

М.В. Кротенкова, В.В. Брюхов, С.Н. Морозова, И.А. Кротенкова

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ

В ДИАГНОСТИКЕ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ

РАССЕЯННОГО СКЛЕРОЗА

РУКОВОДСТВО ДЛЯ ВРАЧЕЙ



Москва
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений	5
Глава 1. Особенности МРТ-визуализации при рассеянном склерозе	7
1.1. Особенности сигнальных характеристик и локализации очагов демиелинизации в головном мозге при рассеянном склерозе	7
1.2. Другие особенности МРТ головного мозга при рассеянном склерозе	19
1.3. Особенности сигнальных характеристик и локализации очагов демиелинизации в спинном мозге при рассеянном склерозе	28
1.4. Другие особенности МРТ спинного мозга при рассеянном склерозе	32
1.5. МРТ с применением контрастного вещества при рассеянном склерозе	34
1.5.1. МРТ головного мозга с применением контрастного вещества при рассеянном склерозе	37
1.5.2. МРТ спинного мозга с применением контрастного вещества при рассеянном склерозе	43
Глава 2. МРТ-критерии диагностики рассеянного склероза	45
Глава 3. Протокол МРТ-исследования при рассеянном склерозе	56
3.1. Стандартизированный протокол МРТ-исследования головного мозга	56
3.2. Стандартизированный протокол МРТ-исследования спинного мозга	65
Глава 4. МРТ-картина редких (атипичных) форм рассеянного склероза	70
Глава 5. МРТ-картина других демиелинизирующих заболеваний	82
5.1. Оптикомиелит Девика	82
5.2. Острый рассеянный энцефаломиелит	85
Глава 6. Дифференциальная диагностика рассеянного склероза	88
6.1. Дифференциальная диагностика рассеянного склероза при поражениях головного мозга	90
6.1.1. Ишемическо-гипоксические повреждения вещества головного мозга	90
6.1.2. Изменения, связанные с невоспалительным поражением сосудов малого калибра	90
6.1.3. Множественные расширенные периваскулярные пространства	97
6.1.4. Митохондриальные энцефалопатии	97

6.1.5. Инфекционные, воспалительные и аутоиммунные заболевания	97
6.1.6. Инфекционные заболевания вирусной этиологии	99
6.1.7. Инфекционные заболевания бактериальной этиологии	108
6.1.8. Инфекционные заболевания, вызванные простейшими и грибами	111
6.1.9. Другие воспалительные и аутоиммунные заболевания	114
6.1.10. Токсические и метаболические поражения головного мозга	121
6.1.11. Другие поражения вещества головного мозга	129
6.2. Дифференциальная диагностика рассеянного склероза при поражениях спинного мозга	133
6.2.1. Острый рассеянный энцефаломиелит	133
6.2.2. Ишемическое повреждение спинного мозга	133
6.2.3. Острый поперечный миелит	133
6.2.4. Миелопатия при спинальной артериовенозной мальформации	136
6.2.5. СПИД-ассоциированная вакуолярная миелопатия	136
6.2.6. Нейросаркоидоз	138
6.2.7. Сифилитический миелит	138
6.2.8. Травматическая миелопатия	139
6.2.9. Новообразования спинного мозга	141
6.2.10. Дефицит витамина В ₁₂ (цианокобаламина)	142
6.2.11. Ионизирующее излучение	144
6.2.12. Болезнь Хираяма	145
Список литературы	147

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ВИЧ — вирус иммунодефицита человека
ВПРС — вторично-прогрессирующий рассеянный склероз
ДВИ — диффузионно-взвешенные изображения
ДВ-МРТ — диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография
КВ — контрастное вещество
КИС — клинически изолированный синдром
МР-томограмма — магнитно-резонансная томограмма
МРТ — магнитно-резонансная томография
ОРЭМ — острый рассеянный энцефаломиелит
ПМЛ — прогрессирующая мультифокальная лейкоэнцефалопатия
ППРС — первично-прогрессирующий рассеянный склероз
РИС — радиологически изолированный синдром
РРС — ремиттирующий рассеянный склероз
РС — рассеянный склероз
СВ — серое вещество
СПИД — синдром приобретенного иммунодефицита
ЦНС — центральная нервная система
- CADASIL — cerebral autosomal dominant arteriopathy with subcortical infarcts and leukoencephalopathy (церебральная аутосомно-доминантная артериопатия с субкортикальными инфарктами и лейкоэнцефалопатией)
- DAWM — dirty appearing white matter (грязное белое вещество)
- DIR — double inversion recovery (импульсная последовательность «двойная инверсия—восстановление»)
- FLAIR — fluid attenuated inversion recovery (импульсная последовательность «инверсия—восстановление с подавлением сигнала от свободной жидкости»)
- GCSD — general cortical subpial demyelination (общая корковая субпиальная демиелинизация)
- HTLV1 — human T-lymphotropic virus 1 (Т-лимфотропный вирус человека типа 1)
- MAGNIMS — The magnetic resonance imaging in multiple sclerosis (Европейская группа специалистов по изучению магнитно-резонансной томографии в диагностике рассеянного склероза)
- MELAS — mitochondrial encephalomyopathy, lactic acidosis, and stroke-like episodes (синдром митохондриальной энцефаломиопатии с лактатацидозом и инсультоподобными эпизодами)

MTI	— magnetization transfer imaging (режим с использованием феномена переноса намагниченности)
NAWM	— normal appearing white matter (внешне неизмененное белое вещество)
PD	— proton density (изображения, взвешенные по протонной плотности)
STIR	— short tau inversion recovery (импульсная последовательность «инверсия—восстановление с коротким временем тау»)
SWI	— susceptibility weighted imaging (изображения, взвешенные по магнитной восприимчивости)
TE	— time echo (время эхо)
TR	— time repetition (время повторения)
T1-ВИ	— T1-взвешенные изображения
T2-ВИ	— T2-взвешенные изображения
T2*-ВИ	— импульсная последовательность «градиентное эхо»

ОСОБЕННОСТИ МРТ-ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРИ РАССЕЯННОМ СКЛЕРОЗЕ

1.1. ОСОБЕННОСТИ СИГНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ЛОКАЛИЗАЦИИ ОЧАГОВ ДЕМИЕЛИНИЗАЦИИ В ГОЛОВНОМ МОЗГЕ ПРИ РАССЕЯННОМ СКЛЕРОЗЕ

Первые магнитно-резонансные томограммы (МР-томограммы) головного мозга пациента с рассеянным склерозом (РС) были получены в самом начале 1980-х годов [211]. С тех пор магнитно-резонансная томография (МРТ) прочно вошла в ежедневную клиническую практику и является основным методом, подтверждающим диагноз «рассеянный склероз». Данные МРТ во многих случаях позволяют однозначно подтвердить диагноз «рассеянный склероз» и отличить от него ряд патологических состояний, протекающих под его маской [13].

Патоморфологически РС характеризуется образованием очагов и зон разрушения миелина (демиелинизации) в веществе головного и спинного мозга, что клинически проявляется многообразной неврологической симптоматикой.

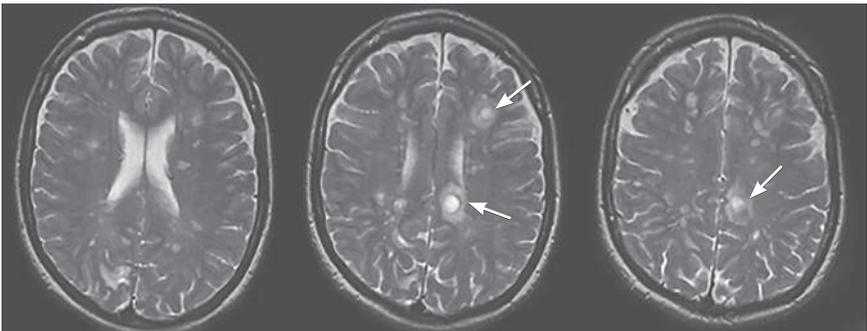


Рис. 1.1. МРТ головного мозга в режиме T2, аксиальная проекция. Гиперинтенсивные очаги демиелинизации в перивентрикулярном и субкортикальном белом веществе (стрелки). Диссеминация процесса в пространстве

Очаги демиелинизации при рассеянном склерозе на T2-взвешенных изображениях (T2-ВИ), изображениях в режиме T2FLAIR (FLuid Attenuated Inversion Recovery — импульсная последовательность «инверсия—восстановление с подавлением сигнала от свободной жидкости») и изображениях, взвешенных по протонной плотности (PD), имеют гиперинтенсивный МР-сигнал, отдельные очаги обычно имеют достаточно четкие контуры, однако могут быть окружены менее ярким ореолом, вероятнее всего, вследствие отека во время активной фазы воспалительного процесса (рис. 1.1). Очаги при рассеянном склерозе обычно имеют размер от нескольких миллиметров до сантиметра и более в диаметре и округлую или овальную форму, так как располагаются преимущественно вдоль волокон белого вещества (рис. 1.2) [69].

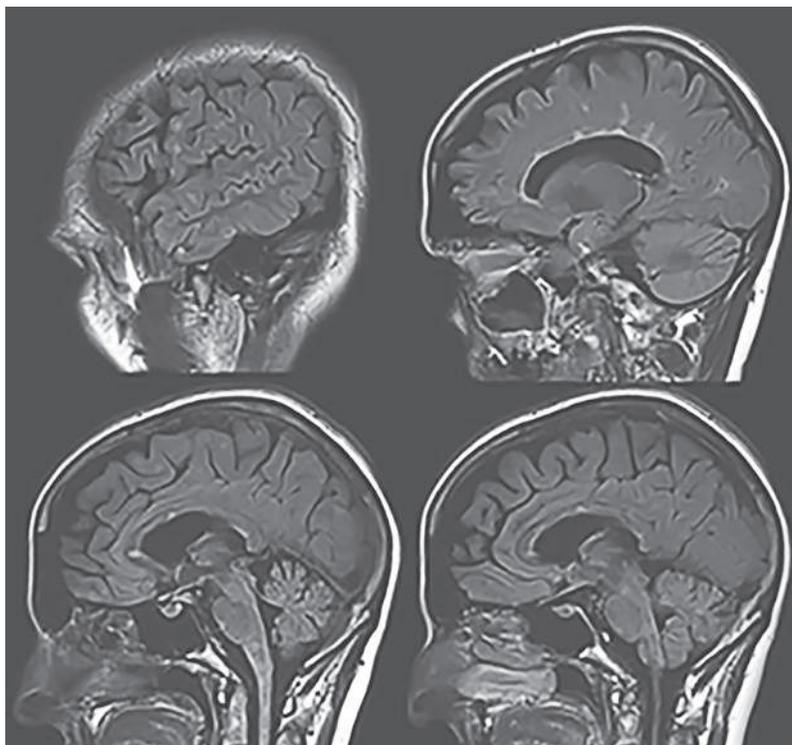


Рис. 1.2. МРТ головного мозга в режиме T2FLAIR, сагиттальная проекция. Гиперинтенсивные очаги демиелинизации в субкортикальном, юстакортикальном и перивентрикулярном белом веществе полушарий большого мозга, в мозолистом теле, среднем мозге, мосту мозга, продолговатом мозге, мозжечке

Различия в форме очагов наблюдаются в связи с прохождением среза под углом к церебральной венуле, которая зачастую представляет собой центр очага демиелинизации при РС. Гиперинтенсивные зоны неправильной формы образуются, как правило, вследствие слияния очагов поражения (рис. 1.3).

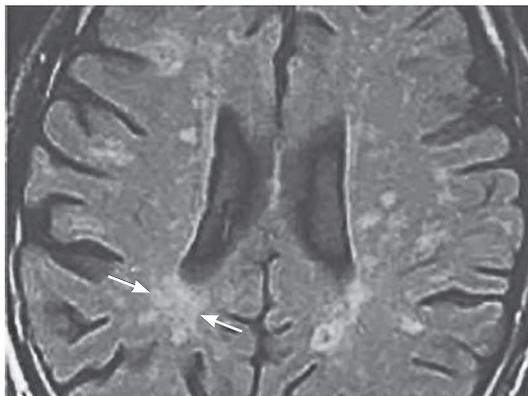
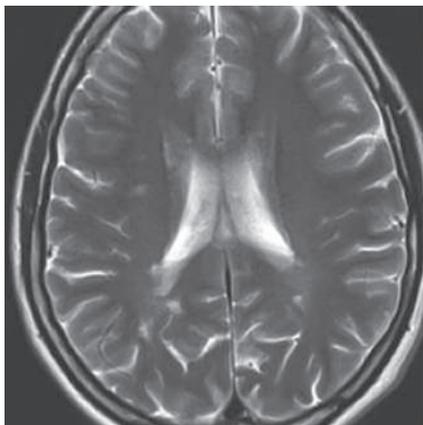
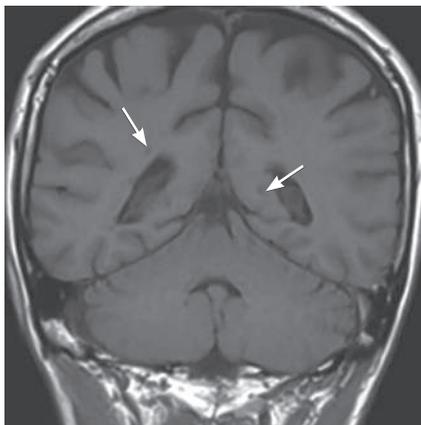


Рис. 1.3. МРТ головного мозга в режиме T2FLAIR, аксиальная проекция. Гиперинтенсивная зона неправильной формы в перивентрикулярном белом веществе, образовавшаяся в результате слияния очагов демиелинизации (показана стрелками)



a



б

Рис. 1.4. МРТ головного мозга: *a* — режим T2-ВИ (аксиальная проекция); *б* — режим T1-ВИ (коронарная проекция). Некоторые очаги демиелинизации, гиперинтенсивные в режиме T2-ВИ, визуализируются на T1-ВИ как гипоинтенсивные (стрелки)

Около 10–20% гиперинтенсивных на Т2-ВИ очагов имеют гипоинтенсивный МР-сигнал на Т1-взвешенных изображениях (Т1-ВИ) по сравнению с окружающим внешне неизмененным белым веществом (рис. 1.4). В фазу активного воспаления гипоинтенсивный МР-сигнал на Т1-ВИ обусловлен выраженным отеком, он может исчезнуть по мере разрешения воспалительного процесса [205]. Очаги, сохраняющие гипоинтенсивный МР-сигнал на Т1-ВИ и также получившие название

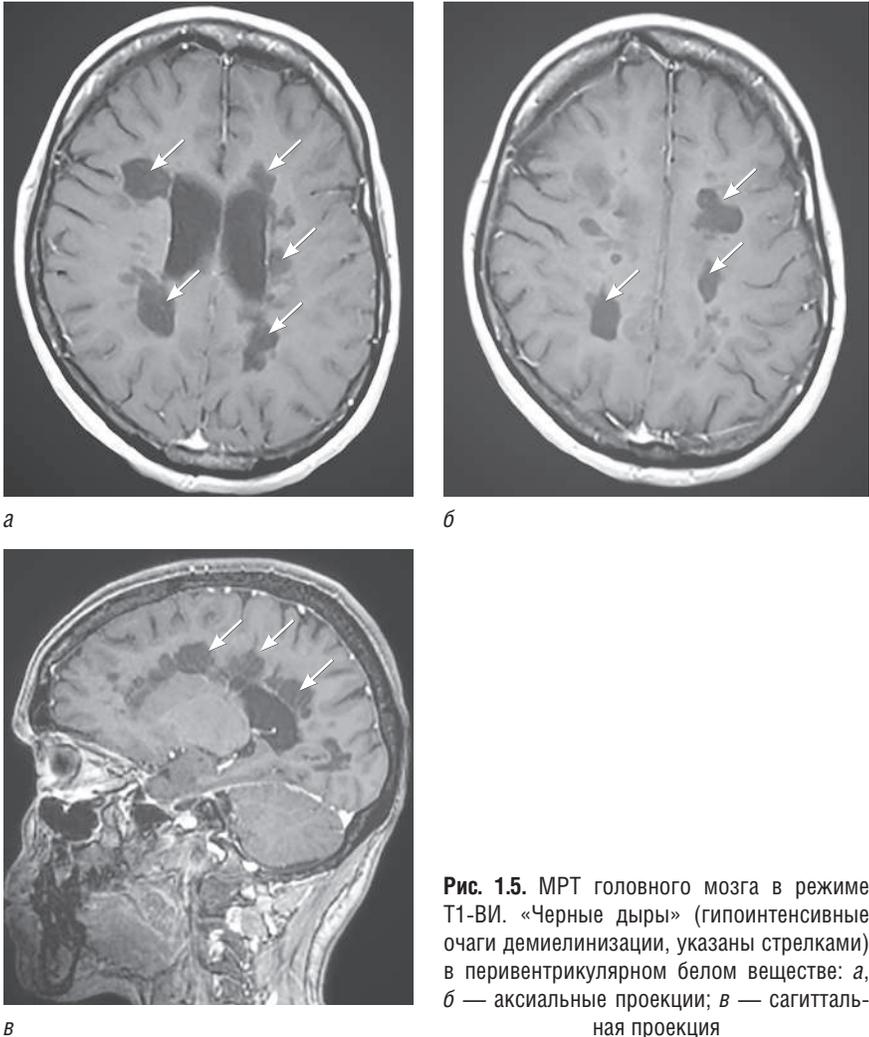


Рис. 1.5. МРТ головного мозга в режиме Т1-ВИ. «Черные дыры» (гипоинтенсивные очаги демиелинизации, указаны стрелками) в перивентрикулярном белом веществе: а, б — аксиальные проекции; в — сагиттальная проекция

«черные дыры» (black holes) (рис. 1.5), характерны для крайней степени нейродегенеративного процесса и соответствуют областям с более выраженным повреждением аксонов [206]. Необходимо отметить, что в последнее время среди показателей, используемых в контроле лечения РС, применяется доля конверсии черных дыр, то есть учитывается, какая часть гипоинтенсивных очагов на T1-ВИ останется гипоинтенсивными спустя 12 мес после периода обострения. Наиболее показательным для выявления этих очагов является парасагитальное сканирование на уровне боковых желудочков [2]. В этом случае очаги визуализируются в виде так называемого жемчужного ожерелья [201]. Крупные бляшки чаще выглядят гипоинтенсивными в режиме T1-ВИ как в фазе активного воспаления, так и вне обострения. Инфратенториально изменения МР-сигнала при РС более диффузные и менее яркие, образование так называемых черных дыр менее характерно для этой области мозга [73].

Следует отметить, что типичной локализацией очагов в головном мозге при рассеянном склерозе являются перивентрикулярное белое вещество, включая мозолистое тело, юстакортикальные отделы белого вещества и инфратенториальная область, включая средние ножки мозжечка. Отдельные гиперинтенсивные очаги, прилежащие к телу или височному рогу бокового желудочка, являются весьма характерными для РС (рис. 1.6) и редко встречаются при другой патологии [156].

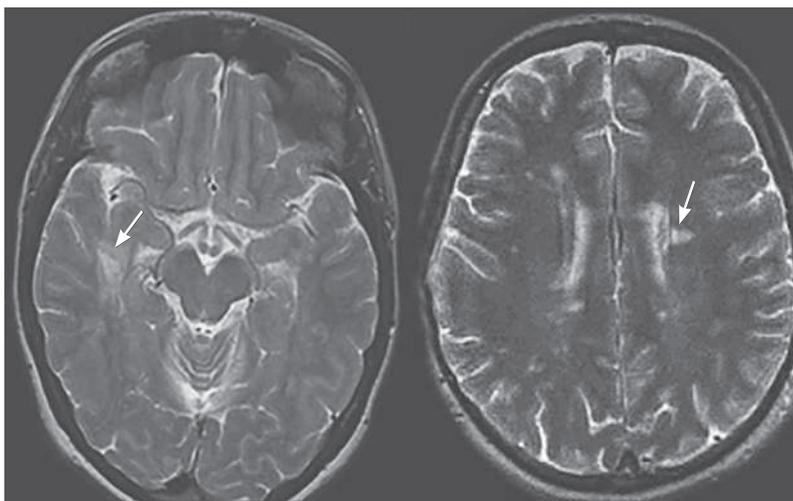
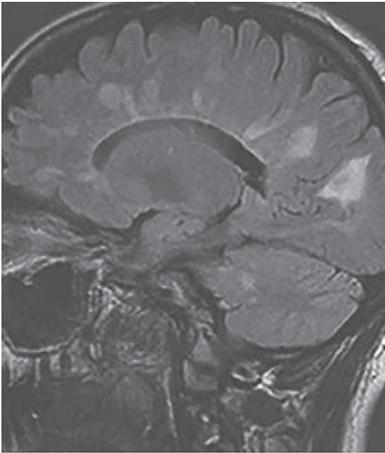
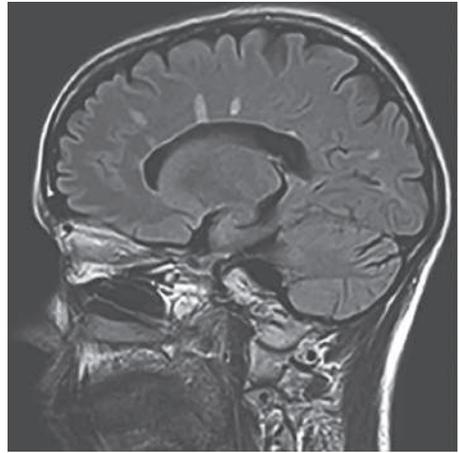


Рис. 1.6. МРТ головного мозга в режиме T2-ВИ, аксиальная проекция. Гиперинтенсивные перивентрикулярные очаги демиелинизации у височных рогов и тел боковых желудочков (стрелки)

Очаги в мозолистом теле располагаются, зачастую непосредственно прилегая к его нижней границе и перпендикулярно к боковым желудочкам, то есть распространяются радиально по направлению к периферии [81, 93, 185]. На изображениях в сагиттальной плоскости они кажутся вытянутыми в виде «пальцев Доусона» (Dawson's fingers — симптом, впервые описанный J.W. Dawson в 1916 г. по данным патоморфологических исследований, рис. 1.7), что, вероятно, связано с воспалительным отеком вещества мозга по ходу медуллярных венул [80].



а



б

Рис. 1.7. МРТ головного мозга в режиме T2FLAIR, сагиттальная проекция (а, б). Гиперинтенсивные перивентрикулярные очаги демиелинизации, вытянутые в виде «пальцев Доусона»

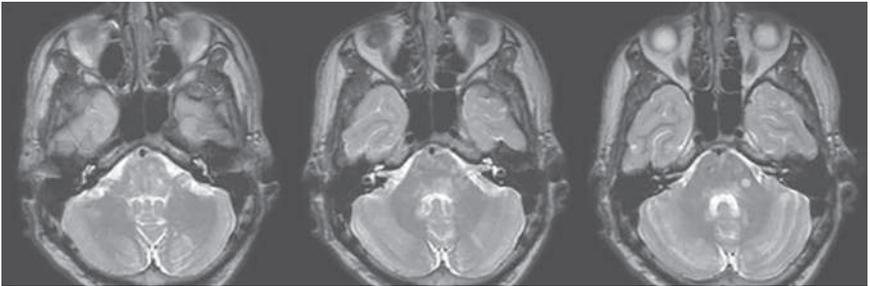


Рис. 1.8. МРТ головного мозга в режиме T2-ВИ, аксиальная проекция. Гиперинтенсивные очаги демиелинизации в варолиевом мосту, ножках мозга, полушариях и средних ножках мозжечка

Типичной локализацией инфратенториальных очагов при рассеянном склерозе являются дно четвертого желудочка, ножки мозжечка и поверхностные отделы моста мозга (рис. 1.8) [156].

Едва уловимое повышение интенсивности МР-сигнала между отдельными очагами демиелинизации или вокруг них, а также без их наличия может наблюдаться на изображениях в режимах T2-ВИ и T2FLAIR и представляет собой диффузный компонент патологического процесса [72]. Термин «грязное белое вещество» (dirty appearing white matter, DAWM) был введен для неясных поражений, проявляющихся преимущественно в глубоких и перивентрикулярных отделах белого вещества, которые иногда нелегко отличить от индивидуальных особенностей миелинизации нервных волокон (рис. 1.9, 1.10). Довольно постоянные по распространенности, эти зоны могут быть местом образования новых очагов демиелинизации при наблюдении в динамике [78].

Хотя РС традиционно считается патологией белого вещества, очаги демиелинизации встречаются во всех отделах центральной нервной системы (ЦНС), в том числе в коре и глубоком сером веществе [152]. Хотя впервые об очагах в сером веществе головного мозга при РС говорили несколько десятилетий назад, только в последние несколько лет очаги демиелинизации в сером веществе головного мозга стали общепризнанной нейропатологической особенностью данного заболевания, подтвержденной методом МРТ [44].

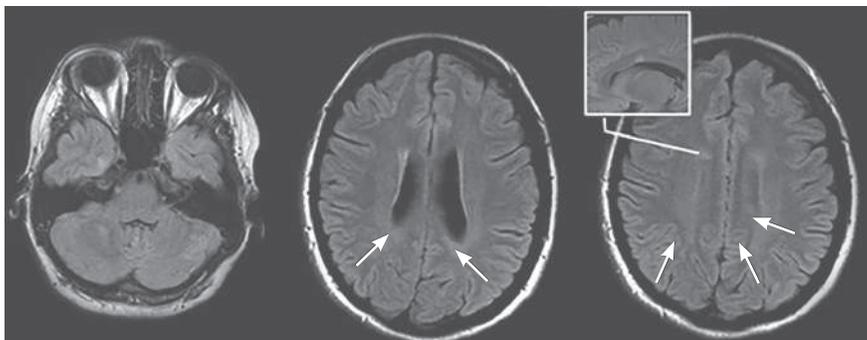
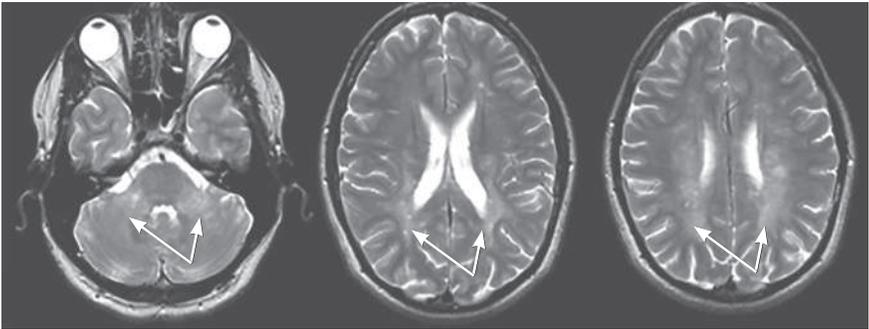
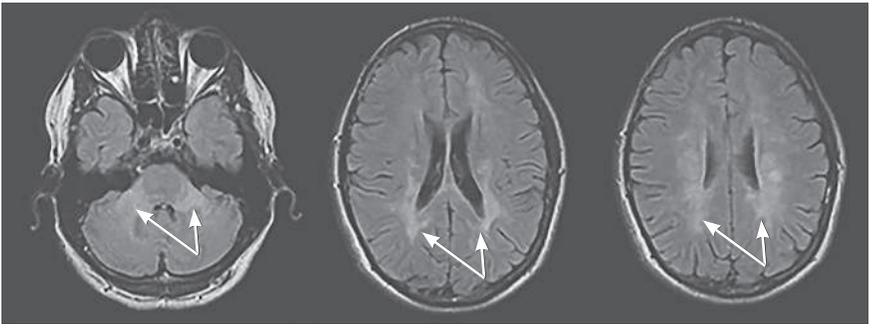


Рис. 1.9. МРТ головного мозга в режиме T2FLAIR, аксиальная проекция. Наряду с типичными очагами демиелинизации в правом полушарии мозжечка и перивентрикулярном белом веществе, в обоих полушариях большого мозга визуализируются диффузные зоны слабо повышенной интенсивности МР-сигнала в белом веществе семиовальных центров, перивентрикулярно — «грязное белое вещество» (зоны указаны стрелками)



а



б

Рис. 1.10. МРТ головного мозга в режимах T2-ВИ (а) и T2FLAIR (б), аксиальная проекция. Наряду с типичными очагами демиелинизации в обоих полушариях большого мозга (перивентрикулярно, в семиовальных центрах), в обоих полушариях мозжечка и в обеих средних мозжечковых ножках визуализируются диффузные зоны слабо повышенной интенсивности МР-сигнала — «грязное белое вещество» (зоны указаны стрелками)

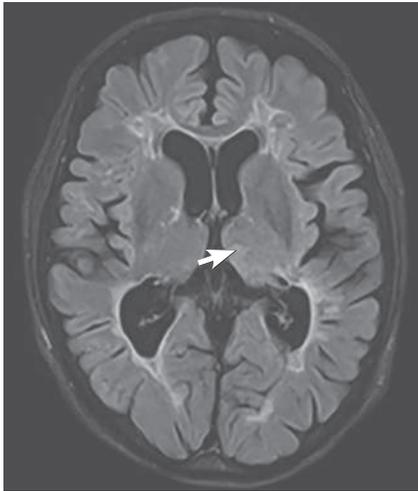
Существуют различные системы классификации корковых очагов при РС, одной из которых является система по Вё, основанная на патологоанатомических наблюдениях Dawson [38, 99]. Эта классификация разделяет смешанные очаги, пересекающие границу серого и белого вещества (очаги I типа), и очаги, расположенные в толще серого вещества коры (очаги II–IV типа). К очагам II типа относятся мелкие внутрикортковые очажки. Очаги III типа более крупные, начинаются непосредственно под мягкой мозговой оболочкой и простираются вглубь серого вещества, не достигая, тем не менее, субкортикального белого вещества (так называемые субпиальные очаги), а очаги IV типа поражают всю

толщу серого вещества коры, простираясь от субпиальной области до субкортикального белого вещества.

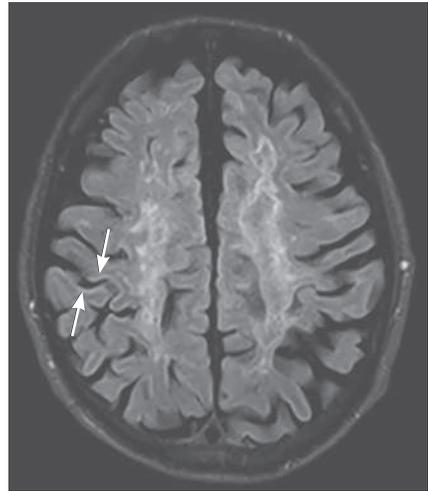
Наиболее часто встречающимися, занимающими обширные территории коры, являются субпиальные очаги (III тип) [38, 155]. Для данного типа поражения наиболее характерна протяженная лентовидная патологическая зона, расположенная субпиально, обычно занимающая несколько рядом расположенных извилин, что свидетельствует о распространенной поверхностной утрате коркового миелина. Это явление было названо общей корковой субпиальной демиелинизацией (*general cortical subpial demyelination, GCSD*) [37, 99, 155]. У пациентов с общей корковой субпиальной демиелинизацией не наблюдается увеличенного объема поражения белого вещества по сравнению с остальными пациентами с РС. Последние исследования подтвердили наличие данного паттерна распространенной демиелинизации при прогрессирующих формах течения рассеянного склероза и показали, что степень распространенности корковой демиелинизации не коррелирует со степенью распространенности очагов демиелинизации в белом веществе [82, 117]. Распространенная корковая демиелинизация, как правило, бывает ассоциирована с прогрессирующими формами болезни и гораздо реже встречается при ремиттирующем рассеянном склерозе [37]. Распространение корковой демиелинизации трудно определить *in vivo*, так как стандартные режимы МРТ не чувствительны к выявлению корковых очагов; по некоторым данным, их чувствительность к выявлению чисто кортикальных очагов составляет около 3–5% [12, 14, 83]. Чувствительность МРТ к выявлению очагов в глубоком сером веществе (рис. 1.11) выше и составляет около 10–40% [147].

При проведении МРТ головного мозга нелегко определить, являются очаги исключительно внутрикоровыми, или они расположены в субкортикальном белом веществе, или находятся на границе серого и белого вещества, поэтому появился такой термин как «юкстакортикальный очаг» (рис. 1.12). Юкстакортикальные очаги крайне важны при дифференциальной диагностике, так как U-образные волокна обычно остаются сохранными при гипоксически-ишемическом поражении головного мозга, а юкстакортикальные очаги часто обнаруживаются при рассеянном склерозе. Было обнаружено, что общий объем (юкста) кортикальных очагов и атрофия коррелируют с физической недееспособностью, эпилепсиями, когнитивными нарушениями и депрессией [33, 67, 189].

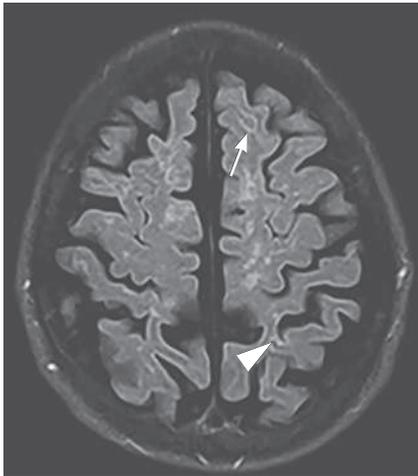
Обнаружение очагов в сером веществе коры полушарий большого мозга затруднено в связи с тем, что количество миелина в коре невелико. Это обуславливает более длительное время T2 релаксации в коре



а



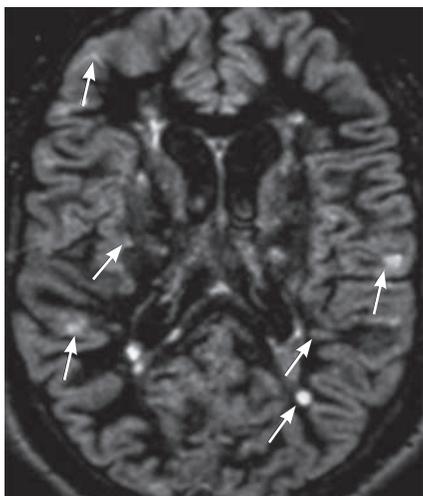
б



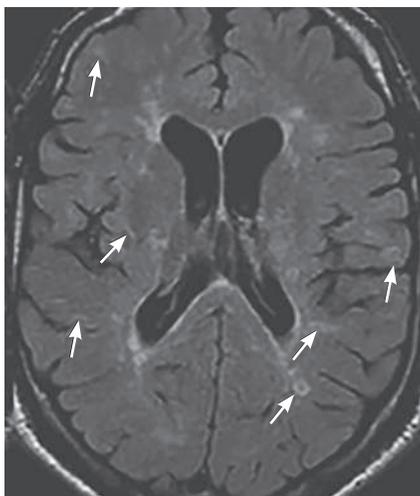
в

Рис. 1.11. МРТ головного мозга в режиме T2FLAIR, аксиальная проекция: а — очаги демиелинизации в медиальных отделах таламуса слева (толстая короткая стрелка); б — участки корковой демиелинизации (тонкие длинные стрелки); в — пример юкстакортикального очага у пациента с вторично прогрессирующим рассеянным склерозом (треугольная стрелка)

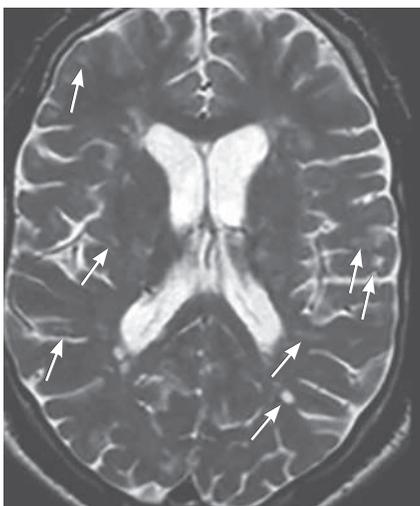
по сравнению с белым веществом. Как следствие, в корковых очагах наблюдается весьма небольшое увеличение времени T2 релаксации по сравнению с очагами в белом веществе. Кроме того, частичный объемный эффект цереброспинальной жидкости в бороздах может еще больше затруднить обнаружение бляшек РС на МРТ-изображениях. Это приводит к выявлению лишь небольшого количества очагов в коре



а



б



в

Рис. 1.12. МРТ головного мозга. Гиперинтенсивные очаги демиелинизации юстакортикальной локализации (указаны стрелками, аксиальная проекция): а — режим импульсной последовательности «двойная инверсия–восстановление» (DIR); б — режим T2FLAIR; в — T2-ВИ

полушарий большого мозга. Другим фактором, ограничивающим выявление бляшек демиелинизации в коре на МРТ-изображениях (а также при гистохимическом исследовании), является отсутствие воспалительной реакции в корковых очагах, в том числе в корковой части очагов I типа [84].

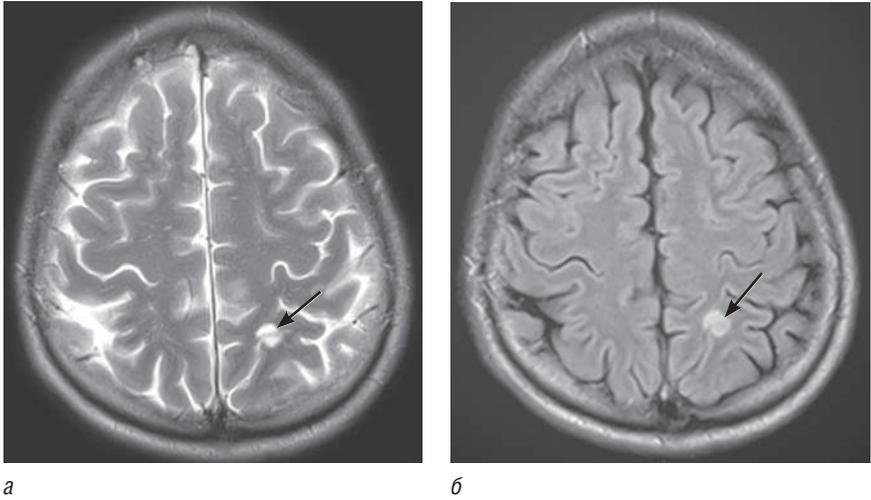


Рис. 1.13. МРТ головного мозга в режимах T2 (а) и T2FLAIR (б), аксиальная проекция. Гиперинтенсивные очаги демиелинизации юкстакортикальной локализации (указаны стрелками)

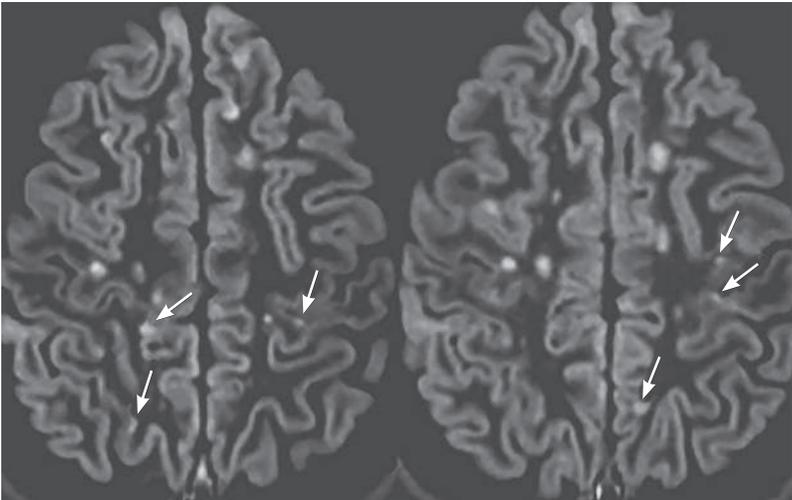


Рис. 1.14. МРТ головного мозга в режиме «двойная инверсия–восстановление» (DIR). Очаги в коре головного мозга у пациента с рассеянным склерозом, визуализируемые с помощью режима DIR (указаны стрелками)