхода черепно-мозговых нервов.
Мозжечок	+	+++	МРТ: отсутствие артефактов, вызываемых костью, значимость сагиттальных срезов.
Периферический вестибулярный аппарат	+ / ++	+++	МРТ: визуализация мешочка и стремечка и эндолимфы. Сканер: визуализация кости.
Черепная коробка	+++	+	Сканер: визуализация кости. Переломы, окципитальная дисплазия.
Барабанный пузырь	++	++	МРТ: визуализация содержимого. Сканер: визуализация кости.

Примечание: + минимальная оценка; ++ высокая оценка; +++ очень высокая оценка.

стезией. В связи с этим животное при проведении МРТ должно находиться под контролем.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА И ЧЕРЕПНОЙ КОРОБКИ

1. Исследование конвульсивных кризов

Множественные нарушения (неоплазия, воспаление, сосудистые нарушения и т.д.) в передней ямке головного мозга являются причиной конвульсивных кризов. Визуальная диагностика головного мозга необходима, но недостаточна, чтобы определить природу этих заболеваний. Однако часто к исследованиям такого рода есть показания, например при нарушении метаболизма. КТ и МРТ в связи с их разными техническими характеристиками имеют различные показания, в зависимости от предполагаемого характера нарушений.

Обнаружено, что МРТ имеет прекрасную чувствительность при диагностике опухолей глии у брахицефальных пород собак, визуальная картина которых на КТ может быть нормальной (фото 4а и 4б) (M.T. Troxel, C.H. Vite, 2004; D. Douon, E.A. Cabanis, M.T. Iba-Zizen et coll., 2004). В целом опухоли мозга дают гипосигнал в модальности T1 и гиперсигнал в модальности T2 (D. Douon, E.A. Cabanis, M.T. Iba-Zizen et coll., 2004).

МРТ позволяет дифференцировать вторичные (отек, геморрагию, некроз) и первичные нарушения, а также помогает при оценке прогноза.

МРТ позволяет проводить более

точные описания воспалительных повреждений и выявлять очень маленькие гранулемы. При этом возможности КТ при диагностике некоторых энцефалитов (в основном гранулематозный менингоэнцефалит) ограничены, потому что для этой патологии не характерны изменения образований мозга и изменения плотности паренхимы (R.G. Lobetti, M.M.Vet, J. Pearson, 1996). Гранулемы воспалительной природы могут, однако, формировать картину, сходную с картиной опухоли, которая визуализируется как на МРТ, так и на КТ. В этом случае лишь биопсия с помощью стереотаксической рамки (системы, позволяющей одновременно определять положение повреждения в процессе визуального обследования и проводить биопсию с помощью иглы на втором этапе) дает возможность определить тканевую природу повреждения.



Фото 2. Сагиттальный срез на МРТ в модальности T2 головного мозга у здоровой собаки: 1 – лобная доля; 2 – височная доля; 3 – третий желудочек; 4 – межталамусная адгезия; 5 – мозжечок; 6 – ствол головного мозга; 7 – спинной мозг.

Повреждения сосудов (например, ишемическая энцефалопатия кошек) могут быть причиной конвульсивных кризов, и их диагностика требует применения МРТ в обязательном порядке. В рамках исследования конвульсивных кризов у собак и кошек только МРТ позволяет прийти к заключению об отсутствии структурных аномалий головного мозга и завершить тем самым постановку диагноза на эпилепсию идиопатической природы.

Следует обратить внимание на то, что помимо возникающего при эпилепсии давления МРТ позволяет выявить повреждения, являющиеся или нет следствием конвульсивных кризов (L.M. Mellena, P.D. Koblik, G.D. Kortz et coll., 1999).

Таким образом, магнитно-резонансное исследование рекомен-



Фото 3. Дорсальный срез на МРТ в модальности T2 головного мозга здоровой собаки: 1 – спираль решетчатой кости; 2 – обонятельная луковица; 3 – хвостатое ядро; 4 – таламус; 5 – внутренняя капсула; 6 – гиппокамп; 7 – червь мозжечка; 8 – полушарие головного мозга; 9 – кора головного мозга; 10 – третий желудочек.

дуется проводить при конвульсивных кризах у собак брахицефальных пород, у собак с предполагаемыми сосудистыми нарушениями и у всех кошек.

2. Исследование аномалий черепно-мозговых нервов

Ядра черепно-мозговых нервов располагаются в стволе головного мозга, и их корешки окружены плотным слоем костной ткани. В связи с таким анатомическим положением эти структуры плохо визуализируются на КТ. В случаях, когда клинические признаки указывают на поражение ствола головного мозга, МРТ является приоритетным методом исследования (фото 5а, 5б, 6а и 6б).

3. Исследование атаксий вестибулярной и церебральной природы

При вестибулярном периферическом синдроме МРТ позволяет провести точную оценку структур среднего и внутреннего уха и восьмой пары черепно-мозговых нервов (L.S. Garosi, R. Dennis, T. Schvarz, 2003). Жидкость, содержащаяся в мембранных лабиринтах (полукружные каналы и улитка), в модальности T2 визуализируется белым цветом и контрастирует со структурами костных лабиринтов, которые выделяются черным цветом. При хроническом внутреннем отите заполнение мембранных лабиринтов фиброзной тканью проявляется гипосигналом в модальности T2. При воспалении лабиринта или барабанного пузыря кон-

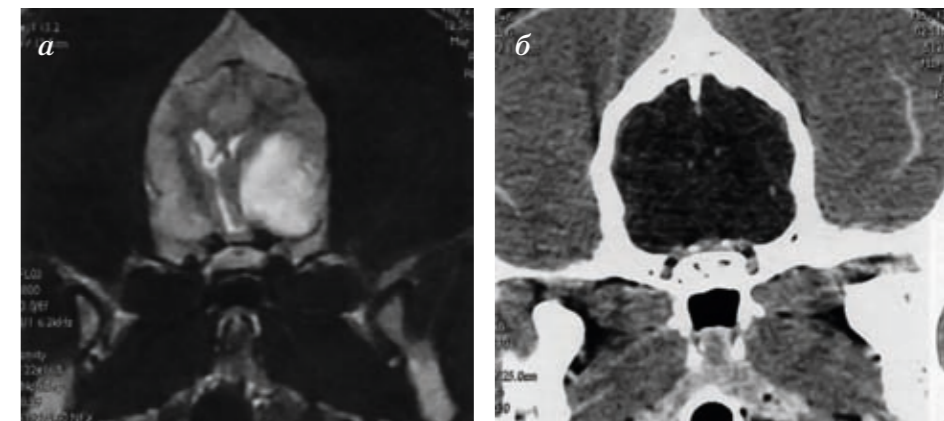


Фото 4а и 4б. Поперечные срезы на МРТ в модальности T2 (а) передней ямки головного мозга собаки в возрасте девяти лет, у которой персистирует объемная глиома, не диагностированная с помощью КТ (сканера) в том же участке четыре месяца назад (б).

трастирование наблюдают в модальности T1 (гиперсигнал) на уровне мембранного лабиринта или внутреннего контура барабанного пузыря соответственно. Оно вызвано повреждением гемато-перилимфатического барьера.

Клиническая картина периферического вестибулярного синдрома имеет центральную природу, которую с большей вероятностью можно выявить с помощью МРТ. КТ, наоборот, позволяет проводить точное морфологическое исследование костных структур среднего уха, а также внутреннего (каменистая часть височной кости), которые очень плохо визуализируются на МРТ. Таким образом, информация, поставляемая КТ и МРТ при периферическом вестибулярном синдроме, прекрасно дополняет друг друга. Утолщенные костные структуры, окружающие мозжечок, ограничивают исследование последне-

го с помощью КТ. Следовательно, как и в случае поражения черепно-мозговых нервов и ствола головного мозга, МРТ необходима для исследования паренхимы мозжечка (фото 7). Благодаря использованию МРТ в ветеринарной медицине становится возможным обнаружить и описать новые дегенеративные заболевания (N. Olbi, S. Blot, J.L. Thibaud et coll., 2004). Вестибулярный синдром ЦНС обследуется аналогично стволу головного мозга.

Таким образом, МРТ как визуальный метод диагностики назначают при атаксии вестибулярной или мозжечковой природы. В клинической практике, сталкиваясь с осложнениями на уровне наружного уха, для оценки распространения поражения достаточно использовать КТ.

4. Особый случай травм и повреждений сосудов

Травмы

При сохранении неврологической симптоматики в течение 24 часов после травмы черепа рекомендуется проведение КТ, потому что этот метод исследования более эффективен и требует кратковременной анестезии. Этот метод сканирования позволяет точно исследовать черепную коробку и выявить геморрагические нарушения (увеличение визуализируемой плотности с первого по восьмой день с момента травмы). Но сопутствующий отек на КТ в полной мере оценить не удастся. На МРТ, проводимом в течение первых 24 часов, гематома передает изосигнал из серо-



Фото 5а. Поперечный срез на МРТ в модальности T2 задней ямки головного мозга здоровой собаки: 1 – затылочная кость; 2 – сокола radiate (лучистый венец); 3 – внутренняя капсула; 4 – затылочная доля; 5 – червь мозжечка; 6 – полушарие мозжечка; 7 – язычок; 8 – продолговатый мозг; 9 – серп большого мозга; 10 – костный намет мозжечка.



Фото 5б. Поперечный срез на сканере (КТ) задней ямки головного мозга здоровой собаки: 1 – затылочная кость; 2 – затылочная доля; 3 – полушарие мозжечка; 4 – продолговатый мозг; 5 – костный намет мозжечка.

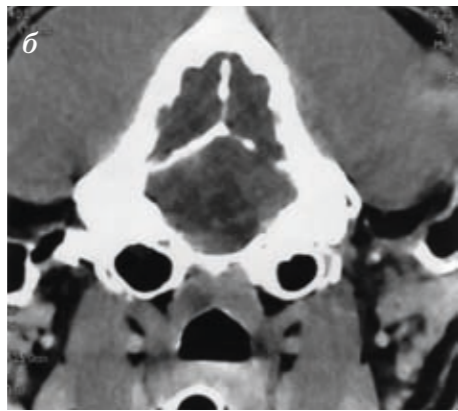
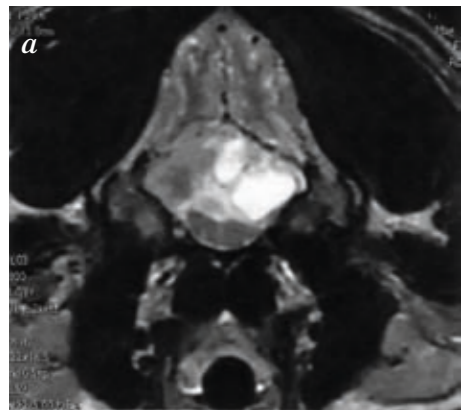


Фото 6а и 6б. Поперечный срез на МРТ в модальности T2 (а), который позволяет обнаружить опухоль глии мозжечка у собаки породы боксер в возрасте 10 лет. Эта опухоль на первом этапе не диагностировалась сканером (б): сканирование в поперечном срезе после введения йодированного контрастного вещества).

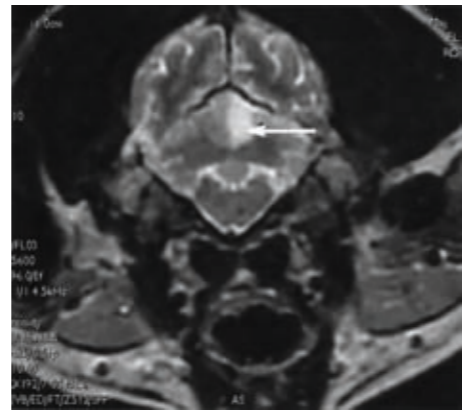


Фото 7. Поперечный срез на МРТ в модальности T2 у собаки породы кокер в возрасте 10 лет. Визуальное изображение нарушения васкуляризации, которая затрагивает правую часть червя мозжечка (стрелка).

го вещества в модальности T1, равно как и в модальности T2, в связи с тем, что оксигемоглобин является диамагнетиком (D. Doyon, E.A. Cabanis, M.T. Iba-Zizen et coll., 2004). Поэтому МРТ на этом этапе исследования имеет малое значение.

Кровоизлияния в ствол головного мозга

После острой фазы в связи с физическими свойствами железа, содержащегося в крови, оценку повреждений лучше характеризовать с помощью МРТ: оксигемоглобин (диамагнетик) становится парамагнетиком, превращаясь в дезоксигемоглобин, затем в метогемоглобин и гемосидерин (D. Doyon, E.A. Cabanis, M.T. Iba-Zizen et coll., 2004). Через сутки в модальности T2 гематома дает гипосигнал, в то время как периферический отек хорошо визуализируется в форме гиперсигнала. К концу первой недели появляется корона периферического гиперсигнала, визуализируемого в модальности T1, который развивается центростремительно и охватывает весь объем поражения за две или три недели.

Таким образом, МРТ обеспечивает визуализацию динамики кровоизлияний.

Артериальная ишемия

В течение первых суток ишемии МРТ в модальности T2 более чувствительна чем КТ, так как позволяет выявить нарушения у 80% пациентов (людей), против 60%, обследованных с помощью КТ (D. Doyon, E.A. Cabanis,

M.T. Iba-Zizen et coll., 2004). Внутриклеточный отек и цитотоксический эффект являются наиболее ранней манифестацией предынфарктного состояния пациента. Ишемия ведет к притоку воды в клетки и проявляется гиперсигналом белого и серого вещества головного мозга в модальности T2. Тканевой, или вазогенный, отек считают неспецифическим осложнением многих патологических процессов. Он возникает вследствие повреждения гематоэнцефалического барьера и пассажа белка во внеклеточные пространства паренхимы головного мозга. При возникновении артериальной ишемии отек появляется значительно позже в форме гипосигнала в модальности T1 и гиперсигнала в модальности T2 в белом веществе головного мозга. Ишемические нарушения часто обретают геометрический контур.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПИННОГО МОЗГА И ПОЗВОНОЧНОГО СТОЛБА

МРТ позвоночного столба широко используется в дифференциальной диагностике большинства поражений спинного мозга компрессионной и некомпрессионной природы. Она обеспечивает прекрасную визуализацию мягких тканей: спинного мозга и корешков нервов, спинномозговой жидкости (СМЖ), твердой оболочки, эпидурального жирового слоя, экстрамедуллярных связок, межпозвоночных дисков (фото 8а). В модальности T2 в сагиттальном срезе МРТ дает «миелографическую» картину

спинного мозга (фото 8б), потому что структуры мозга подчеркиваются с помощью естественного гиперсигнала, производимого спинномозговой жидкостью, без введения контрастного вещества. Костные повреждения (переломы позвонков) обычно лучше детализируются с помощью КТ, но до проведения такого рода исследования рекомендуется более точно локализовать повреждения клинически (Y. Ruel, J. Besso, 2004).

При наличии межпозвоночной грыжи МРТ позволяет одновременно исследовать межпозвоночные диски, их положение и направление их смещения по отношению к спинному мозгу (арахноидит, эпидуральная гематома, компрессия нервов спинного мозга, отек мозга или миеломалация) (D. Doyon, E.A. Cabanis, M.T. Iba-Zizen et coll., 2004; A.S. Tidvell, A. Specht, L. Blaeser et coll., 2002). Здоровые межпозвоночные диски характеризуются гиперсигналом в модальности T1 (фото 8а и 8б). Следовательно, межпозвоночные диски в состоянии дегенеративных изменений в зависимости от степени их дегидратации проявляются черными или очень серыми в модальности T2. Арахноидальные кисты отчасти идентифицируются с помощью миелографии, но МРТ несет дополнительную информацию: наличие сочетанного повреждения мозга, уточнение локализации и латерализации повреждений (показание к операции), сочетанной синингомиелии (K. Gnirs, Y. Ruel, S. Blot

et coll., 2003). Опухоли позвоночного столба могут иметь три локализации: экстрадуральную, интрадуральную и интрамедуллярную. МРТ дает возможность выявить повреждения и уточнить степень их распространения, что невозможно осуществить с помощью других методов визуальной диагностики (фото 9) (H. Kirpenes, P.R. Gavin, R.S. Radley et coll., 1999).

Наличие фиброзно-хрящевой эмболии редко выявляют с помощью миелографического исследования, в то

время как на МРТ последствия этих сосудистых (ишемических) повреждений в спинном мозге визуализируются в модальности T2, проявляясь в форме гиперсигнала (фото 10).

В заключение следует сказать, что МРТ, за исключением случаев динамических нарушений, является приоритетным методом исследования позвоночного столба, в частности при интрамедуллярных повреждениях (синингомиелии, опухоли, гранулемы).

МРТ необходим для применения его в ветеринарной неврологии, но это дорогостоящий метод, и он не в полной мере доступен. Хорошее знание показаний для проведения МРТ крайне важно, поскольку этот метод исследования в большинстве случаев достаточен для постановки диагноза. Применение аппаратов МРТ с сильным магнитным полем в ветеринарной медицине позволяет ограничить время исследования, уточнить некоторые нарушения с почти гистологической точностью и способствовать, таким образом, постановке диагноза и прогнозу заболеваний нервной системы у собак и кошек.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

— МРТ основывается на отклике протонов водорода биологических тканей на электромагнитный сигнал. Важно, что на визуализацию не влияет изменение плотности тканей, например костной.

— МРТ — это более точный метод визуального исследования нервной системы, чем КТ, потому что с помощью магнитно-резонансного томографа можно проводить морфологический анализ (в модальности T1) и за счет контрастирования (в модальности T2) тканей.

— МРТ — это длительный метод исследования (требуется один или полтора часа), который следует проводить под общей анестезией.

— При постановке диагноза на первичную (идиопатическую) эпилепсию только МРТ позволяет исключить структурные нарушения в головном мозге.

— МРТ является приоритетным методом исследования при наличии клинических признаков, указывающих на возможное повреждение ствола головного мозга.

— При наличии вестибулярного периферического синдрома МРТ позволяет провести точную оценку целостности структур среднего и внутреннего уха, а также VII и VIII пар черепно-мозговых нервов.

— МРТ позвоночного столба дает визуальную картину, чаще всего достаточную для дифференциальной диагностики поражений спинного мозга. +



Фото 8а. Сагиттальный срез на МРТ в модальности T1 шейного отдела спинного мозга у здоровой собаки: 1 — подкожный жир; 2 — жир вокруг вейной связки; 3 — кортикальный слой C3; 4 — спинной мозг; 5 — тело C4, спонгиозная часть кости; 6 — межпозвоночный диск C3 — C5; 7 — перимедуллярный жир.

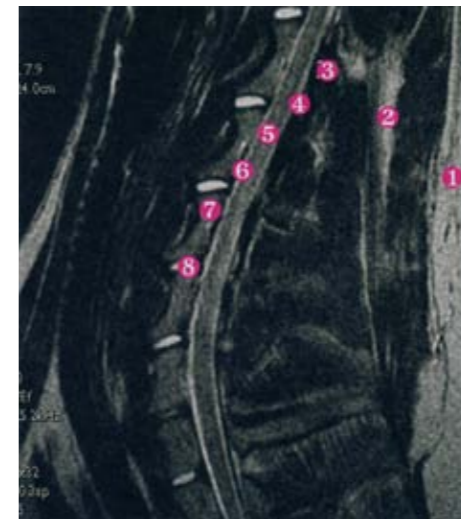


Фото 8б. Сагиттальный срез на МРТ в модальности T2 шейного отдела спинного мозга у здоровой собаки: 1 — подкожный жир; 2 — жир вокруг вейной связки; 3 — кортикальный слой C3; 4 — дорсальная колонна цереброспинального ликвора; 5 — спинной мозг; 6 — вентральная колонна цереброспинального ликвора; 7 — тело типичного шейного позвонка C5, спонгиозная кость; межпозвоночный диск C5 — C6.



Фото 9. Сагиттальный срез на МРТ в модальности T1, после инъекции гадолиния спинного мозга торако-люмбального отдела позвоночного столба у собаки венгерской легавой в возрасте двух лет. Визуализируется интрамедуллярная опухоль (белая стрелка). Ее гистоморфологический анализ соответствует нефробластоме.



Фото 10. Сагиттальный срез на МРТ в модальности T2 поясничного отдела позвоночного столба у немецкой овчарки в возрасте десяти лет. Отмечается вторичный отек с проявлением фиброзно-хрящевой эмболии (медуллярный гиперсигнал, в основном на уровне межпозвоночных пространств L3-L4 и L4-L5, белая стрелка).