

Д.А. Анохин, Т.Р. Багдасарян, А.В. Перфильев, С.В. Смердин, М.А. Плеханова

ПЕРВЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МРТ В РЕЖИМЕ T_1 -ВЗВЕШЕННОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ С ПОДАВЛЕНИЕМ СИГНАЛА ОТ ЖИРА У БОЛЬНЫХ ТУБЕРКУЛЕЗОМ В ОЦЕНКЕ ПАТОЛОГИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского, Москва

Контактное лицо: Данила Андреевич Анохин, e-mail: 131826092025mri@gmail.com

РЕФЕРАТ

Цель: Оценить информативность режима T_1 -взвешенной визуализации с подавлением сигнала от жира (T_1 -weighted Fat Suppressed, T_1 FS) при магнитно-резонансной томографии (МРТ) головного мозга у пациентов с туберкулезом (ТБ), в том числе при сочетании с ВИЧ-инфекцией.

Материал и методы: В исследование включены 29 пациентов в возрасте от 21 до 65 лет, находившихся на лечении в Московском областном клиническом противотуберкулезном диспансере. У 22 (75,7%) наблюдалась сочетанная патология ВИЧ/ТБ. Всем пациентам выполнялось МРТ-исследование головного мозга с контрастным усилением на 1,5 Тл томографе Siemens Magnetom Semptra с использованием 10-канальной радиочастотной катушки Head/Neck 10. В протокол включён режим T_1 FS 3D, реализованный в виде градиентной последовательности FL3D с изотропным вокселем $1 \times 1 \times 1$ мм. Проводилось парное сравнение выявляемости очагов накопления контрастирующего препарата в режимах T_1 3D TSE (post injection), T_1 FS 3D и T_1 3D TSE (delay). Оценка визуализации проводилась двумя независимыми врачами-рентгенологами по трёхступенчатой шкале.

Результаты: У 24 (82,8 %) пациентов выявлены очаговые изменения с накоплением контрастного вещества, характерные для инфекционно-воспалительных процессов ЦНС (туберкулёма, менингоэнцефалит, абсцесс, ПМЛ, токсоплазмоз, РС и др.). Наибольшая частота выявления очагов 2-й и 3-й степени контрастирования зарегистрирована при T_1 FS 3D (56,9 % и 48,4 % соответственно), что существенно превышает показатели T_1 3D TSE (post injection – 19,0 % и 39,1 %; delay – 24,1 % и 12,4 %). Различия статистически достоверны ($\chi^2 = 28,98$; $p < 0,001$). Применение T_1 FS обеспечивает чёткую визуализацию границ патологических очагов и повышает диагностическую чувствительность метода.

Заключение: Включение режима T_1 FS в протокол МРТ головного мозга повышает качество и чувствительность нейровизуализации при туберкулезе ЦНС, особенно у пациентов с низким иммунным статусом. Полученные результаты подтверждают целесообразность использования T_1 FS 3D в рутинной практике для раннего выявления и мониторинга эффективности лечения нейротуберкулёза.

Ключевые слова: МРТ, $TS F_p$, туберкулёз, ВИЧ

Для цитирования: Анохин Д.А., Багдасарян Т.Р., Перфильев А.В., Смердин С.В., Плеханова М.А. Первый опыт применения МРТ в режиме T_1 -взвешенной визуализации с подавлением сигнала от жира у больных туберкулезом в оценке патологии головного мозга // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2026. Т. 71. № 5. С. 123–127. DOI:10.33266/1024-6177-2026-71-5-123-127

D.A. Anokhin, T.R. Bagdasarian, A.V. Perfiliev, S.V. Smerdin, M.A. Plekhanova

The First Experience of Using T_1 Fs MRI in Patients with Tuberculosis for the Assessment of Brain Pathology

M.F. Vladimirsky Moscow Regional Research Clinical Institute, Moscow, Russia

Contact person: D.A. Anokhin, e-mail: 131826092025mri@gmail.com

ABSTRACT

Purpose: To evaluate the diagnostic value of the fat-suppressed T_1 -weighted (T_1 FS) MRI sequence in the assessment of brain pathology in patients with tuberculosis, including those with HIV co-infection.

Material and methods: The study included 29 patients aged 21–65 years treated at the Moscow Regional TB Clinical Dispensary. Twenty-two patients (75.7 %) had concurrent HIV/TB infection. All subjects underwent contrast-enhanced brain MRI on a 1.5 T Siemens Magnetom Semptra scanner using a 10-channel Head/Neck coil. The protocol incorporated a 3D fat-suppressed T_1 -weighted gradient sequence (FL3D, isotropic voxel 1 mm^3) in addition to conventional T_1 3D TSE post-contrast and delayed acquisitions. Comparative analysis was performed between these sequences to assess lesion conspicuity and contrast enhancement using a three-grade visual scale rated independently by two radiologists.

Results: Focal contrast-enhancing lesions were detected in 24 (82.8 %) patients, corresponding to infectious CNS involvement such as tuberculoma, meningoencephalitis, abscess, PML, toxoplasmosis, and others. The T_1 FS 3D sequence demonstrated the highest lesion detectability, revealing 56.9 % of grade 2 and 48.4 % of grade 3 lesions, markedly exceeding conventional T_1 3D TSE post-injection (19.0 % and 39.1 %) and delayed (24.1 % and 12.4 %) scans ($\chi^2 = 28.98$; $p < 0.001$). T_1 FS 3D provided superior delineation of lesion borders and improved visualization of subtle foci, especially in patients with severe immunodeficiency.

Conclusion: Incorporating the fat-suppressed T_1 FS 3D sequence into post-contrast brain MRI protocols significantly enhances sensitivity and image quality in the diagnosis of CNS tuberculosis. This technique improves the detection of contrast-enhancing foci and is particularly valuable for evaluating patients with HIV-associated neurotuberculosis and low immune status.

Keywords: MRI, $TS F_p$, tuberculosis, HIV

For citation: Anokhin DA, Bagdasarian TR, Perfiliev AV, Smerdin SV, Plekhanova MA. The First Experience of Using T₁ FS MRI in Patients with Tuberculosis for the Assessment of Brain Pathology. Medical Radiology and Radiation Safety. 2026;71(5):123–127. DOI:10.33266/1024-6177-2026-71-5-123-127

Введение

Вопрос визуализации патологических изменений головного мозга у больных туберкулезом, в том числе в сочетании с ВИЧ-инфекцией, имеет особенную актуальность во фтизиатрии. На современном этапе диагностических мероприятий патологии головного мозга, наиболее информативным и доступным методом лучевой диагностики остается магнитно-резонансная томография (МРТ) с внутривенным введением контрастных веществ на основе гадолиния (Gd). При этом протоколы проведения МРТ-исследования головного мозга (ГМ) разнятся по своей диагностической информативности [1].

Туберкулез – это хронический инфекционный процесс, вызываемый патогенными микобактериями из комплекса *Micobacterium tuberculosis*, характеризующийся длительным течением, склонностью к рецидивам, формированием специфического воспаления с казеозным некрозом и развитием клинко-морфологических форм. Среди внелегочных локализаций одной из наиболее тяжелых и жизнеугрожающих форм является туберкулез ЦНС [2–5].

Доля внелегочных форм туберкулеза в Московской области в 2023 г. составила 2,7%, из них туберкулез ЦНС – 0,2% [3]. Столь низкий показатель во многом отражает не истинную редкость патологии, а ограниченные диагностические возможности в большинстве противотуберкулезных организаций региона. Для достоверной диагностики туберкулеза центральной нервной системы требуется выполнение МРТ-исследования с контрастным усилением. Несмотря на широкую доступность МРТ, специализированные протоколы, включая режимы с жироподавлением, применяются не всегда. Это может приводить к пропуску отдельных случаев и подчёркивает высокую клиническую значимость туберкулеза ЦНС как тяжёлой формы, требующей прицельного внимания и современных методов нейровизуализации.

Ситуация усугубляется при ВИЧ-инфекции. Так, частота туберкулеза ЦНС у ВИЧ-инфицированных достигает 28–32%, по сравнению с 4–6% у лиц без иммунодефицита [4]. Доля этой формы среди всех внелегочных локализаций варьирует от 29 до 60% по регионам РФ, а летальность достигает 98% в случаях тяжёлого иммунодефицита (CD4+ <100 кл/мкл) [4]. Также следует отметить, что МРТ-картина нейротуберкулеза у данной категории пациентов во многом определяется уровнем CD4+ лимфоцитов, так как при глубоком иммунодефиците (CD4+ ≤ 100 кл/мкл) картина туберкулезного процесса ЦНС становится атипичной, что затрудняет своевременную диагностику.

В нашей стране принято различать следующие основные формы туберкулеза ЦНС, которые, по сути, являются различными стадиями одного патологического процесса [5]:

- 1) базиллярный менингит;
- 2) менингоэнцефалит;
- 3) спинальная форма (менингоэнцефаломиелит);
- 4) туберкулема (гранулема) головного/спинного мозга;

В нашем исследовании предлагается первый опыт применения протокола с включением режима T₁-weighted Fat Suppressed (T₁ FS) при МРТ-исследовании головного мозга с контрастным усилением у больных туберкулезом. Особенность данного режима заключается в подавлении сигнала от жировой ткани при получении МРТ-изображений. Цель состоит в том, чтобы

уменьшить артефакты и улучшить видимость границ между нормальными и патологическими тканями [6–9].

Во многом качество изображений ГМ, получаемых у данной категории пациентов, имеет решающее значение для выбора тактики проведения лечебных мероприятий.

Материал и методы

Проведено одномоментное одноцентровое исследование, в которое было включено 29 пациентов: из них женщин – 9 (31,1%), мужчин – 20 (68,9%) в возрасте от 21 до 65 лет, находившихся на лечении в Московском областном противотуберкулезном диспансере.

Критерии включения: наличие неврологического анамнеза, наличие туберкулезного процесса.

Критерии исключения: возраст до 18 лет, отсутствие добровольного информированного согласия на участие в обследовании.

Показанием для направления больных на МРТ была неврологическая симптоматика (судороги, эпизоды потери сознания, атаксические изменения, парезы, параличи, признаки поражения кортикоспинального тракта).

Также на МРТ-исследования головного мозга с контрастным усилением были направлены пациенты, у которых наблюдались изменения в анализе ликвора (повышение показателя белка, снижение показателя глюкозы, наличие плеоцитоза, наличие атипичных клеток по цитограмме), наличие инфекций, выявленных методом ПЦР при анализе ликвора, пациенты с низким иммунным статусом (CD4+ ≤ 200 кл/мл).

Диагнозы пациентов на момент выполнения им МРТ-исследования головного мозга с контрастным усилением были следующие: диссеминированный туберкулез легких – 17 (58,6%), очаговый туберкулез – 1 (3,4%), милиарный туберкулез составлял – 2 (6,9%), инфильтративный туберкулез – 6 (20,7%), диссеминированный туберкулез легких в сочетании с внелегочным туберкулезом (ЦНС и мозговых оболочек) – 1 (3,4%), внелегочный туберкулез (ЦНС и мозговых оболочек) – 2 (6,9%). У большинства пациентов 22 (75,7%) наблюдалась сочетанная патология ВИЧ/ТБ. При этом распределение по количеству CD4+ лимфоцитов было следующее (отражено в диаграмме 1):



Клинические проявления отражены в диаграмме 2.

Всем пациентам проведены микробиологическое исследование мокроты (обнаружение *Micobacterium tuberculosis complex* методом флуоресцентной микроскопии, посев мокроты на питательные среды, молекулярно-генетические методы).

Лучевое обследование всех больных представлено стандартным протоколом КТ органов грудной клетки. Дополнительно у 9 (31 %) пациентов было проведено

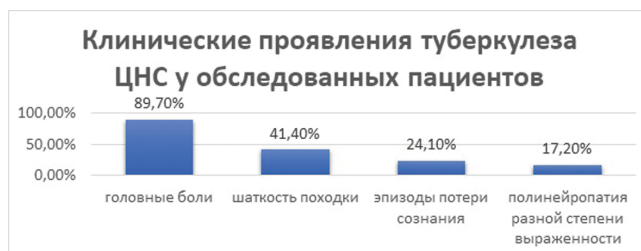


Диаграмма 2

КТ-исследование головного мозга с контрастным усилением до МРТ-исследования головного мозга.

МРТ ГМ выполнено всем пациентам и включало в себя изучаемый протокол T_1 FS, который на томографах Siemens является стандартной методикой для получения изображений с подавлением сигнала от жировой ткани.

МРТ-исследование проводилось на МР-томографе 1,5 Тл Magnetom Sempra (Siemens) с использованием 10-канальной головной радиочастотной катушки Head/Neck 10 в период с 2023 по июнь 2025 гг.

Режим подавления сигнала от жира (T_1 -weighted fat-suppressed, T_1 FS), применяемый нами после введения контрастного препарата, реализован в виде трехмерной градиентной последовательности (FL3D) с изотропным вокселем $1 \times 1 \times 1$ мм путем спектрально-селективного подавления сигнала от протонов жиросодержащих тканей на основе различий в частоте их прецессии (chemical shift). Подавление яркого сигнала от жировой ткани позволяет значительно повысить контрастность изображений между нормальными и патологически измененными структурами, особенно при постконтрастных МРТ-исследованиях.

Последовательность методики. Выполнялся стандартный протокол сканирования головного мозга, состоящий из следующих режимов в таком порядке: T_1 SE (сагиттальная плоскость), T_2 TSE (корональная плоскость), T_2 TSE (аксиальная плоскость), FLAIR (аксиальная плоскость), DWI с b-факторами 0, 1000 и 1400 с/мм^2 с последующим построением карт ADC (аксиальная плоскость), T_1 SE (аксиальная плоскость), SWI (аксиальная плоскость). Далее производилось введение контрастного препарата (Мирадоскан) с последующим сканированием головного мозга в режимах со следующей последовательностью: T_1 -weighted 3D Turbo Spin Echo (далее T_1 3D TSE post injection), 3D T_2 -weighted fluid-attenuated

inversion recovery (далее 3D T_2 FLAIR), T_1 -weighted fat suppressed 3D (далее T_1 FS 3D), снова T_1 -weighted 3D Turbo Spin Echo (далее T_1 3D TSE delay). Характеристики данных режимов представлены в табл. 1.

Проводилось парное сравнение. Каждому из двух врачей-рентгенологов давался набор перемешанных и обезличенных исследований (в том числе не указывалось название режима (T_1 3D TSE post injection/ T_1 FS 3D/ T_1 3D TSE delay)). Далее врачу-рентгенологу предоставлялась 3-ступенчатая шкала для оценки визуализации очага где:

- 1-низкая степень (едва заметный очаг/может быть шум/сосуд);
- 2-средняя степень (интенсивность очага выше окружающей его ткани мозга, но контуры очага нечеткие);
- 3-высокая степень (очаг яркий, интенсивность выше чем на ступени 2, с четкими контурами).

При сравнении (табл. 2) T_1 3D TSE post injection, T_1 3D TSE delay с T_1 FS 3D отмечался факт лучшей визуализации очагов накопления контраста (рис. 1–5) на T_1 FS 3D, при этом существенных различий в качестве изображений не было. Различия в распределении очагов между режимами оказались статистически значимыми ($\chi^2=28,98$; $df=4$; $p<0,001$).

Результаты и обсуждение

Были проанализированы истории болезней 29 пациентов с подозрением на поражение ЦНС, среди которых у 5 (17,4%) пациентов был выявлен нейротоксоплазмоз, у 15 (51,2%) больных – нейротуберкулез, у 2 (6,9%) пациентов – ВИЧ-энцефалопатия, у 4 (13,8%) пациентов –

Таблица 2

Усредненная сумма всех очагов накопления контраста выявленных у 24 пациентов с очаговым поражением ЦНС

The average sum of all foci of contrast accumulation in 24 patients with focal lesions of the central nervous system

Названия режимов	T_1 3D TSE post injection	T_1 FS 3D	T_1 3D TSE delay
Среднее значение суммы очагов 2-ой степени у исследованных пациентов	66	198	84
Среднее значение суммы очагов 3-ей степени у исследованных пациентов	63	78	20

Таблица 1

Параметры режимов, выполняемых после введения контрастного вещества при МРТ-исследовании головного мозга

Parameters of the modes performed after contrast agent administration during MRI brain examination

Параметры МРТ-протокола.	T_1 3D TSE post injection	3D T_2 FLAIR	T_1 FS 3D	T_1 3D TSE delay
Размер матрицы	$1,4 \times 1,4 \times 1,0$ мм	$1,0 \times 1,0 \times 1,0$ мм	$1,0 \times 1,0 \times 1,0$ мм	$1,4 \times 1,4 \times 1,0$ мм
Slices per Slab	160	192	192	160
Distance factor	50%			50%
Orientation	S>C-6,9>T-2,1	Sagittal	Sagittal	S>C-6,9>T-2,1
Phase Encoding Dir.	A>>P	A>>P	A>>P	A>>P
Phase Oversampling, %	10	0	0	10
Slice Oversampling, %	20	0,0	0,0	20
FoV Read, мм	263	250	250	263
FoV Phase, %	100,0	100,0	100,0	100,0
Slice Thickness, мм	1,00	1,00	1,00	1,00
TR, мс	2400	7600	700	2400
TE, мс	3,82	432	22,0	3,82
Averages	1	1,0	1,0	1
Concatenations	1	1	1	1
Время, мин	4:52	6:29	6:03	4:52

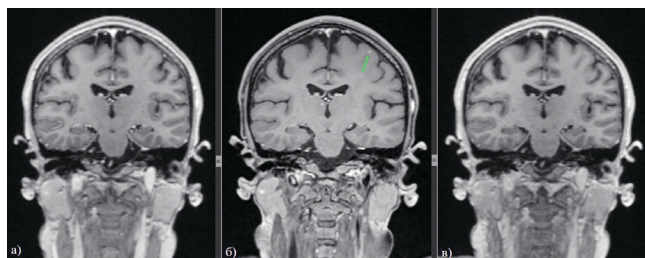


Рис. 1. Туберкулема головного мозга. а) Режим T_1 3D TSE post injection. Корональная проекция головного мозга. б) Режим T_1 FS 3D. Стрелкой отмечен очаг накопления контраста в левой теменной доле. в) Режим T_1 3D TSE delay. В левой теменной доле юкстакортикальный очаг накопления контраста достоверно визуализирующийся только на T_1 FS 3D

Fig. 1. Tuberculosis of the brain. а) T_1 3D TSE post injection mode. Coronal projection of the brain. б) T_1 FS 3D mode. The arrow marks the focus of contrast accumulation in the left parietal lobe. в) T_1 3D TSE delay mode. There is a juxtacortical focus of contrast accumulation in the left parietal lobe, which is reliably visualized only on T_1 FS 3D



Рис. 2. Туберкулезный менингоэнцефалит. а) Режим T_1 3D TSE post injection. Корональная проекция головного мозга. б) Режим T_1 FS 3D. Стрелкой отмечен очаг накопления контраста в левой затылочной доле. в) Режим T_1 3D TSE delay. В левой затылочной доле субкортикальный очаг накопления контраста достоверно визуализирующийся только на T_1 FS 3D

Fig. 2. Tuberculous meningoencephalitis. Axial projection of the brain. а) T_1 3D TSE post injection mode. б) T_1 FS 3D mode. The arrow indicates a contrast-accumulating lesion in the left occipital lobe. в) T_1 3D TSE delay mode. In the left occipital lobe, there is a subcortical contrast-accumulating lesion that is clearly visible only on T_1 FS 3D

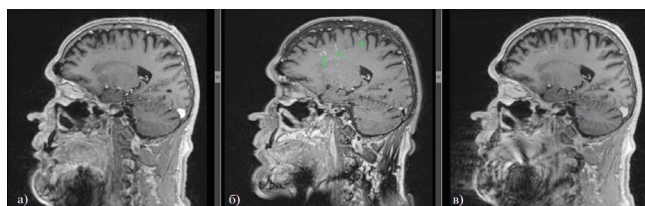


Рис. 3. Нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу. Сагиттальная проекция головного мозга. а) Режим T_1 3D TSE post injection. б) Режим T_1 FS 3D. Стрелками отмечены очаги накопления контраста в лобной и теменной долях. в) Режим T_1 3D TSE delay. Количество и качество визуализации очагов накопления контраста на T_1 FS 3D выше чем на T_1 3D TSE delay и T_1 3D TSE post injection

Fig. 3. Ischemic cerebrovascular disorder. Sagittal projection of the brain. а) T_1 3D TSE post injection mode. б) T_1 FS 3D mode. The arrows indicate the areas of contrast accumulation in the frontal and parietal lobes. в) T_1 3D TSE delay mode

прогрессирующая мультифокальная лейкоэнцефалопатия (ПМЛ), у 1 (3,4%) пациента – рассеянный склероз (РС), у 1 (3,4%) пациента был выявлен постпункционный синдром (ППС), у 1 (3,4%) пациента наблюдались участки подострого НМК по ишемическому типу. У всех пациентов получена верификация диагноза лабораторными методами.

По результатам лучевого исследования ГМ установлены следующие формы нозологий ЦНС:

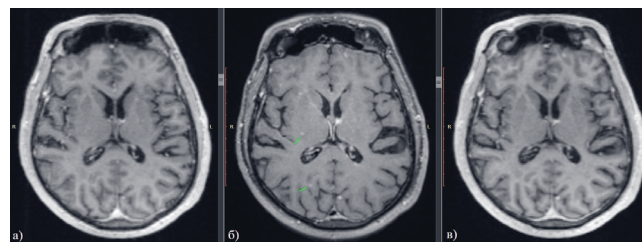


Рис. 4. Рассеянный склероз. Аксиальная проекция головного мозга. а) Режим T_1 3D TSE post injection. б) Режим T_1 FS 3D. Стрелками отмечены очаги накопления контраста в лобной и затылочной долях. в) Режим T_1 3D TSE delay. Стрелками отмечены очаги накопления контраста достоверно определяемые только на T_1 FS 3D

Fig. 4. Multiple sclerosis. Axial projection of the brain. а) T_1 3D TSE post injection mode. б) T_1 FS 3D mode. The arrows indicate the areas of contrast accumulation in the frontal and occipital lobes. в) T_1 3D TSE delay mode. The arrows indicate the areas of contrast accumulation that are reliably visible only on T_1 FS 3D

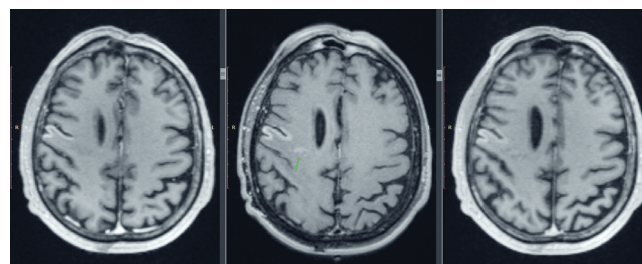


Рис. 5. Токсоплазменный менингоэнцефалит. Аксиальная проекция головного мозга. а) Режим T_1 3D TSE post injection. б) Режим T_1 FS 3D. Стрелками отмечены очаги накопления контраста в лобной и затылочной долях. в) Режим T_1 3D TSE delay. В правой лобной доле очаг накопления контраста достоверно визуализирующийся только на T_1 FS 3D

Fig. 5. Toxoplasma meningoencephalitis. Axial projection of the brain. а) T_1 3D TSE post injection mode. б) T_1 FS 3D mode. The arrows indicate the contrast-accumulating foci in the frontal and occipital lobes. в) T_1 3D TSE delay mode. In the right frontal lobe, the contrast-accumulating foci are reliably visualized only on T_1 FS 3D

1. Туберкулема ($n=11$);
2. Туберкулезный менингит ($n=5$);
3. Туберкулезный абсцесс ($n=4$);
4. Токсоплазменный менингоэнцефалит ($n=5$);
5. Прогрессирующая мультифокальная лейкоэнцефалопатия ($n=4$);
6. Рассеянный склероз ($n=1$);
7. Нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу ($n=1$);
8. ВИЧ-энцефалопатия ($n=2$);
9. Пахименингеальное накопление контрастного вещества как проявление постпункционного синдрома ($n=1$).

Очаговые изменения ЦНС с признаками накопления контраста наблюдались у 24 (82,8%) пациентов.

Интерпретация результатов МРТ-исследований включала оценку локализации, размеров очагов, особенности контрастного усиления и вовлечение мозговых оболочек, количественное сравнение выявляемости изменений на различных режимах (T_1 3D TSE, T_1 FS 3D).

В результате проведенного исследования выявлено, что режим T_1 FS 3D обеспечивает наибольшую частоту выявления очагов с накоплением контрастного вещества: 56,9% всех очагов 2-й степени и 48,4% очагов 3-й степени. Это значительно превышает показатели T_1 3D TSE post injection (19,0% и 39,1% соответственно) и T_1 3D TSE delay (24,1% и 12,4%). Достоверность различий подтверждена χ^2 тестом ($p<0,001$).

Полученные результаты подтверждают, что режим T_1 FS 3D является наиболее информативным в диагностике нейротуберкулеза, так как позволяет выявлять большее количество очагов высокой степени достоверности (2–3 степени), что имеет принципиальное значение для мониторинга эффективности лечения.

В связи с этим, по нашему мнению, внедрение режима подавления жира (T_1 FS) в протокол МРТ повышает качественную и количественную визуализацию головного мозга, повышает чувствительность метода диагностики нейротуберкулеза, в том числе у пациентов с сочетанной патологией.

Представляется важным продолжить данное исследование с увеличением числа наблюдений.

Заключение

Таким образом, внедрение режима подавления жира (T_1 FS) в протокол МРТ головного мозга при подозрении на туберкулёзное поражение ЦНС позволяет значительно повысить чувствительность метода и облегчает диагностику. Особенно ценно это при низком уровне иммунитета и слабом контрастировании патологических очагов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Макогонова М.Е., Мухаметшина Е.Р., Гаврилов П.В. Визуализация нейротуберкулёза при магнитно-резонансной томографии // Медицинский альянс. 2022. Т.10. №1. С. 75–81.
2. Перельман М.И. Фтизиатрия: Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 896 с.
3. Смердин С.В., Кудлай Д.А., Унтанова Л.С., Кравченко А.Ф., Плеханова М.А., Флоров Е.Г., Борисова О.Д., Ларичева И.А., Воробьёва Т.Л., Горбунова Е.В., Попкова Г.Г., Лансков В.И., Костю Т.М., Лазебный С.В., Короткова Н.В., Тедиков И.М., Терехова Н.Д., Пронин А.Ю. Организация противотуберкулёзной помощи в Московской области: 2019–2023 гг.: аналитический обзор. М.: Здоровье человека, 2024. 31 с. ISBN 978-5-6049908-3-4.
4. Герасимова А.А., Пантелеев А.М., Мокроусов И.В. ВИЧ-ассоциированный туберкулёз с поражением центральной нервной системы (обзор литературы) // Медицинский альянс. 2020. Т.8. №4. С. 25–31.
5. Туберкулёз у взрослых: Клинические рекомендации. М.: Минздрав России, 2021. 163 с.
6. Sulistiyadi A.H., Suwondo A., Sugiyanto S. Optimalisasi Informasi Citra T_1 W1 Post-Contrast Dengan Fat Saturation dan Pengaturan Time Repetition: Studi pada Pemeriksaan Magnetic Resonance Imaging Brain Dengan Kasus Tumor // J Imejng Diagnostik. 2015. V.1. No.1. P. 36–43.
7. Delfaut E.M., Beltran J., Johnson G., Rousseau J., Marchandise X., Cotten A. Fat Suppression in MR Imaging: Techniques and Pitfalls Radiographics // Radiological Society of North America Inc. 1999. V.19. No.2. P. 373–82.
8. Tien R.D. Fat-Suppression MR Imaging in Neuroradiology: Techniques and Clinical Application // American Journal of Roentgenology. 1992. No.158. P. 369–79.
9. Asri I.T., Widodo C.S., Yueniwati Y.P. Comparison of Grayscale Value in T1-Weighted Pre- and Post-Contrast Brain MRI Images: with and without Fat Suppression Technique // Journal of Physics: Conference Series. 2021. V.2049. No.1. P. 012057.

REFERENCES

1. Makogonova M.Ye., Mukhametshina Ye.R., Gavrilov P.V. Visualization of Neurotuberculosis with Magnetic Resonance Imaging. *Meditsinskiy Al'yans* = Medical Alliance. 2022;10;1:75–81 (In Russ.).
2. Perel'man M.I. *Ftiziatriya* = Physiatry. National Guidelines. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2015. 896 p. (In Russ.).
3. Smerdin S.V., Kudlay D.A., Untanova L.S., Kravchenko A.F., Plekhanova M.A., Florov Ye.G., Borisova O.D., Laricheva I.A., Vorob'yova T.L., Gorbunova Ye.V., Popkova G.G., Lanskov V.I., Kostyu T.M., Lazebnyy S.V., Korotkova N.V., Tedikov I.M., Terekhova N.D., Pronin A.Yu. *Organizatsiya Protivotuberkuleznoy Pomoshchi v Moskovskoy Oblasti* = Organization of Tuberculosis Care in the Moscow Region: 2019–2023: An Analytical Review. Moscow, Zdorov'ye Cheloveka Publ., 2024. 31 p. (In Russ.). ISBN 978-5-6049908-3-4.
4. Gerasimova A.A., Panteleyev A.M., Mokrousov I.V. HIV-Associated Tuberculosis with Central Nervous System Involvement (Literature Review). *Meditsinskiy Al'yans* = Medical Alliance. 2020;8;4:25–31 (In Russ.).
5. *Tuberkuloz u Vzroslykh* = Tuberculosis in Adults. Clinical Guidelines. Moscow, Ministry of Health of Russia Publ., 2021. 163 p. (In Russ.).
6. Sulistiyadi A.H., Suwondo A., Sugiyanto S. Optimalisasi Informasi Citra T_1 W1 Post-Contrast Dengan Fat Saturation dan Pengaturan Time Repetition: Studi pada Pemeriksaan Magnetic Resonance Imaging Brain Dengan Kasus Tumor. *J Imejng Diagnostik*. 2015;1;1:36–43.
7. Delfaut E.M., Beltran J., Johnson G., Rousseau J., Marchandise X., Cotten A. Fat Suppression in MR Imaging: Techniques and Pitfalls Radiographics. Radiological Society of North America Inc. 1999;19;2:373–82.
8. Tien R.D. Fat-Suppression MR Imaging in Neuroradiology: Techniques and Clinical Application. American Journal of Roentgenology. 1992;158:369–79.
9. Asri I.T., Widodo C.S., Yueniwati Y.P. Comparison of Grayscale Value in T1-Weighted Pre- and Post-Contrast Brain MRI Images: with and without Fat Suppression Technique. Journal of Physics: Conference Series. 2021;2049;1:012057.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 20.04.2026. **Принята к публикации:** 25.05.2026.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study had no sponsorship.

Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.

Article received: 20.04.2026. **Accepted for publication:** 25.05.2026.