

進行性多巣性白質脳症

(Progressive multifocal leukoencephalopathy: PML)

診療ガイドライン 2026

厚生労働科学研究費補助金 難治性疾患政策研究事業

プリオン病及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班

研究代表者 高尾 昌樹

発行にあたって

このたび、厚生労働科学研究費補助金 難治性疾患政策研究事業・『プリオン病及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班』では、『進行性多巣性白質脳症（progressive multifocal leukoencephalopathy: PML）診療ガイドライン 2026』を発行する運びとなりました。本研究班は、プリオン病、PML、亜急性硬化性全脳炎の3疾患を調査研究し、それらを克服することを使命としております。研究班は、本症に関する診療水準の向上を通じて社会に貢献することを求められており、その中の1つに最新の診療ガイドラインの作成と提供があります。本ガイドラインはPMLを専門としない一般医師向けにガイドラインを提供し本症に関する診療水準の向上をはかることを目的としております。

PMLはJCウイルスによる亜急性の中枢神経系感染症で白質の多巣性の脱髄病変を特徴としますが、その背景には宿主の細胞性免疫の低下があります。PML発症のリスクとなる背景疾患として、血液系悪性腫瘍やヒト免疫不全ウイルス（HIV）感染症が多かったのですが、近年、抗体医薬（生物由来製品）を始めとする薬剤投与に関連するPMLが急増してきたのはよく知られていることです。医療者にとってPMLを理解することは重要です。本研究班では、PMLサーベイランス委員会を設置し、わが国のPML全例を登録することによってPMLの発生動向や臨床病態の変化を調査し、診断の支援も行っております。本ガイドラインは、PMLの最新情報を踏まえて本研究班のPML分科会（分科会長：三浦義治）によって原案が執筆され、研究班全体による検討、パブリックコメントを経て、関連学会である日本神経学会、日本神経感染症学会から承認を得て発刊されたものです。関係各位のご尽力に心より感謝いたします。

PMLの診療ガイドラインにつきましては、本研究班は『PML診療ガイドライン 2023』を発行しておりましたが、内容をアップデートし充実させました。PMLは稀少疾患であること、治療法が確立していないことなどから、通常の診療ガイドラインのように、強いエビデンスを示すことは難しい点は今後の課題であります。

本ガイドラインは一般的な考え方の一例を示すものであり、実際の診療では、患者さん毎の病状や背景の違い、医師の経験、施設の特性ほかの要素が十分考慮されるべきであり、このガイドラインは個々の臨床家の診療にあたっての裁量権を規制するものではないことはいうまでもありません。本ガイドラインをお読みになられた皆様からのご意見をいただき、さらに発展させていきたいと考えております。

本ガイドラインは本研究班が発行する小冊子として、また研究班ホームページ（<http://prion.umin.jp/index.html>）上にも公表されます。本ガイドラインを第一線で臨床に携わる諸先生方のご診療にお役立ていただければ誠に幸いに存じます。

2026年3月

厚生労働科学研究費補助金 難治性疾患政策研究事業
プリオン病及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班
研究代表者 高尾昌樹
(国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター)

プリオン病及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班

研究代表者 高尾 昌樹 国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター

研究分担者 [プリオン分科会]

山田 正仁 国家公務員共済組合連合会九段坂病院
水澤 英洋 国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター
中垣 岳大 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科
佐々木真理 岩手医科大学医歯薬総合研究所超高磁場 MRI 診断・病態研究部門
齊藤 延人 東京大学医学部附属病院脳神経外科
岩崎 靖 愛知医科大学加齢医科学研究所
坪井 義夫 福岡大学医学部脳神経内科学教室
北本 哲之 国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター
濱口 毅 金沢大学医薬保健研究域医学系
佐藤 克也 長崎大学・大学院医歯薬学総合研究科
大平 雅之 国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター

[SSPE 分科会]

細矢 光亮 福島県立医科大学医学部小児科学講座
長谷川俊史 山口大学大学院医学系研究科小児科学講座
酒井 康成 九州大学大学院医学研究科
柴田 敬 岡山大学病院小児神経科
高橋 琢理 国立感染症研究所疫学研究センター

[PML 分科会]

中道 一生 国立感染症研究所ウイルス第一部
三浦 義治 東京都立駒込病院脳神経内科
雪竹 基弘 国際医療福祉大学福岡保健医療学部医学検査学科
阿江 竜介 自治医科大学地域医療学センター公衆衛生部門
鈴木 忠樹 国立感染症研究所感染病理部
原田 雅史 徳島大学大学院医歯薬学研究部放射線診断科
三條 伸夫 東京医科歯科大学大学院医歯薬学総合研究科
脳神経病態学(脳神経内科)
王子 聡 埼玉医科大学総合医療センター神経内科
高橋 和也 独立行政法人国立病院機構医王病院統括診療部
中原 仁 慶應義塾大学医学部神経内科

進行性多巣性白質脳症 (PML) 診療ガイドライン 2026 執筆担当者一覧

三浦	義治	東京都立駒込病院脳神経内科
雪竹	基弘	国際医療福祉大学福岡保険医療学部医学検査学科
阿江	竜介	自治医科大学地域医療学センター公衆衛生部門
鈴木	忠樹	国立感染症研究所感染病理部
原田	雅史	徳島大学大学院医歯薬学研究部放射線診断科
三條	伸夫	東京医科歯科大学大学院医歯薬学総合研究科 脳神経病態学（脳神経内科）
高橋	和也	独立行政法人国立病院機構医王病院統括診療部
中原	仁	慶應義塾大学医学部神経内科
濱口	毅	金沢大学附属病院脳神経内科
中道	一生	国立感染症研究所ウイルス第一部

目 次

発行にあたって	1
プリオン病及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班	2
進行性多巣性白質脳症（PML）診療ガイドライン 2026 執筆担当者一覧	3
ガイドライン作成の目的と方法	5
4 1. 進行性多巣性白質脳症（PML）の概説	
CQ 1-1. PML はどのような疾患ですか？	8
CQ 1-2. PML の疫学、基礎疾患や誘発因子はなんですか？	10
CQ 1-3. PML はどのようにして発症しますか？	14
CQ 2. PML の診断	
CQ 2-1. PML ではどのような症状や経過がみられますか？	16
CQ 2-2. PML の脳脊髄液検査で重要な項目はなんですか？	18
CQ 2-3. PML の画像所見の特徴はなんですか？	20
CQ 2-4. PML の病理所見の特徴はなんですか？	23
CQ 2-5. 薬剤関連 PML の特徴はなんですか？	25
CQ 2-6. PML はどのように診断しますか？	30
CQ 3. PML の重症度分類	
CQ 3-1. PML の重症度はどのように評価しますか？	33
CQ 4. PML の治療	
CQ 4-1. PML はどう治療しますか？	39
CQ 4-2. HIV 関連 PML の治療はどうするのですか？	52
CQ 4-3. 薬剤関連 PML の治療はどうするのですか？	57
CQ 4-4. 薬剤関連 PML 以外の非 HIV 関連 PML の治療はどうするのですか？	63
CQ 4-5. 免疫再構築症候群（IRIS）の診断と治療はどうするのですか？	67
CQ 5. PML における社会資源や介護・心理社会的支援	
CQ 5-1. PML 患者・家族のための社会資源や介護・心理社会的支援には どのようなものがありますか？	71
CQ 6. PML の診療支援	
CQ 6-1. PML の診療支援にはどのようなものがありますか？	73
略語集	76

ガイドライン作成の目的と方法

1. 本ガイドライン作成の目的と対象

進行性多巣性白質脳症 (progressive multifocal leukoencephalopathy: PML) は免疫不全を背景に発症する稀少疾患である。基礎疾患はヒト免疫不全ウイルス (human immunodeficiency virus: HIV) 感染症のほか、血液系悪性腫瘍疾患、自己免疫疾患など多岐にわたるが、特にわが国では欧米と較べて基礎疾患が多様である。また近年、多発性硬化症に対する治療薬ナタリズマブに関連する PML が多発するなど、抗体医薬 (生物由来製品) や移植医療に伴う免疫抑制薬の使用拡大によって PML 発症が増加しており、多くの領域の医療関係者にとって留意すべき疾患となっている。また、治療についても、近年、抗マラリア薬のメフロキンに抗 JC ウイルス (JC virus: JCV) *作用があることが示され、PML 治療へ応用されているが、その有効性についてはさまざまな報告がある。

本ガイドラインは、PML 診療を専門としない一般医師を対象に、最新のデータに基づく診療ガイドラインを提供することを目的とした。また、本研究班が推進している PML サーベイランスの紹介、サーベイランスを通じた診断支援、メフロキンによる臨床試験等の情報も併せて掲載した。

2. 本ガイドライン作成の経緯と作成方法

「プリオン病及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班」の「PML 分科会」が中心となって本ガイドラインを作成した [班員名簿 (ii ページ) 参照]。

具体的な作成の経緯としては、まず、令和 5 年度研究報告会 (令和 6 年 1 月) 時の研究者会議にて、「PML 診療ガイドライン 2023」を改訂し、「PML 診療ガイドライン 2026」をクリニカルクエスチョン (CQ) 形式で作成することを決定した。さらに今回の、「PML 診療ガイドライン 2026」の構成、ガイドライン作成の方法や手順 (編集の方針等) について基本的な合意を得た。その後、編集委員会で問題点を討議しながら編集作業を行った。具体的なガイドラインの作成方法・手順は以下の通りである。

(1) 本診療ガイドラインの構成と原案執筆担当者

ガイドライン作成の目的と方法 (高尾昌樹)

CQ 1. 進行性多巣性白質脳症 (PML) の概説

CQ 1-1. PML とはどのような疾患ですか? (雪竹基弘)

CQ 1-2. PML の疫学、基礎疾患や誘発因子はなんですか? (阿江竜介)

CQ 1-3. PML はどのようにして発症しますか? (鈴木忠樹)

CQ 2. PML の診断

CQ 2-1. PML ではどのような症状や経過がみられますか? (三浦義治)

CQ 2-2. PML の脳脊髄液検査で重要な項目はなんですか? (中道一生)

CQ 2-3. PML の画像所見の特徴はなんですか? (原田雅史)

CQ 2-4. PML の病理所見の特徴はなんですか? (三浦義治)

CQ 2-5. 薬剤関連 PML の特徴はなんですか? (高橋和也)

CQ 2-6. PML はどのように診断するか? (三浦義治)

CQ 3. PML の重症度分類

CQ 3-1. PML の重症度はどのように評価しますか? (雪竹基弘)

【脚注】

*名称につき、Polyomaviridae Study Group of the International Committee on Taxonomy of Viruses による分類では *Human polyomavirus 2*, JC polyomavirus (JC virus; JCV; JCPyV) とされている¹。

CQ 4. PML の治療

CQ 4-1. PML はどう治療しますか？(三條伸夫)

CQ 4-2. HIV 関連 PML の治療はどうするのですか？(三浦義治)

CQ 4-3. 薬剤関連 PML の治療はどうするのですか？(中原仁)

CQ 4-4. 薬剤関連 PML 以外の非 HIV 関連 PML の治療はどうするのですか？(三浦義治)

CQ 4-5. 免疫再構築症候群(IRIS)の診断と治療はどうするのですか？(三浦義治)

CQ 5. PML における社会資源や介護・心理社会的支援

CQ 5-1. PML 患者・家族のための社会資源や介護・心理社会的支援にはどのようなものがありますか？
(雪竹基弘)

CQ 6. PML の診療支援

CQ 6-1. PML の診療支援にはどのようなものがありますか？(瀧口毅)

略語集(研究班事務局)

(2) 作成手順

- 1) 原案執筆担当者は原案となる初稿を作成した(2024年10月)。
- 2) 研究班事務局は、すべての原稿をまとめて、それを執筆者全員に閲覧し、意見を求めた(2025年4月)。
- 3) 研究班事務局は、寄せられた意見を原案執筆者に送付し、代表者も含め審議の上、必要な修正を行った(2025年6月)。
- 4) 研究班事務局は、3)でまとめ原稿を、執筆者を含む研究班全員に閲覧し、再度、意見を求めた(2025年6月)。
- 5) 研究班事務局は、再度、寄せられた意見を、コア会議および原案執筆者と協議の上、必要な修正を行った(2025年6月)。
- 6) 研究班事務局は、5)でまとめた原稿を、研究班全員に送付し、再度意見を求めた(2025年7月)。
- 7) 研究班事務局は、すべての改訂原稿をまとめ(暫定版)、再度暫定版をホームページで公開し、広くパブリックコメントを求めた(2025年4月)。
- 8) 研究班事務局は、パブリックコメントにより寄せられた意見に基づき必要な改訂を加え、関連学会である日本神経学会、日本神経感染症学会による承認を求めた(2025年7月)。両学会からの改訂意見に基づき、改訂し最終版を作成し、両学会の承認を得た(日本神経学会2025年11月、日本神経感染症学会2025年9月)。
- 9) 承認を得たものを完成版とし、冊子体及びホームページ等で公開した(2026年2月)。

3. 本ガイドラインに使用するエビデンスレベル、推奨グレード

診療ガイドラインでは、治療の項において、下記に示す「Minds 診療ガイドライン作成マニュアル 2020 ver.3.0」¹によるエビデンスレベル、推奨グレードを使用する。

推奨の強さの記載方法

1. 推奨の強さ: 強く推奨する
 2. 推奨の強さ: 弱く推奨する(提案する)
- (推奨の強さ「なし」: 明確な推奨ができない)

推奨決定のための、アウトカム全般のエビデンスの強さ

- A(強): 効果の推定値が推奨を支持する適切さに強く確信がある
B(中): 効果の推定値が推奨を支持する適切さに中程度の確信がある
C(弱): 効果の推定値が推奨を支持する適切さに対する確信は限定的である
D(非常に弱い): 効果の推定値が推奨を支持する適切さにほとんど確信できない

推奨文の記載方法

推奨文は、推奨の強さと、エビデンスの確実性(強さ)を併記する。

文例:

- 1) 強く推奨する(推奨の強さ 1、エビデンスの確実性 A)
- 2) 条件付きで推奨する(推奨の強さ 2、エビデンスの確実性 C)
- 3) 行わないことを提案する(推奨の強さ 2、エビデンスの確実性 D)
- 4) 行わないことを強く推奨する(推奨の強さ 1、エビデンスの確実性 B)

4. 本ガイドライン作成上の問題点とその対応

(1) 本ガイドラインにおける CQ 形式の採用について

本疾患については、エビデンスレベルの高い研究に乏しいため、本来の意味で CQ を設定することが困難であり、実質的にはバックグラウンドクエスチョン(BQ)に相当するものがほとんどとなるが、『PML 診療ガイドライン 2023』に対する日本医療機能評価機構の評価結果等もふまえ、継続して CQ 形式を採用し、一部には文献検索を導入することを研究班コア会議(研究代表者、分科会長)、令和 5 年度研究報告会時の研究者会議等で決定した。

(2) 保険診療外の検査・治療の取扱いについて

保険診療外の検査・治療についてもガイドラインに含め、保険診療で認められていない場合は、それを明示するという方針をとった。

(3) 資金源および利益相反の問題について

本ガイドライン作成の資金源は本研究班に交付された厚生労働科学研究費補助金による。本ガイドライン作成に従事した研究代表者、研究分担者は利益相反に関する審査を受けた。報告すべき利益相反事項はなかった。

文献/URL

1. Polyomaviridae Study Group of the International Committee on Taxonomy of Viruses, et al. A taxonomy update for the family *Polyomaviridae*. Arch Virol 2016; 161: 1739-1750.
2. Minds 診療ガイドライン作成マニュアル 2020 ver.3.0 公益財団法人日本医療機能評価機構 (https://minds.jcqh.or.jp/s/manual_2020_3_0)

CQ 1. 進行性多巣性白質脳症（PML）の概説

CQ 1-1. PML はどのような疾患ですか？

【回答】

- 進行性多巣性白質脳症 (progressive multifocal leukoencephalopathy: PML) は JC ウイルス (JC virus: JCV) による中枢神経感染症の一形態である。亜急性に様々な神経症候を呈し、多くは致命的とされるが、基礎疾患によっては長期生存例もある。ただし、その場合も機能障害を残すことが多い。本邦では年間 30～40 名程度の発生を認めている。
- 主に細胞性免疫の低下を背景に発症するが、近年は新規疾患修飾療法による薬剤関連 PML が注目されている。
- PML の診断は、臨床症候、頭部 MRI/CT、脳脊髄液 (cerebrospinal fluid: CSF) の JCV DNA の検出、病理所見および除外診断を柱とするが、無症候性 PML も存在する。
- 根治に至る JCV に特異的な抗ウイルス薬などはなく、治療の基本は免疫学的回復と免疫再構築症候群 (immune reconstitution inflammatory syndrome: IRIS) への対応である。

【解説】

PML は JCV が脳のオリゴデンドロサイトで増殖し、多発性の脱髄病変を呈する中枢神経感染症である。大脳白質が病変の主体だが、小脳や脳幹病変での発症もある^{1, 2}。本邦での PML 発症頻度は 2007 年度の年間 10 名程度から上昇しており、現在は年間 30～40 名程度である³。

PML は主に細胞性免疫の低下を背景に発症するが、本邦の基礎疾患は多岐にわたる⁴。欧米においても以前は患者の多くがヒト免疫不全ウイルス (Human immunodeficiency virus: HIV) 感染症を基礎疾患としていたが、現在は多様である^{2, 5}。近年は新規疾患修飾療法などによる薬剤関連 PML (特に多発性硬化症患者の再発予防に使用されるナタリズマブやフィンゴリモドなどによる PML) が注目されている^{6, 7}。本邦ではフィンゴリモド関連 PML の発生率が欧米に比して有意に高い⁸。生命予後は基礎疾患により異なり、HIV 関連 PML の中央生存期間は 1.8 年、非 HIV 関連 PML は 3 ヶ月とされているが、ナタリズマブ関連 PML の死亡率は約 24% である⁹。

PML の臨床症候は亜急性に進行する認知機能障害・片麻痺・構音障害や失語など多彩である⁴。細胞性免疫の低下を認める患者がこのような症状を呈し、頭部 MRI で多巣性の白質病変を認めた場合に PML を疑う。臨床症状と MRI で PML を疑い、除外診断とともに CSF の JCV DNA 検査や脳生検の病理学的検査で診断を確定する。ただし、新規疾患修飾療法による薬剤関連 PML では頭部 MRI で白質病変を認めるものの、臨床症状を欠く無症候性 PML が知られている¹⁰。

現在、JCV に対して確立された治療薬はなく、PML 治療における唯一の効果的な治療は免疫学的回復である。そのため HIV 関連 PML では原疾患の治療である抗レトロウイルス療法 (anti-retroviral therapy: ART) が有効である^{11, 12}。一方、非 HIV 関連 PML では免疫抑制状態の誘因薬剤などの中止が免疫機能の回復につながる。非 HIV 関連 PML のうち、薬剤関連 PML では可能な範囲で誘因薬剤の減量・中止を行う。薬剤関連 PML 以外の非 HIV-PML では基礎疾患を検索し、免疫学的検査も施行して、可能な限り基礎疾患の治療と免疫学的回復を図る⁴。また、PML 治療介入後に臨床症状の増悪、頭部 MRI でのガドリニウム増強効果や腫瘍効果 (mass effect) をみることがあり、免疫再構築症候群 (IRIS) の関連が疑われる。IRIS は生命/機能予後に重要な病態であり治療対象となる事が多い⁴。

文献

1. Tan CS, Korálnik IJ. Progressive multifocal leukoencephalopathy and other disorders caused by JC virus: clinical features and pathogenesis. *Lancet Neurol* 2010; 9: 425-437.
2. Cortese I, Reich DS, Nath A. Progressive multifocal leukoencephalopathy and the spectrum of JC virus-related disease. *Nat Rev Neurol* 2021; 17:37-51.
3. Nakamichi K, Miura Y, Shimokawa T, Takahashi K, Suzuki T, Funata N et al: Nationwide Laboratory Surveillance of Progressive Multifocal Leukoencephalopathy in Japan: Fiscal Years 2011-2020. *Viruses* 2023;15:968-989.
4. 進行性多巣性白質脳症（progressive multifocal leukoencephalopathy: PML）診療ガイドライン 2023.厚生労働科学研究費補助金 難治性疾患政策研究事業「プリオン病及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班」（研究代表者 高尾昌樹）http://prion.umin.jp/guideline/pdf/guideline_PML_2023.pdf
5. Kartau M, Sipilä JO, Auvinen E, Palomäki M, Verkkoniemi-Ahola A. Progressive Multifocal Leukoencephalopathy: Current Insights. *Degener Neurol Neuromuscul Dis* 2019; 2: 109-121.
6. Piccinni C, Sacripanti C, Poluzzi E, Motola D, Magro L, Moretti U, et al. Stronger association of drug-induced progressive multifocal leukoencephalopathy (PML) with biological immunomodulating agents. *Eur J Clin Pharmacol* 2010; 66: 199-206.
7. 雪竹基弘：進行性多巣性白質脳症（PML）。脳神経内科学レビュー2024-'25：362-367，2024。
8. 三條伸夫：多発性硬化症の疾患修飾薬と進行性多巣性白質脳症。神経治療 38：551-557，2021。
9. <https://biogenlinc.jp/> (閲覧には登録が必要)。
10. Dong-Si T, Richman S, Wattjes MP, Wenten M, Gheuens S, Philip J, et al. Outcome and survival of asymptomatic PML in natalizumab-treated MS patients. *Ann Clin Transl Neurol* 2014; 1: 755-764.
11. Panel on Opportunistic Infections in HIV-Infected Adults and Adolescents. Guidelines for the prevention and treatment of opportunistic infections in HIV-infected adults and adolescents: Recommendations from the Centers for Disease Control and Prevention, the National Institutes of Health, and the HIV Medicine Association of the Infectious Diseases Society of America. http://aidsinfo.nih.gov/contentfiles/lvguidelines/adult_oi.pdf
12. Hernández B, Dronda F, Moreno S. Treatment options for AIDS patients with progressive multifocal leukoencephalopathy. *Expert Opin Pharmacother* 2009; 10: 403-416.

Q 1-2. PML の疫学、基礎疾患や誘発因子はなんですか？

【回答】

- 進行性多巣性白質脳症 (Progressive multifocal leukoencephalopathy: PML) の正確な罹患状況を把握する目的で発足した PML サーベイランス事業のデータベースには現在、239 例の PML 罹患者の臨床情報が登録されている。
- PML 罹患者は男性が 54% を占め、罹患年齢の平均 (中央値) は 61 (63) 歳で、男女ともに 60 歳代にピークが認められる。
- 2021 年の罹患率 (人口 1,000 万人対年間) は 3.6 であり、年々上昇傾向にある。
- PML 発症後の死亡例は本邦では 15% にとどまる (諸外国データでは 1 年以内に 38% が死亡)。
- 脳生検・剖検が的確な診断に寄与していることが示唆される。
- 本邦では、免疫機能不全に影響する基礎疾患は血液疾患・造血幹細胞移植が 38% と最も頻度が高く、膠原病 21%、HIV-AIDS 15% がこれに続く。諸外国では HIV-AIDS の頻度が高い。
- 免疫不全の基礎疾患を有さない罹患例も報告されている (本研究班データでは全体の 6%)。
- 免疫抑制薬や抗悪性腫瘍薬、モノクローナル抗体製剤などの薬物治療に起因する PML 発病例が世界中で報告されている ([CQ 2-5. 薬剤関連 PML の特徴はなんですか？](#) を参照)。
- 多発性硬化症 (multiple sclerosis: MS) の再発予防薬による重大な副作用のひとつとして PML の発病が報告されており、本邦では特にフィンゴリモド関連 PML の頻度が諸外国より高い。

【解説】

本研究班は PML の正確な罹患状況を把握する目的で 2015 年から PML サーベイランス事業を開始し、本邦で発病した PML 症例のモニタリングおよび予後調査を実施している¹。この事業は、脳神経内科学、神経病理学、放射線医学、ウイルス学、疫学などの専門家で構成した「PML サーベイランス委員会」が運営する疾病登録事業であり、全国の医療機関で PML が疑われた患者を対象に (全数把握)、年三回の症例検討を実施している。2016 年 12 月から 2024 年 7 月までの期間に、499 症例が委員会で検討され、239 症例が PML 罹患患者として登録された (残りの 260 症例は PML 否定例として登録)。登録症例 (N=239) のデータ解析により得られた本邦の PML の疫学的特徴は次のとおり。

【性・年齢の分布】 男性が 129 例 (54%) とやや多く、罹患年齢の平均 (中央値) は 61 歳 (63 歳) であり、最年少は 18 歳、最年長は 88 歳だった。年齢階級別の分布では、男女ともに 60 歳代にピークが認められた (図 1)。

【罹患患者および罹患率の年次推移】 2021 年が 44 例 (20%) と最も多く、2023 年の 31 例 (14%) がこれに続いた (図 2)。各年の PML 罹患患者数を同年における総人口で除して算出した罹患率 (人口 1,000 万人対年間) は、2016 年以降増加傾向にあり、2021 年の罹患率は 3.6 であった (図 2)。過去の疫学調査結果 (N=52)^{2,3} と比較して、PML 罹患患者数は増加傾向にあることが示唆された。

【地域分布】 罹患患者数は関東、中部、近畿で 164 人 (69%) と全体の 3 分の 2 を占める一方、罹患率 (人口 1,000 万人対年間) は北海道が 4.6 と最も高く、中部の 4.3、中国の 3.3 がこれに続いた (表 1)。

【死亡例】 PML 発症後に死亡が確認された症例は 37 例 (15%) にとどまった。

【その他の特徴】 研究班の診断基準に基づく診断の確実度は、確実例が 219 例 (92%) と大半を占めたが、そのうち 69 例 (確実例の 35%) に脳生検・剖検が施行されていた。確実例のうち、脳

脊髄液で JCV が検出されず脳生検・剖検に至り、病理所見で JCV が認められた症例が 14 症例（確実例の 6%）含まれており、脳生検・剖検が的確な診断に寄与していることが示唆された。

【免疫機能不全に影響する背景疾患】 血液疾患・造血幹細胞移植が 92 例（38%）と最も頻度が高く、膠原病（自己免疫疾患）51 例（21%）、HIV-AIDS 36 例（15%）、固形癌 27 例（11%）、人工透析 23 例（10%）、多発性硬化症 15 例（6%）がこれに続いた（図 4）。血液疾患では悪性リンパ腫が 51 例（血液疾患例の 55%）を占め、膠原病では全身性エリテマトーデスが 28 例（膠原病症例の 58%）を占めた。免疫機能不全に影響する基礎疾患を特定できなかった症例を 12 例（6%）に認めた。

【MS 再発予防薬による PML】 PML サーベイランス委員会では MS を基礎疾患とする PML 症例をモニタリングしている（薬剤関連 PML については [CQ 2-5. 薬剤関連 PML の特徴はなんですか？](#) を参照）。MS を基礎疾患とする PML は現在 15 例が登録されており、9 例にフィンゴリモド、6 例はナタリズマブが使用されていた。現時点でフマル酸ジメチルに関連した PML は確認されていない。本邦ではフィンゴリモド関連 PML の頻度が諸外国と比較して有意に高く⁴、今後もその動向が注目されている。

諸外国からの報告では、フランスで実施された疫学研究が現段階では世界最大の症例数（N=584）を含み、妥当性の高い分析結果をまとめている⁵。この研究によると、PML 罹患者は男性が 58% と有意に頻度が高く、罹患率（人口 1,000 万人対年間）は¹¹、免疫機能不全に影響する背景疾患は HIV-AIDS が 44% と最多で、血液疾患（22%）がこれに次いだ。フランスは本邦と比較して HIV の有病率が 5 倍以上高く、HIV-AIDS の罹患状況の差異が PML 罹患に影響している可能性がある。また、フランスの疫学研究では PML 罹患から 1 年以内の 38% が死亡していることも報告されている⁵。

国内では現在、2 編の疫学研究が報告されている。ひとつは DPC データベースをもとに PML が疑われて入院した患者を特定した研究（N=419）⁶ であり、もうひとつは医薬品医療機器総合機構（PMDA）が公表している薬剤副作用報告データベースから PML 罹患者を特定した研究（N=361）⁷ である。いずれの研究も分析結果が本研究班のデータ分析とは異なるところもあり、臨床情報（診断）の確度や調査の悉皆性などが影響している可能性がある。

たとえば、腎移植後治療薬のミコフェノレート、ベラタセプト、抗悪性腫瘍薬のフルダラビン、イブルチニブのほか、モノクローナル抗体製剤ではナタリズマブ、リツキシマブ、インフリキシマブ、ブレンツキシマブ、エクリズマブなど、治療の副作用として PML を発病する薬剤は多岐にわたる。免疫抑制薬や分子標的治療薬などによる治療法の普及を反映し、今後は薬剤関連 PML の頻度が増える可能性がある。

MS の再発予防薬による重大な副作用のひとつとして PML の発病が報告されている¹³⁻¹⁵。特にナタリズマブは PML の発病頻度が比較的高い（治療患者 1,000 人に 1 人）^{13,14}。近年、フィンゴリモドに起因する PML が報告されており¹⁵、本邦ではその頻度が諸外国と比較して有意に高く¹、今後もその動向が注目されている。

表 1

地域別の罹患者数と罹患率 (N = 239)

	n	(%)	人年*	罹患率
北海道	19	(8%)	41百万 人年	4.6
東北	12	(5%)	68百万 人年	1.8
関東	82	(34%)	337百万 人年	2.4
中部	46	(19%)	106百万 人年	4.3
近畿	36	(15%)	232百万 人年	1.6
中国	19	(8%)	57百万 人年	3.3
四国	9	(4%)	29百万 人年	3.1
九州・沖縄	16	(7%)	112百万 人年	1.4

* 2016~2023年(8年間分)の人口総数

(/1,000万人/年)

図 1

年齢 分布 (N=239)

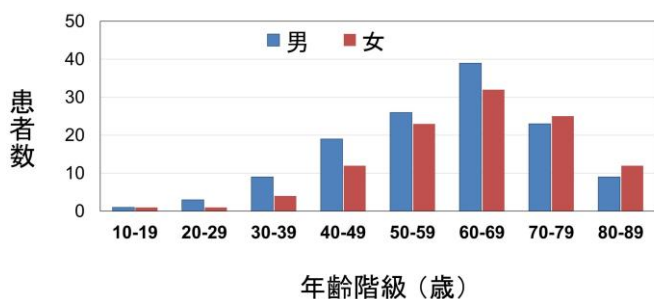
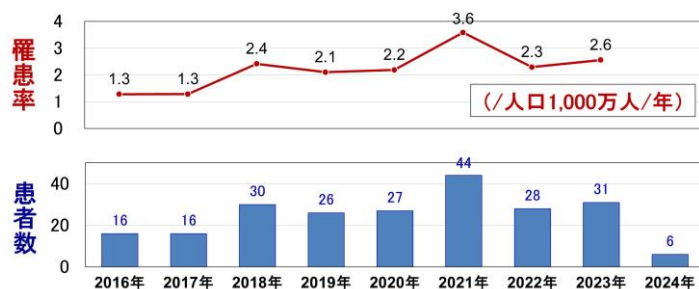


図 2

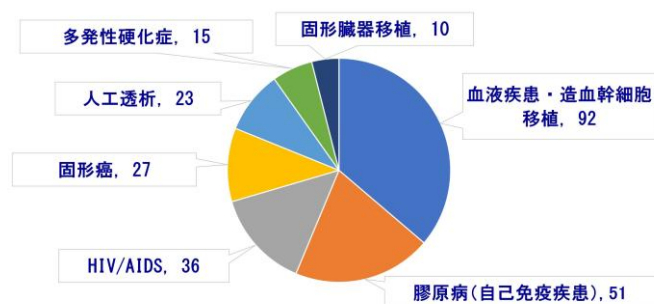
PML罹患者数と罹患率の年次推移 (n=224*)



*発病年 不明(2例), 2015年以前の発症者(13例)を除外して集計

図 3

免疫機能不全に影響する背景疾患* (N=239)



*背景疾患は重複することがある

文献

1. 阿江竜介. サーベイランス結果に基づく本邦の進行性多巣性白質脳症(PML)の疫学. 厚生労働科学研究費補助金:難治性疾患等政策研究事業(難治性疾患政策研究事業)プリオン病及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班 令和5(2023)年度(総合)分担研究報告書.
2. 岸田修二, 黒田康夫, 余郷嘉明, 保井孝太郎, 長嶋和郎, 水澤英洋. 進行性多巣性白質脳症の診断基準に基づいた全国疫学調査結果. 厚生労働科学研究費補助金 難治性疾患克服研究事業 プリオン及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班 平成15年度研究報告書 2004. pp227-232.
3. Nakamichi K, Mizusawa H, Yamada M, Kishida S, Miura Y, Shimokawa T, et al. Characteristics of progressive multifocal leukoencephalopathy clarified through internet-assisted laboratory surveillance in Japan. BMC Neurol 2012; 12: 121.
4. 阿江竜介. 人口動態統計に基づくわが国の進行性多巣性白質脳症の疫学像 — 本邦で発病したフィンゴリモド関連 PML の検討も含めた報告 —. 厚生労働科学研究費補助金:難治性疾患等政策研究事業(難治性疾患政策研究事業)プリオン病及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班 平成28(2016)年度(総合)分担研究報告書. pp175-182.
5. Joly M, Conte C, Cazanave C, Le Moing V, Tattevin P, Delobel P, Sommet A, Martin-Blondel G. Progressive multifocal leukoencephalopathy: epidemiology and spectrum of predisposing conditions. Brain. 2023;146: 349-358.
4. Power C, Gladden JG, Halliday W, Del Bigio MR, Nath A, Ni W, et al. AIDS- and non-AIDS-related PML association with distinct p53 polymorphism. Neurology 2000; 54: 743-746.
5. Martinez AJ, Ahdab-Barmada M. The neuropathology of liver transplantation: comparison of main complications in children and adults. Mod Pathol 1993; 6: 25-32.
6. Otaka H, Imai S, Fushimi K. Epidemiology of progressive multifocal leukoencephalopathy in Japan and effectiveness of mefloquine: A retrospective analysis of a nationwide inpatient database. J Neurol Sci. 2023:120774.
7. Sakurai S, Maezawa M, Nakao S, Hirofuji S, Miyasaka K, Yamashita M, Matsui K, Nishida S, Kobayashi R, Iguchi K, Hayashi Y, Suzuki A, Nakamura M. Progressive multifocal leukoencephalopathy analyzed using the Japanese Adverse Drug Event Report database. J Neurol Sci. 2023:122789.

CQ 1-3. PML はどのようにして発症しますか？

【回答】

- 中枢神経系の髄鞘形成細胞であるオリゴデンドログリアが JC ウイルス (JC virus: JCV) の溶解感染により傷害されることで脱髄が起こり、進行性多巣性白質脳症 (progressive multifocal leukoencephalopathy: PML) が発症する。
- 多くの人は JCV に無症候性に感染しているが、細胞性免疫の低下が PML 発症の大きな要因となる。
- PML の発症機序として下記の 2 説が提唱されている。
 - 1) 脳内に潜伏していた JCV が再活性化する説。
 - 2) 骨髄・末梢リンパ球から PML 型の JCV が脳内に移行し増殖する説。

【解説】

JCV は PML の原因ウイルスであり、その感染経路に関しては未だ不明な点が多いが、JCV が経口または経気道的に体内に侵入して初感染が成立し、その後、扁桃及び、血行性に腎臓や骨髄に到達し、それらの臓器において潜伏感染することが考えられている¹。これまでに実施された血清疫学研究では²、抗 JCV 抗体が半数以上の成人に認められているとの報告が多いことから、多くの人が無症候性に感染していると考えられている。

JCV は健常成人の尿中からも検出されており³、尿を介して環境中に排出される。また、JCV のゲノム断片は腎臓、扁桃、末梢リンパ球、骨髄、脳等から検出されている。

JCV はゲノム上の調節領域の遺伝子構造により、原型 (Archetype) JCV と PML 型 (変異型) (PML type, Prototype) JCV に分類される。原型 JCV は健常者及び PML 患者の尿から検出される。尿から検出される JCV の殆どが原型の調節領域を有し、PML 患者の脳において原型の JCV が検出されることは稀である。脳で検出される JCV の調節領域は主に PML 型 JCV のそれであり、その調節領域の塩基配列は多様であることが報告されている。JCV の調節領域の多様性は、原型 JCV の調節領域の遺伝子再構成により出現すると考えられている。

PML の発症機構は、不顕性感染していた JCV が宿主の免疫能低下に伴い再活性化し、中枢神経系の髄鞘形成細胞であるオリゴデンドログリアに溶解感染することで、オリゴデンドログリアが特異的に傷害され脱髄巣が形成されることによると考えられている⁴。宿主の免疫不全状態を契機にして、JCV が再活性化し、中枢神経系のオリゴデンドログリア、アストロサイト、及び神経細胞で増殖する機序については未だ不明な点が多く、脳内に潜伏している JCV が再活性化して PML が起こるとする説と、骨髄や末梢リンパ球に潜伏する PML 型 JCV が脳内に移行して増殖することにより PML が起こるとする説が提唱されている⁵。いずれの説においても、免疫不全によって細胞傷害性 T 細胞による細胞性免疫が低下し、宿主において、JCV の増殖を抑制出来なくなることが PML 発症の大きな要因となると考えられている⁶。PML の発症には、宿主免疫能低下という宿主側の要因の他に遺伝子再構成等の遺伝子変異によるウイルス側の要因も関与していると考えられているが、宿主免疫能低下が最も重要な発症リスク因子である。また、免疫系分子を標的とした抗体医薬等の薬剤による PML 発症においても、同様に細胞性免疫の低下が重要な要因と考えられている⁷。

文献

1. Ferenczy MW, Marshall LJ, Nelson CD, Atwood WJ, Nath A, Khalili K, et al. Molecular biology, epidemiology, and pathogenesis of progressive multifocal leukoencephalopathy, the JC Virus-induced demyelinating disease of the human

- brain. *Clin Microbiol Rev* 2012; 25: 471-506.
2. Bozic C, Richman S, Plavina T, Natarajan A, Scanlon JV, Subramanyam M, et al. Anti-John Cunningham virus antibody prevalence in multiple sclerosis patients: baseline results of STRATIFY-1. *Ann Neurol* 2011; 70: 742-750.
 3. Schweitzer F, Laurent S, Cortese I, Fink GR, Silling S, Skripuletz T, et al. Progressive Multifocal Leukoencephalopathy: Pathogenesis, Diagnostic Tools, and Potential Biomarkers of Response to Therapy. *Neurology*. 2023;101(16):700-13.
 4. Richardson-Burns SM, Kleinschmidt-DeMasters BK, DeBiasi RL, Tyler KL. Progressive multifocal leukoencephalopathy and apoptosis of infected oligodendrocytes in the central nervous system of patients with and without AIDS. *Arch Neurol* 2002; 59: 1930-1936.
 5. Wollebo HS, White MK, Gordon J, Berger JR, Khalili K. Persistence and pathogenesis of the neurotropic polyomavirus JC. *Ann Neurol* 2015; 77: 560-570.
 6. Du Pasquier RA, Kuroda MJ, Zheng Y, Jean-Jacques J, Letvin NL, Koralknik IJ. A prospective study demonstrates an association between JC Virus-specific cytotoxic T lymphocytes and the early control of progressive multifocal leukoencephalopathy. *Brain* 2004; 127: 1970-1978.
 7. Pavlovic D, Patel MA, Patera AG, Peterson I. T cell deficiencies as a common risk factor for drug associated progressive multifocal leukoencephalopathy. *Immunobiology* 2018; 223: 508-517.

CQ 2. PML の診断

CQ 2-1. PML ではどのような症状や経過がみられますか？

【回答】

- 大脳、小脳、脳幹に病巣が出現するため、その病巣を反映した多様な症状がみられる。
- 臨床症状としては認知機能障害や片麻痺、構音障害の頻度が高い。その他にも性格変化や異常行動などの精神症状や感覚障害などもみられるが、発熱や頭痛といった症状は稀である。
- 亜急性の臨床症状の進行が特徴的であり、初発症状は日や週の単位で増悪し、新規症状も加わり自然経過では数ヶ月で失外套状態に至る。
- 近年では多発性硬化症 (multiple sclerosis: MS) の疾患修飾薬であるナタリズマブやフィンゴリモド使用によりおこる進行性多巣性白質脳症 (progressive multifocal leukoencephalopathy: PML) は、原疾患に対して定期的に行われるMRI検査で偶発的に病巣が発見され、無症候の場合もある。

【解説】

PMLは大脳、脳幹、小脳いずれの場所にも白質病変として脱髄変化が起るため、それらの病変部位を反映した多様な神経症状を呈する一方で、視神経、脊髄は侵されにくい。

Augstoらの報告²によると、ヒト免疫不全ウイルス (human immunodeficiency virus: HIV) 関連PML患者21例のデータでは、片麻痺13例 (61.9%)、認知機能障害を含む精神症状10例 (41.7%)、構音障害8例 (38%)、同名半盲を含む視覚障害5例 (23.8%)、失調歩行3例 (14.3%)、眼振2例 (9.5%)、けいれん2例 (9.5%)、下肢異常感覚1例 (4.7%)、測定障害1例 (4.7%) であった。2019年のSummersらの報告³でも、HIV関連PML患者32例のデータでも運動麻痺 (18.69%)、認知機能障害 (15.58%)、構音障害 (11.42%) であった。

Fournierらの報告⁴では、HIV関連PML患者の46例のデータを集め、運動障害69%、発話障害36%、認知障害33%、小脳失調28%、視覚障害23%であった。

Maasら⁵はPubMedやオランダ医薬品副作用データベースなどの調査から326人の薬剤関連PML (MS、悪性腫瘍、移植後、自己免疫疾患) を解析し、運動麻痺135例 (48.6%)、認知機能障害120例 (43.2%)、構音障害73例 (26.3%)、失調67例 (24.1%) であった。

2016年以降の本邦発症PMLの臨床症状のデータ (239例) は、認知機能障害135例 (56.5%)、片麻痺/四肢麻痺134例 (56.1%)、構音障害110例 (46.0%) であった。サーベイランス登録時の臨床症状の頻度を表2に示す。

自然経過として、初発症状の日ないしは週単位での増悪に合わせて、膀胱直腸障害やけいれんなどの症状が加わり数ヶ月の内に無言・無動となる⁶。

臨床症状	患者数	頻度 (%)
認知機能障害	135	56.5
片麻痺／四肢麻痺	134	56.1
構音障害	110	46
深部腱反射亢進	82	34.3
小脳症状	80	33.5
嚥下障害	80	33.5
失語	79	33.1
精神障害	59	24.7
感覚障害	49	20.5
視野障害	44	18.4
無動無言	39	16.3
不随意運動	23	9.6

表2 PMLサーベイランス登録時の臨床症状 (厚生労働科研補助金プリオン病および遅発性ウイルス感染症に関する調査班 PMLサーベイランスデータ2016-2024より)

また近年では、MSの治療薬であるナタリズマブ⁷、フィンゴリモド⁸の使用により発症する薬剤関連PMLにおいて、症状に先行して頭部MRI病変が指摘される症例もあり、無症候性のPMLとして報告されている。

文献

1. Tan CS, Koralnik IJ. Progressive multifocal leukoencephalopathy and other disorders caused by JC virus: clinical features and pathogenesis. *Lancet Neurol* 2010; 9: 425-437.
2. Augusto L, Neves N, Reis C, Abreu C, Sarmiento A. Clinical and radiological characterization of progressive multifocal leukoencephalopathy in HIV-infected patients: a retrospective analysis and review of the literature. *Acta Med Port* 2015; 28: 286-296.
3. Summers NA, Kelley C F, Armstrong W, Marconi VC, Nguyen ML. Not a Disease of the Past: A Case Series of Progressive Multifocal Leukoencephalopathy in the Established Antiretroviral Era. *AIDS research and human retroviruses*.2019; 35: 544-552.
4. Fournier A, Martin-Blondel G, Lechapt-Zalcman E, Dina J, Kazemi A, Verdon R, et al. Immune reconstitution inflammatory syndrome unmasking or worsening AIDS-related progressive multifocal leukoencephalopathy: a literature review. *Front Immunol* 2017; 8: 577.
5. Mass RP, Muller-Hansman A, Esselink R, Murk JL, Warnke C, Killestein J, et al. Drug-associated progressive multifocal leukoencephalopathy: a clinical, radiological, and cerebrospinal fluid analysis of 326 cases. *J Neurol* 2016; 263: 2004-2021.
6. 岸田修二. PML の疫学と臨床. *Brain Nerve* 2007; 59: 125-137.
7. Chen Y, Bord E, Tompkins T, Miller J, Tan CS, Kinkel RP, et al. Asymptomatic reactivation of JC virus in patients treated with natalizumab. *N Engl J Med* 2009; 361: 1067-1074.
8. Berger J, Cree B, Greenberg B, Hemmer B, Ward B, Dong V, et al. Progressive multifocal leukoencephalopathy after fingolimod treatment. *Neurology* 2018; 90: e1815-e1821.

CQ 2-2. PML の脳脊髄液検査で重要な項目はなんですか？

【回答】

- 進行性多巣性白質脳症 (progressive multifocal leukoencephalopathy: PML) の診断では、脳脊髄液 (cerebrospinal fluid: CSF) 中の JC ウイルス (JC virus: JCV) のゲノム DNA を標的としたポリメラーゼ連鎖反応 (polymerase chain reaction: PCR) 検査が重要であり、本検査を行うことを推奨する。
- 近年では従来の CSF 中 JCV のリアルタイム PCR 検査法よりも鋭敏な超高感度リアルタイム PCR 検査法が確立されており、微量のウイルスの検出において本法が必要な場合がある。
- PML においては一般的な CSF 検査で軽度の細胞数増多や蛋白質上昇が認められることがあるが、通常は異常を認めない。
- JCV 以外のマーカーを指標とした CSF 検査については、PML の診断における実用化に至っていない。

【解説】

PML の診断では、脳組織の病変部から CSF 中に放出された JCV のゲノム DNA を検出する PCR 検査が有用である¹。CSF 中 JCV の PCR 検査は、脳生検と比較した場合に侵襲性が低く、感度は 72-92%、特異度は 92-100%であることが報告されている²。また、PCR 検査では一般的にリアルタイム PCR が用いられており、民間検査等における JCV DNA の検出下限値は検体 1 mL あたり 200 コピーもしくはそれ以上である場合が多い³。そのため、CSF 検体中に検出限界未満の微量の JCV が存在している場合には、PML であっても陰性と判定される可能性がある⁴。

しかし、現在では米国において 95%以上の感度、および 10 コピー/mL までの検出下限値を有する超高感度 PCR 検査法が確立され^{5,6}、その有用性は米国神経学アカデミー神経感染症部門 (American Academy of Neurology Neuroinfectious Disease Section) による PML の診断基準においても記載されている⁴。ナタリズマブ投与中に PML を生じた患者 20 名の診断において超高感度 PCR 検査が用いられた際には、14 名 (70%) および 8 名 (40%) における JCV DNA 量がそれぞれ 100 コピー/mL 未満および 50 コピー/mL 未満であったことから³、従来のリアルタイム PCR 検査よりも鋭敏な検査の重要性が示されている。

国立感染症研究所ウイルス第一部においても超高感度 PCR 検査が実施されており⁷、PML 患者 186 名のうち 36 名 (約 19%) において陽性判明時の CSF 中 JCV 量が 200 コピー/mL 未満であった⁸。また、フィンゴリモド投与中に PML が疑われた患者の CSF から極微量 (15 コピー/mL) の JCV が検出され、その患者が PML を発症していたことが確認された⁹。とりわけ、JCV 量が少ない傾向がある初回の CSF 検査では、一般的な PCR 検査だけでなく超高感度 PCR 検査の実施が有用である。

いくつかの民間検査会社でも一般的な CSF 中 JCV の PCR 検査の実施が可能であるが、現時点では保険適用外である。超高感度 PCR 検査については、厚生労働科学研究費補助金 難治性疾患政策研究事業「プリオン病及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班」による支援の下、国立感染症研究所ウイルス第一部において無料 (検体輸送費は除く) で実施されている。また、多発性硬化症患者の場合には製薬企業からの検査支援を受けられる場合がある。

文献

1. Cortese I, Reich DS, Nath A. Progressive multifocal leukoencephalopathy and the spectrum of JC virus-related disease. *Nat Rev Neurol* 2021; 17: 37-51.

2. Cinque P, Koralnik IJ, Gerevini S, Miro JM, Price RW. Progressive multifocal leukoencephalopathy in HIV-1 infection. *Lancet Infect Dis* 2009; 9: 625-636.
3. Warnke C, von Geldern G, Markwerth P, Dehmel T, Hoepner R, Gold R, et al. Cerebrospinal fluid JC virus antibody index for diagnosis of natalizumab-associated progressive multifocal leukoencephalopathy. *Ann Neurol* 2014; 76: 792-801.
4. Berger JR, Aksamit AJ, Clifford DB, Davis L, Koralnik IJ, Sejvar JJ, et al. PML diagnostic criteria: consensus statement from the AAN Neuroinfectious Disease Section. *Neurology* 2013; 80: 1430-1438.
5. Ryschkewitsch C, Jensen P, Hou J, Fahle G, Fischer S, Major EO. Comparison of PCR-southern hybridization and quantitative real-time PCR for the detection of JC and BK viral nucleotide sequences in urine and cerebrospinal fluid. *J Virol Methods* 2004; 121: 217-221.
6. Ryschkewitsch CF, Jensen PN, Major EO. Multiplex qPCR assay for ultrasensitive detection of JCV DNA with simultaneous identification of genotypes that discriminates non-virulent from virulent variants. *J Clin Virol* 2013; 57: 243-248.
7. Nakamichi K, Kawamoto M, Ishii J, Saijo M. Improving detection of JC virus by ultrafiltration of cerebrospinal fluid before polymerase chain reaction for the diagnosis of progressive multifocal leukoencephalopathy. *BMC Neurol* 2019; 19: 252.
8. Nakamichi K, Miura Y, Shimokawa T, Takahashi K, Suzuki T, Funata N, et al. Nationwide laboratory surveillance of progressive multifocal leukoencephalopathy in Japan: fiscal years 2011-2020. *Viruses* 2023; 15, 968.
9. Nishiyama S, Misu T, Shishido-Hara Y, Nakamichi K, Saijo M, Takai Y, et al. Fingolimod-associated PML with mild IRIS in MS: A clinicopathologic study. *Neurol Neuroimmunol Neuroinflamm* 2017; 5: e415.

CQ 2-3. PML の画像所見の特徴はなんですか？

【回答】

- 進行性多巣性白質脳症 (progressive multifocal leukoencephalopathy: PML) の診断には MRI が多く用いられ、中でも fluid-attenuated inversion recovery (FLAIR)画像と spin echo(SE)法 T2 強調画像が有用とされており、古典的 PML の典型的な所見は下記の通りである。
 - 大脳を主体とした皮質下白質を含む白質の大小不同・癒合した不整形高信号
 - 通常、浮腫や腫瘍効果 (mass effect) を示さず、白質方向の辺縁は不鮮明
 - 造影で、通常増強されないことが多いが、一部は淡く増強効果を伴う
 - 微小嚢胞病変 (milky way appearance) や空洞化を伴う病変もある
 - 小脳や脳幹のテント下病変や灰白質病変を認めることがあるが、必ず白質病変を伴う
- さらに、拡散強調像 (diffusion weighted image: DWI) での高信号は急性や活動性の脱髄を反映する所見と考えられ、慢性的な多発性硬化症 (multiple sclerosis: MS) の病変と新規 PML 病変の鑑別に役立つ。また、磁化率強調画像 (susceptibility weighted image: SWI) における皮質白質境界に沿った低信号が、病初期や症状出現前にも認められることが報告され、早期診断への有用性が期待されている。
- 一方で従来と異なる炎症性 PML の報告が増えており、Natalizumab 等の生物由来製品投与による PML や治療に伴う免疫再構築炎症症候群 (immune reconstitution inflammatory syndrome: IRIS) を伴う PML が生じた場合にも認められる。造影による増強効果や腫瘍効果 (mass effect) を伴うことが多く、深部灰白質病変や脳幹部の病変が増加する傾向が認められる。
- 生物由来製剤投与による PML では早期診断が重要であり、その MRI 所見の特徴は、古典的 PML 所見のほか、T2 強調画像での粟粒 (ぞくりゅう) 高信号 (punctate pattern, milkyway appearance) が知られ、高危険患者に対しては頻回の早期の MRI 検査が推奨されている。

【解説】

- 通常頭部の画像診断に用いられる画像モダリティとしては X 線 CT と MRI があり、CT でも PML の病変を低吸収域として認め、異常を検出できる場合はある¹。しかし、PML 病変の検出感度と特異性を考慮すると fluid-attenuated inversion recovery (FLAIR)画像を含む MRI 検査が望ましく、最近ではこれらに加えて DWI の有用性も知られている。FLAIR あるいは T2 強調画像での皮質下の U fiber を含む高信号域が PML の典型所見であり、MS の病変では辺縁が比較的明瞭であることに対して PML では不鮮明な点特徴的である²。さらに、DWI では PML の病期によって信号変化が異なることが知られており、活動性の高い早期病変では、中心部は低信号で辺縁に高信号を認め (rim-and-core pattern)、見かけの拡散能 (apparent diffusion coefficient: ADC) は rim 部においては正常から低値、core においては高値を認めることがあり、PML 病変の病勢や病期の評価に有用である²。また、慢性的な多発性硬化症 (multiple sclerosis: MS) の病変と新規 PML 病変の鑑別にも役立つ²。
- 古典的な PML 病変は、他の炎症性病変にくらべて、浮腫や造影による増強が乏しいことが特徴とされるが、最近報告が増加している炎症性 PML は、生物由来製品投与による PML や IRIS を伴う PML 病変等でも認められ、造影による増強効果が高頻度に認められ (図 4a)、mass effect 等の脳浮腫を伴う所見 (図 4b) も認められることが報告されている³。
- 生物由来製品投与による PML の MRI 所見としては、1) 皮質下白質病変、2) T1 強調画像低信号、3) DWI 高信号、4) T2 強調画像の粟粒 (ぞくりゅう) 高信号 (punctate pattern, milky way

appearance) (図 5) が特徴的とされており、無症状の感染初期においても異常が認められることから、高危険患者対しては早期の頻回の MRI 検査が推奨されている⁴。散在性の造影効果を有する粟粒高信号は、炎症性 PML や PML IRIS の特徴であり、生物由来製剤投与による PML においても診断能が高いとする報告がみられる⁵。

- 上記の MRI 撮像法以外にも磁化率強調画像 (susceptibility weighted image: SWI) の有用性の報告があり、皮質白質境界に沿った線状の低信号が特徴的とされている。SWI 低信号は慢性期のみならず、病初期、症状出現前にもみられることから、粟粒高信号と並んで早期診断への有用性が期待されている。但し、同様の所見は PML 以外の脳梗塞や脳炎等でも観察される場合があることに留意する必要がある。

図 4. PML 症例の頭部 MRI でみられる造影増強効果と浮腫

a. 造影後 T1 強調画像

b. FLAIR 画像

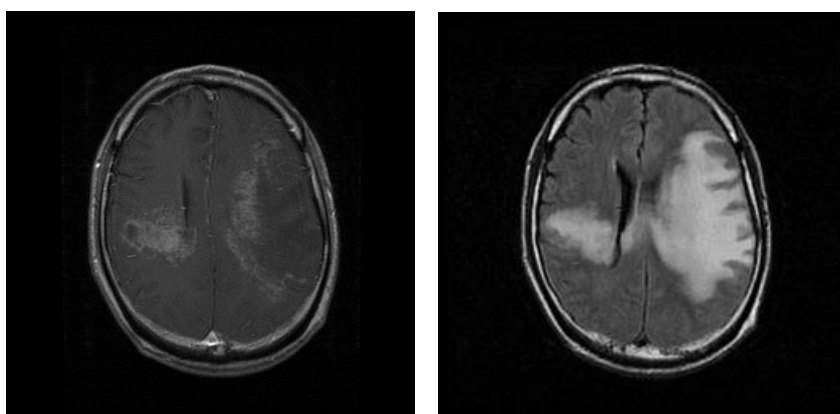
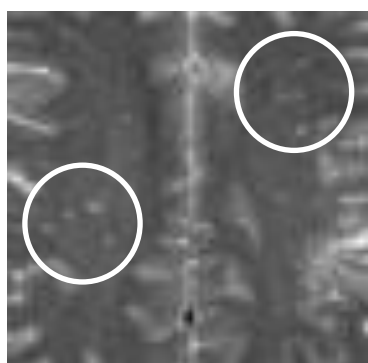


図 5. PML 症例における粟粒高信号 (T2 強調画像、Punctate Pattern)



(図 1, 2 は、PML サーベイランス委員会事務局三浦義治先生資料による)

文献

1. Shah R, Bag AK, Chpman PR, Cure JK. Imaging manifestations of progressive multifocal leukoencephalopathy. Clin Radiol 2010; 65: 431-439.
2. Sahraian MA, Radue E-W, Eshaghi A, Besliu S, Minagar A. Progressive multifocal leukoencephalopathy: a review of the neuroimaging features and differential diagnosis. Eur J Neurol 2012; 19: 1060-1069.
3. Fournier A, Martin-Blondel G, Lechapt-Zalchman E, Dina J, Kazemi A, Verdon R, et al. Immune reconstitution

inflammatory syndrome unmasking or worsening AIDS-related progressive multifocal leukoencephalopathy: A literature review. *Front Immunol* 2017; 8: 577.

4. Major EO, Yousry TA, Clifford DB. Pathogenesis of progressive multifocal leukoencephalopathy and risks associated with treatments for multiple sclerosis: a decade of lessons learned. *Lancet Neurol* 2018; 17: 467-480
5. Hodel J, Darchis C, Outteryck O, Verclytte S, Deramecourt V, Lacour A, et al. Punctate pattern: A promising imaging marker for the diagnosis of natalizumab-associated PML. *Neurology* 2017; 86: 1516-1523.

CQ 2-4. PML の病理所見の特徴はなんですか？

【回答】

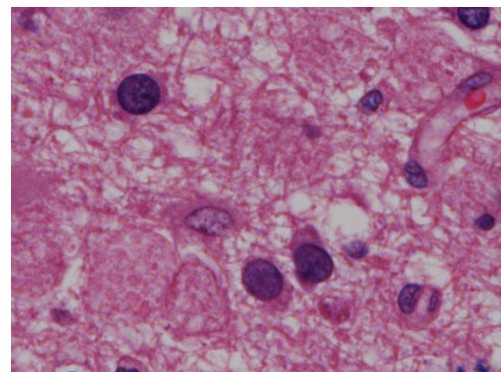
- 進行性多巣性白質脳症(Progressive multifocal leukoencephalopathy: PML)は JC ウイルス (JC virus: JCV)がオリゴデンドログリアに感染し、髄鞘が破壊される感染症である。病巣は白質に多発し、進行性に融合・拡大する。
- 組織学的には、オリゴデンドログリアの核は両染色のすりガラス状封入体によって腫大し、髄鞘は脱落する。腫大した奇怪な核をもつアストロサイトが出現することもある。髄鞘破壊の程度に比べて軸索は保たれるが、病変が高度の例では軸索も脱落する。破壊された髄鞘を処理するためにマクrofアージが浸潤するが、リンパ球反応は乏しい。
- JCV の感染を証明する方法として、免疫組織化学による JCV タンパクの検出、電子顕微鏡によるウイルス粒子の同定、in situ hybridization や PCR による JCV DNA の検出がある。
- 以上の組織所見は AIDS など高度の細胞性免疫不全状態で見られるものであり、治療による免疫反応の回復や免疫不全状態の程度によっては Tリンパ球が浸潤し、感染細胞が減少した非典型的組織像を示す症例がある。また、免疫抑制薬や免疫調整薬投与中などに発症する PML も非典型的な所見を呈し、生検材料の病理組織診断が難しいことがある。
- 非典型 PML の病理診断には、組織像の詳細な観察と JCV 感染の有無を考慮した総合的な判断が必要である。

【解説】

PML は JCV がオリゴデンドログリアに感染することで髄鞘が破壊される感染症である。多巣性といわれるように脱髄性病巣が白質に多発し、進行性に融合・拡大する。以前、ほとんどの PML は AIDS など高度の細胞性免疫不全例にみられた。このような典型的症例では、オリゴデンドログリアの核は両染色のすりガラス状封入体によって腫大し(図 6)、髄鞘は脱落する。ドット状の核内封入体もみられる。アストロサイトは反応性に増生し、奇怪な形態を呈するアストロサイトが出現することもある。破壊された髄鞘処理のために多数のマクrofアージが浸潤するが、リンパ球反応はほとんどみられない。髄鞘の脱落にくらべて軸索は保たれる。しかし、病変が高度の例では、白質は壊死性となり、軸索の脱落もきたす。このような病変部に JCV 感染を証明すれば PML の診断は確定する。その方法として、免疫組織化学(IHC)による JCV タンパクの検出、電子顕微鏡によるウイルス粒子の同定、in situ hybridization(ISH)や PCR による JCV DNA の検出がある。特に感染細胞を可視化できる IHC 及び ISH は、病理組織診断にもっとも適した方法であり、典型例では多数の陽性細胞が確認できる(図 7)。

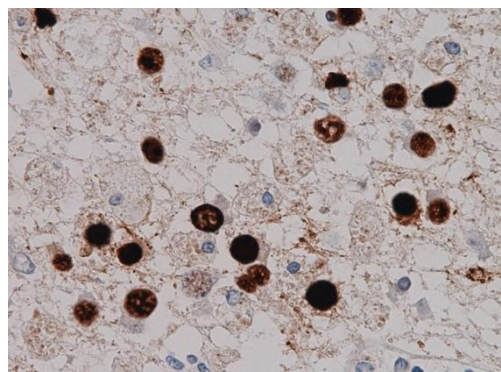
AIDS において免疫不全が進行した状態で抗ウイルス療法を開始したときに病原体に対する免疫反応が急激に回

図 6. PML 症例のオリゴデンドログリア (HE 染色)



オリゴデンドログリアの核は両染色のすりガラス状封入体によって腫大している。

図 7. PML 症例の脳における免疫組織化学による JCV タンパクの検出

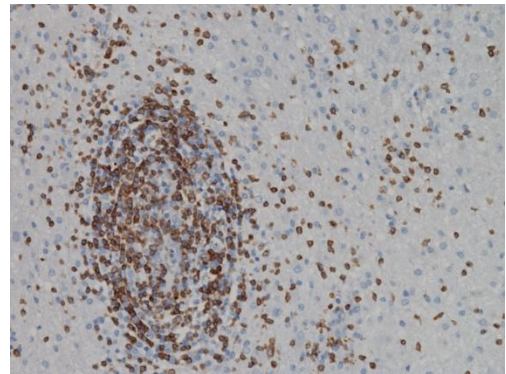


抗 JCV VP2/VP3 抗体を用いた免疫組織化学により感染細胞の核が陽性となる(宍戸一原先生から提供された抗体による免疫染色)。

復することにより病状の悪化を来す例があり、免疫再構築症候群(IRIS)とよばれる。抗ウイルス療法未実施の AIDS PML ではリンパ球浸潤はほとんど認められないが、IRIS を生じると多数の T リンパ球が JCV 感染細胞を排除するために浸潤してくる(図 8)。このような現象は非 AIDS の PML にもみられるものであり、PML-IRIS として注目されている¹。

最近では、自己免疫疾患に対する免疫抑制薬や免疫調整薬投与時などに発症する PML が問題となっており、早期診断・治療のために生検が行われることがある。しかし、多数の炎症細胞が浸潤し、AIDS にみられる特徴的な腫大核をもつオリゴデンドログリアが少なく、更に検体が小さいことから通常の染色標本のみでは病理組織診断が困難な非典型例もある^{2,3}。生検標本の詳細な検討と JCV の感染細胞の可視化が必要となるが、IHC は ISH よりも sensitivity が劣るという報告があり⁴、さらに、ウイルス量によっては必ずしも感染細胞を可視化できない可能性がある。従って、非典型例の診断では、IHC や ISH に加えて PCR の結果も考慮して総合的に判断することが必要となる。また、生検で組織所見と IHC により PML と診断されたが、長期経過後の剖検時には JCV 抗原と PML の特徴的な組織所見が欠如していた症例が burnt-out PML として報告されており⁵、病理組織像、IHC および ISH、PCR の結果を比較検討した PML 症例を蓄積していくことが重要な課題となっている。

図 8. AIDS 例にみられた PML-IRIS (抗 CD3 抗体による免疫染色)



多数の CD3 陽性 T リンパ球が浸潤しており、本例ではその多くが CD8 陽性であった。

文献

1. Bauer J, Gold R, Adams O, Lassmann H. Progressive multifocal leukoencephalopathy and immune reconstitution inflammatory syndrome (IRIS). *Acta Neuropathol* 2015; 130:751-764.
2. Nishiyama S, Misu T, Shishido-Hara Y, Nakamichi K, et al. Fingolimod-associated PML with mild IRIS in MS. A clinicopathologic study. *Neurol Neuroimmunol Neuroinflamm* 2018;5: e415; doi:10.1212/NXI.0000000000000415
3. Nishigori R, Warabi Y, Shishido-Hara Y, Nakamichi K, et al. Inflammatory Cerebellar PML with a CD4/CD8 ratio of 2.9 showed a favorable prognosis in a patient with rheumatoid arthritis: A case report. *Intern Med* 2019; 58:3323-3329.
4. Zivanovic M, Savsek L, Poljak M, Popovic M. Possible pitfalls in the diagnosis of progressive multifocal leukoencephalopathy. *Clin Neuropathol* 2015; 35:66-71
5. Price RW, Nielsen S, Horten B, et al. Progressive multifocal leukoencephalopathy: a burnt-out case. *Ann Neurol* 1983; 1: 485-490

CQ 2-5. 薬剤関連 PML の特徴はなんですか？

【回答】

- 薬剤関連進行性多巣性白質脳症 (progressive multifocal leukoencephalopathy: PML) はヒト免疫不全ウイルス (human immunodeficiency virus: HIV) 関連 PML などの PML と症状に大きな違いはない。
- 薬剤関連 PML (特にナタリズマブ) の MRI 所見として “punctate Gd 造影病変 (T2, FLAIR では Milky Way 病変)” が比較的特徴的である。
- 薬剤関連 PML (特に多発性硬化症 (multiple sclerosis: MS) 治療薬) は、無症候性で検出される場合がある。
- 薬剤関連 PML (特に MS 治療薬) では、PML 発症のリスク要因が検討されている。

【解説】

PML のリスク因子は、以前 HIV 感染が最大であり非ホジキンリンパ腫や慢性リンパ球性白血病などの血液疾患が続いていたが、近年は血液疾患および自己免疫疾患が主要なリスク因子となってきた (プリオン病及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班・プリオン病のサーベイランスと感染予防に関する調査研究班令和5年度合同研究報告会)。特に血液疾患では多発性骨髄腫、自己免疫疾患では関節リウマチや多発性硬化症などの治療薬としての生物学的製剤の使用とともに PML 症例が増加しており、PML 全体に占める薬剤関連 PML の重要性が増している^{1,2}。PML 発症に関連する薬剤として、ステロイド製剤、アルキル化剤などの抗がん剤、免疫抑制剤、生物由来製品などが知られている^{2,3} (表 3) が、PML 発症への寄与 (1. 治療中の基礎疾患が薬剤非存在下で PML のリスク因子となるかどうか、2. 薬剤の開始から PML の発症までの潜時、3. PML 発症の頻度) に応じて 3 つにクラス分けされている^{4,5}。多発性硬化症は疾患単独で PML は生じず、ナタリズマブは高頻度で PML を誘発する薬剤とされておりクラス 1 に分類されている。多発性硬化症疾患修飾薬ではフィンゴリモド、フマル酸ジメチルでも PML 発症例があり、これらの薬剤はクラス 2 の PML リスク因子の薬剤としてあげられている。その他臓器移植、原発性免疫不全症、サルコイドーシス、慢性炎症疾患やリウマチ性疾患などは、病態として免疫抑制状態となり疾患自体もリスク因子となるが、これら疾患の治療薬もまた PML のリスク因子となるものがあり、クラス 3 の薬剤にあげられている。また商品名での報告数上位 10 種のうち 3 種 (Tysabri, Gilenya, Tecfidera) が多発性硬化症の疾患修飾薬であることは注目に値する² (表 4)。薬剤関連 PML の男女比は 1:1.26 とされているが有意な男女差はない^{2,6}。比較的多く知見が得られているナタリズマブやフィンゴリモドにおける薬剤関連 PML の初発症状は、認知機能障害、構音障害、失語、運動機能障害、脳幹小脳機能障害、視覚障害、てんかんなど多岐にわたっており HIV 関連 PML における症状と明らかな違いは認められていない^{7,8}。多発性硬化症疾患修飾薬関連 PML の場合、亜急性進行性の認知機能障害や失語は比較的頻度の高い症状であり、また一方多発性硬化症ではまれな症状のため鑑別に重要である。

表 3. FAERS に報告されている上位 10 薬品 (一般名) (2024 年 6 月 30 日時点)

一般名	一般名による FAERS 登録症例数割合	薬効	適応疾患
Rituximab	29.06%	抗 CD 20 抗体	B 細胞性非ホジキンリンパ腫など

Natalizumab	27.32%	抗 α 4インテグリン抗体	多発性硬化症
Cyclophosphamide	13.34%	核酸合成阻害作用 合成糖質副腎皮質ホルモン	白血病, 悪性リンパ腫など
Prednisone	9.39%	(prednisolone prodrug)	国内未承認 臓器移植後拒絶反応抑制、ルー プス腎炎など
Mycophenolate Mofetil	6.78%	T, B リンパ球合成阻害	臓器移植後拒絶反応抑制、ルー プス腎炎, 多発性・皮膚筋炎な ど
Tacrolimus	6.34%	カルシニューリン阻害剤	多
Prednisolone	6.13%	合成糖質副腎皮質ホルモン	膠原病, 気管支喘息など 低悪性度 B 細胞性非ホジキ性リ ンパ腫、慢性リンパ性白血病な ど
Fludarabine Phosphate	5.88%	DNA, RNA ポリメラーゼ阻害 剤	慢性関節リウマチなど
Methotrexate	5.30%	葉酸代謝拮抗剤	膠原病, 気管支喘息など
Dexamethasone	4.05%	合成糖質副腎皮質ホルモン	

(文献 2 より作成)

表 4. FAERS に報告されている上位 10 薬品 (商品名) (2024 年 6 月 30 日時点)

商品名による FAERS				
商品名	登録症例数割合	一般名	薬効	適応疾患
Tysabri (P)	29.74%	ナタリズマブ	抗 α 4インテグリン抗体	多発性硬化症
Mabthera (P)	8.83%	リツキシマブ	抗 CD20 抗体 (Rituxan と同商品 で日本では Rituxan で販売)	B 細胞性非ホジキ性 リンパ腫など
Rituxan (P)	5.22%	リツキシマブ	抗 CD20 抗体	B 細胞性非ホジキ性 リンパ腫など 低悪性度 B 細胞性 非ホジキ性リンパ 腫、慢性リンパ性 白血病など
Fludarabine (P)	3.94%	フルダラビン	DNA, RNA ポリメラー ゼ阻害剤	
Gilenya (P)	2.72%	フィンゴリモド	S1P1 受容体機能的 阻害剤	多発性硬化症 臓器移植後拒絶反 応抑制、ループス 腎炎
Cellcept (P)	1.40%	ミコフェノール酸 モフェチル	T, B リンパ球合成阻 害	
Tecfidera (P)	1.14%	フマル酸ジメチル	Nrf2 抗酸化応答経 路作用など	多発性硬化症
Revlimid (P)	1.08%	レナリドミド	サイトカイン産生 調節作用など	多発性骨髄腫、5 番 染色体長腕欠失を 伴う骨髄異形成症 候群など

Kaletra (P)	0.88%	ロピナビル/リトナビル	HIV プロテアーゼ阻害剤/CYP3A 阻害剤	HIV 感染症 低悪性度 B 細胞性
Zevalin (P)	0.85%	イブリツモマブ チウキセタン	放射標識抗 CD20 抗体	非ホジキ性リンパ腫など

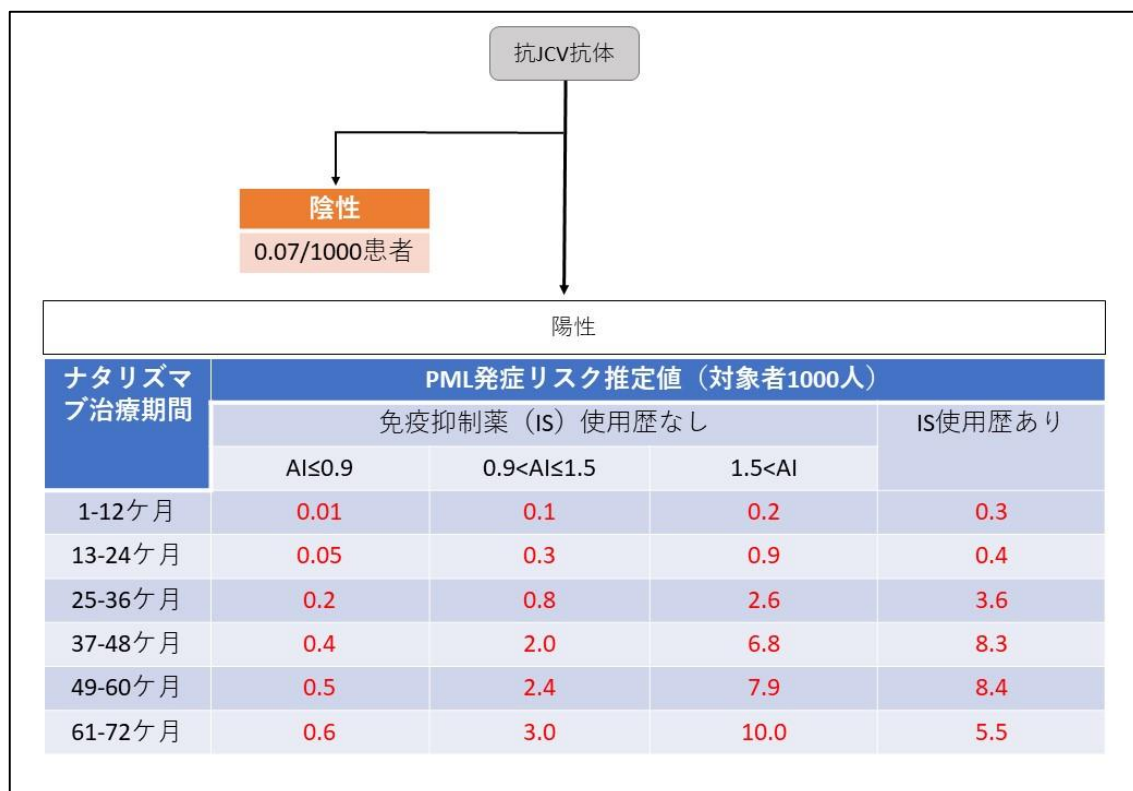
(文献 2 より作成)

ナタリズマブやフィンゴリモドにおける薬剤関連 PML では、MS が中枢神経系の炎症性脱髄疾患であるため頻回な MRI 撮影が行われる場合があり、無症候性の薬剤関連 PML が見つかることがある。これは薬剤関連 PML の早期の病態と考えられており、皮質下に小病変として出現することが多く、病変が多発性ではなく1つだけである場合もある⁹。またナタリズマブ関連 PML の MRI で比較的特徴的な所見として、病初期に皮質下病変が多いことが指摘されており基底核病変なども認めることがある。さらに粟粒 (punctate) Gd 造影病変 (T2,FLAIR では Milkey Way 病変) が特徴的な所見として挙げられている^{10, 11}。punctate T2 lesions はフィンゴリモド関連 PML など他の薬剤関連 PML でも見られている。一方、ナタリズマブ関連 PML では他の PML と比較して造影剤増強効果が多く 40-60% に見られるとされているが^{11, 12}、フィンゴリモド関連 PML では病初期にはほとんど見られておらず薬剤ごとに特徴が異なる可能性がある。

以下比較的数据が集積されている MS 治療薬関連 PML について述べる。一般名、商品名でも上位のリスク因子として多発性硬化症に対するナタリズマブ単独投与が挙げられており (2024 年 2 月末現在全世界約 270,000 人に投与されており PML 症例は 927 人)、国内でもすでに 8 例が報告されている (<https://biogenlinc.jp/ja/products/tysabri/risk01/> accessed on September 8, 2024.)。MS 患者におけるナタリズマブ関連 PML 発症リスクとして、「抗 JC ウイルス (JC virus: JCV) 抗体陽性」、「2 年以上のナタリズマブ投与歴」、「過去の免疫抑制剤使用歴」が知られており¹³、さらに JCV 抗体価と発症リスクの相関も知られているが (図 9)¹⁴、これは現在多くの症例で行われている EID (extended interval dosing) 療法に対する数値ではないことに注意が必要である。ナタリズマブの標準治療である 4 週に 1 度の投与期間を延長した EID 療法で治療した場合には PML の発症リスクが著しく小さくなることも報告されているが¹⁵、日本で確認されているナタリズマブ関連 PML の過半数は、少なくとも PML 発症 1 年以上前より EID 療法を行っており、EID 療法以外に前治療のない症例も存在している (プリオン病及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班・プリオン病のサーベイランスと感染予防に関する調査研究班令和 5 年度合同研究報告会)。フィンゴリモド関連 PML の発症リスクはまだ明らかにされていないが、日本人 9 例 (全例登録で 2020 年 8 月 27 日までに全 6642 例が登録) を含む 64 症例 (推定暴露人年 100 万人年以上) が 2023 年 2 月末現在報告されている。2021 年 2 月末までに報告された 45 例の検討では、「2 年以上のフィンゴリモド投与歴 (43/45 例)」、「50 歳以上 (36/45 例)」がリスク要因として考えられている (ノバルティスファーマ株式会社社内資料)。またフィンゴリモド関連 PML の発症と末梢血リンパ球数についての相関は認められておらず末梢血リンパ球数での発症リスク管理は困難である。フィンゴリモド同様 S1P 受容体機能的阻害剤であるシポニモドは 2024 年 3 月末市販後約 5 万人年に投与されシポニモド関連 PML が 2 例報告されている (<https://www.siponimodinfo.com/> accessed on September 8, 2024. ノバルティスファーマ株式会社社内資料)。MS 患者のフマル酸ジメチル関連 PML 12 例 (2023 年 9 月 1 日現在【2023 年 6 月末全世界で約 60 万人に投与】、うち日本人症例はいない) については、投与後末梢血リンパ球数が半年以上、全例 800/mm³ 以下であったことが報告されており¹⁶、少なくとも 3 ヶ月に 1 回以上の末梢血リンパ球数の測定が添付文書にも記載されている。リツキシマブと同様、抗 CD20 抗体であるオフアツムマブは 2023 年 9 月 25 日現在市販後 11 万人年以上に投与されているが現時点で PML の報告はない (<https://www.ofatumumabinfo.com/> accessed on September 8, 2024.)。しかしリツキシマブや同様の B 細胞除去療法薬であるオクレリズマブで PML 報告例もあり注意を要する。以上のように MS に対する新規

薬剤の中でも PML 発症リスクは異なっていると考えられる。

図 9. ナタリズマブ関連 PML の多重代入法を用いたリスク層別化解析



(AI: anti-JCV antibody index)

(文献 14 より作成)

文献

1. Cortese I, Reich DS, Nath A. Progressive multifocal leukoencephalopathy and the spectrum of JC virus-related disease. *Nat Rev Neurol* 2021;17:37-51.
2. FAERS. (<https://www.fda.gov>), accessed on August 12, 2024.
3. Yukitake M. Drug-induced progressive multifocal leukoencephalopathy in multiple sclerosis: A comprehensive review. *Clin Exp Neuroimmunol* 2018; 9: 37-47.
4. Zeheer F, Berger JR. Treatment-related progressive multifocal leukoencephalopathy: current understanding and future steps. *Ther Adv Drug Saf* 2012; 3: 227-239.
5. Berger JR. Classifying PML risk with disease modifying therapies. *Mult Scler Relat Disord.* 2017; 12: 59-63.
6. Melis M, Biagi C, Småbrekke L, Nonino F, Buccellato E, Donati M, et al. Drug-induced progressive multifocal leukoencephalopathy: A comprehensive analysis of the WHO adverse drug reaction database. *CNS Drugs* 2015; 29: 879-891.
7. Prosperini L, de Rossi N, Scarpazza C, Moiola L, Cosottini M, Gerevini S, et al. Natalizumab-related progressive multifocal leukoencephalopathy in multiple sclerosis: findings from an Italian independent registry. *PLoS One* 2016; 11: e0168376.
8. Berger JR, Cree BA, Greenberg B, Hemmer B, Ward BJ, Dong VM, et al. Progressive multifocal leukoencephalopathy after fingolimod treatment. *Neurology* 2018; 90: e1815-e1821.
9. Wattjes MP, Vennegoor A, Steenwijk MD, de Vos M, Killestein J, van Oosten BW, et al. MRI pattern in asymptomatic natalizumab-associated PML. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2015; 86: 793-798.
10. Hodel J, Darchis C, Outteryck O, Vercllytte S, Deramecourt V, Lacour A, et al. Punctate pattern: A promising imaging marker for the diagnosis of natalizumab-associated PML. *Neurology* 2016; 86: 1516-1523.
11. Alleg M, Solis M, Baloglu S, Cotton F, Kerschen P, Bourre B, et al. Progressive multifocal leukoencephalopathy: MRI findings in HIV-infected patients are closer to rituximab- than natalizumab-associated PML. *2020Eur Radiol.* 2021; 31: 2944-2955.
12. Yousry TA, Pelletier D, Cadavid D, Gass A, Richert ND, Radue EW, et al. Magnetic resonance imaging pattern in natalizumab-associated progressive multifocal leukoencephalopathy. *Ann Neurol* 2012; 72: 779-787.
13. Bloomgren G, Richman S, Hotermans C, Subramanyam M, Goelz S, Natarajan A, et al. Risk of natalizumab-associated progressive multifocal leukoencephalopathy. *N Engl J Med* 2012; 366: 1870-1880.
14. Ho PR, Koendgen H, Campbell N, Haddock B, Richman S, Chang I. Risk of natalizumab-associated progressive multifocal leukoencephalopathy in patients with multiple sclerosis: a retrospective analysis of data from four clinical studies. *Lancet Neurol* 2017; 16: 925-933.
15. Ryerson LZ, Foley J, Chang I, Kister I, Cutter G, Metzger RR, et al. Risk of natalizumab-associated PML in patients with MS is reduced with extended interval dosing. *Neurology.* 2019; 93: e1452-e1462.
16. Lyons J, Hughes R, McCarthy K, Everage N, Kapadia S, Miller C, et al. Progressive multifocal leukoencephalopathy outcomes in patients with multiple sclerosis treated with dimethyl fumarate. *Mult Scler J Exp Transl Clin.* 2022; 8: 20552173221132469.

CQ 2-6. PML はどのように診断するか？

【回答】

- 進行性多巣性白質脳症 (progressive multifocal leukoencephalopathy: PML) の診断は、臨床症候、頭部 MRI/CT、脳脊髄液 (cerebrospinal fluid: CSF) の JC ウイルス (JC virus: JCV) DNA の検出、病理所見および除外診断を柱とする。
- 臨床、画像および CSF 所見による診断基準と病理学的検査による PML 診断基準を採用している。
- 無症候性 PML も probable もしくは possible として診断可能である。

【解説】

PML の診断は臨床症候、頭部 MRI/CT、CSF でのポリメラーゼ連鎖反応 (polymerase chain reaction: PCR) による JCV DNA の検出・病理所見および白質脳症を来す他の疾患の鑑別/除外を柱とする。臨床症候と画像所見で PML が疑われる場合、CSF での PCR による JCV DNA の検査を行う。初回の PCR 検査が陰性であっても、PML の蓋然性が高い場合は PCR 検査を再検し、脳生検も考慮する。

一方、多発性硬化症の病態修飾療法に伴うナタリズマブ関連 PML やフィンゴリモド関連 PML においては、臨床症候が出現する前に頭部 MRI で白質病変が検出される無症候性 PML の病態が存在する。その治療成績などから、いかに早く無症候性 PML と診断し治療を開始するかも重要である^{1, 2}。

以上の状況をふまえて、「PML 診療ガイドライン 2017」では臨床データから診断する診断基準 (表 5) と病理学的検査から診断する診断基準 (表 6) を作成し、無症候性 PML も probable もしくは possible PML として診断を可能とした。具体的には、神経学的症候がなくても、PML 発症リスクのある基礎疾患を持つ患者において新規に出現した白質病変で、典型的な頭部 MRI/CT を呈し、CSF 検査で JCV DNA が検出されたものは probable PML とした。無症候の症例で、非典型的な頭部 MRI/CT を呈し、CSF 検査で JCV DNA が検出されたものを possible PML とした。

病理学的検査による PML 診断基準では、従来「PML に特徴的な病理所見と JCV 感染を証明」として 1 項目で扱っていたものを、「典型的な病理学的所見」、「免疫組織化学的または電子顕微鏡所見」および「組織における JCV DNA の検出」の 3 項目で診断する。今回の「PML 診療ガイドライン 2026」においても、引き続き 2017 年版の診断基準を採用する。

本診断基準は、米国神経学アカデミー神経感染症部門が作成した PML 診断基準を参考とした³。(表 5) と (表 6) で診断確度が異なる場合は、診断確度が高いものを採用する。

表 5. 進行性多巣性白質脳症 (PML) の診断基準 (臨床、画像および脳脊髄液所見による)

厚生労働科学研究費補助金 難治性疾患等政策研究事業 (難治性疾患政策研究事業)
プリオン病及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班、2017

	基準項目				基準項目
	1	2	3	4	
Definite	○	○	○	○	1. 亜急性進行性の脳症 (注 1) 2. 典型的な頭部 MRI/CT 所見: 白質に脳浮腫を伴わない大小不同、融合性の病変が散在 (注 2) 3. 脳脊髄液から PCR で JCV DNA が検出 (注 3) 4. 白質脳症をきたす他疾患を臨床的に除外できる (注 4)
Probable	○ ×	×	○	○	
Possible	○ ×	○ × (注 5)	× / ND ○	○	
Not PML	×	×	×	×	

○:陽性、×:陰性、ND:検査未実施または判定困難な結果

注

(1) 免疫不全(AIDS、抗癌剤・免疫抑制剤投与など)の患者や抗体医薬(生物由来製品)(ナタリズマブ、リツキシマブ等)を使用中の患者に好発するが、小児期発症もある。発熱・髄液細胞増加などの炎症反応を欠き、初発症状として片麻痺/四肢麻痺、認知機能障害、失語、視力障害、脳神経麻痺、小脳症状など多彩な中枢神経症状を呈する。無治療の場合、数ヶ月で無動性無言状態に至る。無症候性の場合も、基本的には PML 発症リスクのある基礎疾患を持つ患者を対象とする。

(2) 病巣の検出には頭部 MRI が最も有用で、脳室周囲白質・半卵円中心・皮質下白質などの白質病変が主体である。病変は T1 強調画像で低信号、T2 強調画像および FLAIR 画像で高信号を呈する。拡散強調画像では新しい病変は高信号を呈し、古い病変は信号変化が乏しくなるため、リング状の高信号病変を呈することが多くなる。造影剤増強効果は陰性を原則とするが、病巣辺縁に弱く認めることもある。

(3) 病初期には陰性を呈し、経過とともに陽性率が高まる場合があるので、PML の疑いがあれば再検査する。

(4) 白質脳症としては副腎白質ジストロフィーなどの代謝疾患、ヒト免疫不全ウイルス(HIV)脳症、サイトメガロウイルス(CMV)脳炎などの感染症、脱髄疾患などがある。AIDS など PML がよくみられる病態にはしばしば HIV 脳症や CMV 脳炎などが合併する。

(5) PML 発症リスクのある基礎疾患を持つ患者に新規に出現した白質病変で、(2)のような典型的な頭部 MRI を示さないもの(単発性小病変など)、PML の可能性を排除できないものを含む。

PCR: polymerase chain reaction

表 6. 進行性多巣性白質脳症 (PML) の診断基準 (病理学的検査による)

厚生労働科学研究費補助金 難治性疾患等政策研究事業 (難治性疾患政策研究事業)
プリオン病及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班、2017

	典型的な病理学的所見 (注 1)	免疫組織化学または電子顕微鏡所見 (注 2)*	組織を用いた JCV PCR (注 3)*	*「免疫組織化学または電子顕微鏡所見」の項目、「組織を用いた JCV PCR」の項目における「×」の判定は、これらの検査を実施して陰性の場合、あるいは検査が実施されていない場合のいずれかを意味する ○:陽性、×:陰性
Definite	○	○	○	
	○	×	○	
	○	○	×	
Probable (注 4)	○	×	×	
Possible	×	○	○	
	×	○	×	
	×	×	○	
Not PML	×	×	×	

注

(1) 典型的な病理学的所見: 脱髄巣、腫大した核を有するオリゴデンドログリア、奇怪な形態を呈するアストロサイトの存在。

(2) 免疫染色による JCV タンパク質の証明もしくは電子顕微鏡によるウイルス粒子の同定。

(3) 組織における JCV DNA の証明。

(4) 「probable」で、臨床及び画像所見により他の疾患を除外できた場合は「definite」とする。

PCR: polymerase chain reaction

文献

1. Wattjes MP, Vennegoor A, Steenwijk MD, de Vos M, Killestein J, van Oosten BW, et al. MRI pattern in asymptomatic natalizumab-associated PML. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2015; 86: 793-798.
2. Dong-Si T, Richman S, Wattjes MP, Wenten M, Gheuens S, Philip J, et al. Outcome and survival of asymptomatic PML in natalizumab-treated MS patients. *Ann Clin Transl Neurol* 2014; 1: 755-764.
3. Berger JR, Aksamit AJ, Clifford DB, Davis L, Korolnik IJ, Sejvar JJ, et al. PML diagnostic criteria: consensus statement from the AAN Neuroinfectious Disease Section. *Neurology* 2013; 80: 1430-1438.

CQ 3. PML の重症度分類

CQ 3-1. PML の重症度はどのように評価しますか？

【回答】

- 進行性多巣性白質脳症 (progressive multifocal leukoencephalopathy: PML) の重症度分類には伝統的に Karnofsky performance status (KPS) が使用されるが、Expanded Disability Status Scale (EDSS) も国際的に多くの臨床研究で使用されている。
- PML の指定難病申請では臨床調査個人票に重症度分類として KPS と Barthel index (BI) の記載が必要である。
- その他、Mann CM らの神経学的評価点も近年は使用されている。

【解説】

PML の重症度分類として、国際的には KPS^{1,2} や EDSS³ が多くの臨床研究や症例報告などで使用されている。

KPS は本来、がん患者における日常生活を遂行する能力を測るためのスコアリングである。0 点から 100 点までの点数があり、スコアが低いほど患者の日常活動が不自由になることを意味している (表 7)。

EDSS は多発性硬化症で使用される総合障害度のスケールであり、障害度の決定のために、まず中枢神経系の機能系 (functional system: FS) を測定する。EDSS の FS は錐体路機能・小脳機能・脳幹機能・感覚機能・膀胱直腸機能・視覚機能・精神機能およびその他の 8 項目に分かれる。FS をそれぞれの機能障害の程度に従って正常の 0 から最大の機能障害の 5 または 6 までのグレードに分類する。FS のグレードに運動能と日常生活の制限の指標を加え、EDSS の 20 段階が決定される (表 8)。

一方、PML の指定難病認定では「概要、診断基準」において重症度分類として BI⁴ が採用されており、臨床調査個人票には KPS と BI の記載が求められている。

BI は日常生活動作における身体障害者や高齢者の機能的評価を数値化したものであり (表 9)、国際的にも多くの疾患の患者における機能評価に使用されている。

また近年、Mann CM らが提唱する神経学的評価点も症状の変化を鋭敏に反映できるため使用されている (表 10)⁵。

表 7. Karnofsky Performance Status (KPS)^{1,2}

	スコア	患者の状態
正常な活動が可能。特別な看護が必要ない。	100	正常。疾患に対する患者の訴えがない。臨床症状なし。
	90	軽い臨床症状はあるが、正常活動可能。
	80	かなり臨床症状あるが、努力して正常の活動可能。
労働することは不可能。自宅で生活できて、看護はほとんど個人的な要求によるものである。様々な程度の介助を必要とする。	70	自分自身の世話は出来るが、正常の活動・労働することは不可能。
	60	自分に必要なことはできるが、ときどき介助が必要。
	50	病状を考慮した看護および定期的な医療行為が必要。
身の回りのことを自分で出来ない。施設あるいは病院の看護と同等の看護を必要とする。疾患が急速に進行している可能性がある。	40	動けず、適切な医療および看護が必要。
	30	全く動けず、入院が必要だが死はさしせていない。
	20	非常に重症、入院が必要で精力的な治療が必要。
	10	死期が切迫している。
	0	死。

表 8. Expanded Disability Status Scale (EDSS)³

＜総合障害度(EDSS)の評価基準＞

EDSS	0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10	
歩行可能(補助なし歩行)																					
神経学的所見																					
正常		ごく軽い徴候		軽度障害		中等度障害		比較的高度障害		高度障害		補助具歩行		車イス生活		ベッド生活		Death (MSのため)			
歩行可能域(約)												車イスへの乗降		1日の大半		体の自由が きかずベッドで 寝たきり					
補助なし・休まず												補助具必要		一人でも 出来る		助け必要時 あり		ベッド外		ベッド内	
>500m				500m		300m		200m		100m		100m (片側)		100m (両側)		補助があっても 5m以上 歩けず		2、3歩 以上 歩けず			
終日の十分な活動												出来る		出来ぬ		身の回りのこと		意思伝達・飲食			
自分で出来る				最小限の補助が 必要		特別な設備が 必要		出来ない		多くの ことが 出来る		ある 程度 出来る		出来る		出来ない					
E D S S と F S の 組 み 合 わ せ	FS0	8コ	7コ	6コ	7コ	6コ	7コ	4~5コ	5~6コ	6コ	3コ	7コ	8コ組 合わせ	7コ	8コ組 合わせ	7コ	8コ組 合わせ	7コ	8コ組 合わせ	FS0	
	FS1	*	1コ*	2コ*																FS1	
	FS2				1コ	2コ		3~4コ	1~2コ		5コ									FS2	
	FS3						1コ		1コ	2コ				3.5越		4.0越		4.0越		FS3	
	FS4											1コ		1コ		1コ				FS4	
	FS5												1コ			1コ				FS5	
	FS6																			FS6	

*他に精神機能は1(FS)でもよい **非常に希であるが錐体路機能5(FS)のみ

＜EDSS 評価上の留意点＞

○EDSS は、多発性硬化症により障害された患者個々の最大機能を、神経学的検査成績をもとに評価する。

○EDSS 評価に先立って、機能別障害度(FS)を下表により評価する。

○EDSS の各グレードに該当する FS グレードの一般的な組み合わせは中段の表に示す。歩行障害がない(あっても>500m 歩行可能)段階の EDSS は、FS グレードの組み合わせによって規定される。

○FS および EDSS の各グレードにびつたりのカテゴリーがない場合は、一番近い適当なグレードを採用する。

＜機能別障害度(FS: Functional system)の評価基準＞

FS	錐体路機能	小脳機能	脳幹機能	感覚機能	膀胱直腸機能	視覚機能	精神機能	その他	
0	◎ 正常	◎ 正常	◎ 正常	◎ 正常	◎ 正常	◎ 正常	◎ 正常	◎ なし	
1	① 異常所見あるが障害なし	① 異常所見あるが障害なし	① 異常所見のみ	① 1~2 肢 振動覚または描字覚の低下	① 軽度の遅延・切迫・尿閉	① 暗点があり、矯正視力 0.7 以上	① 情動の変化のみ	① あり	
2	② ごく軽い障害	② 軽度の失調	② 中等度の眼振 軽度の他の脳幹機能障害	② 1~2 肢 軽度の触・痛・位置覚の低下 3~4 肢 振動覚のみ低下	② 中等度の支援・切迫・尿閉 希な尿失禁	② 悪い方の眼に暗点あり、 矯正視力 0.7~0.3	② 軽度の知能低下		
3	③ 軽度~中等度の対麻痺・片麻痺 高度の単麻痺	③ 中等度の体幹または四肢の失調	③ 高度の眼振 高度の外眼筋麻痺 中等度の他の脳幹機能障害	③ 1~2 肢 中等度の触・痛・位置覚の低下 完全な振動覚の低下 3~4 肢 軽度の触・痛覚の低下 中等度の固有覚の低下	③ 頻繁な失禁	③ 悪い方の眼に大きな暗点 中等度の視野障害 矯正視力 0.3~0.2	③ 中等度の知能低下		
4	④ 高度の対麻痺・片麻痺 中等度の四肢麻痺 完全な単麻痺	④ 高度の四肢全部の失調	④ 高度の構音障害 高度の他の脳幹機能障害	④ 1~2 肢 高度の触・痛覚の低下 固有覚の消失(単独 or 合併) 2肢以上 中等度の触・痛覚の低下 3肢以上 高度の固有覚の消失	④ ほとんど導尿を要するが、 直腸機能は保たれている	④ 悪い方の眼に高度視野障害 矯正視力 0.2~0.1 悪い方の眼は[grade 3]で良眼の 視力 0.3 以下	④ 高度の知能低下 (中等度の慢性脳徴候)		
5	⑤ 完全な対麻痺・片麻痺 高度の四肢麻痺	⑤ 失調のため協調運動全く不能	⑤ 嚥下または構音全く不能	⑤ 1~2 肢 顎以下 全感覚の消失 中等度の触・痛覚の低下 ほとんどの固有覚の消失	⑤ 膀胱機能消失	⑤ 悪い方の眼の矯正視力 0.1 以下 悪い方の眼は[grade 4]で良眼の 視力 0.3 以下	⑤ 高度の認知症 高度の慢性脳徴候		
6	⑥ 完全な四肢麻痺			⑥ 顎以下 全感覚消失	⑥ 膀胱・直腸機能消失	⑥ 悪い方の眼は[grade 5]で良眼の 視力 0.3 以下			
?	? 不明	? 不明	? 不明	? 不明	? 不明	? 不明	? 不明	? 不明	
X	小脳機能: 脱力(錐体路機能[grade 3]以上)により判定困難な場合、grade とともにチェックする。					視覚機能: 耳側蒼白がある場合、grade とともにチェックする。			

表 9. Barthel index ⁴

	質問内容	点数
1 食事	自立、自助具などの装着可、標準的時間内に食べ終える	10
	部分介助(たとえば、おかずを切って細かくしてもらう)	5
	全介助	0
2 車椅子から ベッドへの 移動	自立、ブレーキ、フットレストの操作も含む(非行自立も含む)	15
	軽度の部分介助または監視を要する	10
	座ることは可能であるがほぼ全介助	5
	全介助または不可能	0
3 整容	自立(洗面、整髪、歯磨き、ひげ剃り)	5
	部分介助または不可能	0
4 トイレ動作	自立(衣服の操作、後始末を含む、ポータブル便器などを使用している場合はその洗浄も含む)	10
	部分介助、体を支える、衣服、後始末に介助を要する	5
	全介助または不可能	0
5 入浴	自立	5
	部分介助または不可能	0
6 歩行	45m 以上の歩行、補装具(車椅子、歩行器は除く)の使用の有無は問わず	15
	45m 以上の介助歩行、歩行器の使用を含む	10
	歩行不能の場合、車椅子にて 45m 以上の操作可能	5
	上記以外	0
7 階段昇降	自立、手すりなどの使用の有無は問わない	10
	介助または監視を要する	5
	不能	0
8 着替え	自立、靴、ファスナー、装具の着脱を含む	10
	部分介助、標準的な時間内、半分以上は自分でできる	5
	上記以外	0
9 排便コントロール	失禁なし、浣腸、坐薬の取り扱いも可能	10
	ときに失禁あり、浣腸、坐薬の取り扱いに介助を要する者も含む	5
	上記以外	0
10 排尿コントロール	失禁なし、収尿器の取り扱いも可能	10
	ときに失禁あり、収尿器の取り扱いに介助を要する者も含む	5
	上記以外	0
合計得点		/100

表 10. 神経学的評価点⁵

検査	評価点	検査	評価点
脳神経系			
視野 評価点の範囲 (0-2)		歩行 評価点の範囲 (1-3)	
正常ないし単眼性の欠損	0	正常ないし軽度障害	0
同名性視野障害	2	中等度障害	1
顔面感覚 評価点の範囲 (0-2)		重度障害	2
正常	0	歩行不能	3
一側性障害	1	下肢脱力のため評価不能	3
両側性障害	2	左右上下肢の各々の協調運動	
顔面神経麻痺 評価点の範囲 (0-2)		左上肢 () 左下肢 ()	
正常ないし抹消性	0	右上肢 () 右下肢 ()	
片側性中枢性麻痺	1	評価点の合計の範囲 (0-8)	
両側性中枢性麻痺	2	正常肢	0
運動系		軽度遅速肢	1
筋緊張 評価点の範囲 (0-2)		中等度遅速肢	2
正常ないし低下	0	脱力のため評価不能肢	2
下肢のみ亢進あるいは1肢のみ	1	深部反射 評価点の範囲 (0-1)	
四肢で亢進	2	正常あるいは低下	0
運動麻痺		いずれかで亢進	1
評価点の合計の範囲 (0-32)		足底反射 評価点の範囲 (0-2)	
上肢：左近位 () 左遠位 ()		無反応ないし屈曲反応	0
右近位 () 右遠位 ()		どちらかの側で屈伸反応	1
下肢：左近位 () 左遠位 ()			
右近位 () 右遠位 ()			
正常 (筋力5程度)	0		
軽度麻痺 (筋力4程度)	1		
中等度麻痺 (筋力3程度)	2		
高度麻痺 (筋力2程度)	3		
麻痺ないし全く可動性なし (筋力1-0)	4		
		全評価点の合計範囲	0-54

文献

1. Karnofsky D, Burchenal J. Evaluation of chemotherapeutic agents. In: MacLoad CM, ed. The clinical evaluation of chemotherapeutic agents in cancer. New York, New York: Columbia University Press; 1949. pp191-205.
2. Schag CC, Heinrich RL, Ganz PA. Karnofsky performance status revisited: Reliability, validity, and guidelines. *J Clin Oncol* 1984; 2: 187-193.
3. Kurtzke JF. Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS). *Neurology* 1983; 33: 1444-1452.
4. Mahoney FI, Barthel D. Functional evaluation: the Barthel Index. *Md State Med J* 1965; 14: 61-65.
5. Marra CM, Rajcic N, Barker DE, Cohen BA, Clifford D, Donovan Post MJ, et al. A pilot study of cidofovir for progressive multifocal leukoencephalopathy in AIDS. *AIDS* 2002; 16: 1791-1797.

CQ 4. PML の治療

CQ 4-1. PML はどう治療しますか？

【回答】

- ヒト免疫不全ウイルス (human immunodeficiency virus: HIV) 関連進行性多巣性白質脳症 (progressive multifocal leukoencephalopathy: PML) の治療として抗レトロウイルス療法 (anti-retrovirus therapy: ART) を行うことを推奨する。(強い推奨/エビデンスの確実性は「中」)
- ART と Cidofovir の併用は推奨されない。(弱い推奨/エビデンスの確実性は「低」)
- 非 HIV-PML に対し、可能な範囲で免疫抑制療法や免疫細胞枯渇療法の減量・中止を行い、宿主の免疫力を再構築し、抗 JC ウイルス (JC virus: JCV) に対する免疫を賦活化させることを推奨する。(弱い推奨/エビデンスの確実性は「非常に低」)
- Mirtazapine の使用を推奨する。(弱い推奨/エビデンスの確実性は「非常に低」)
- いずれの治療の場合でも、免疫再構築症候群 (immune reconstitution inflammatory syndrome: IRIS) を合併する可能性がある。中枢神経系 IRIS に対するステロイド療法は確立したエビデンスはないが、炎症性脳浮腫が顕著で非感染部位への障害が懸念される場合には、病態を評価したうえでグリセオールやコルチコステロイドを用いた適切な治療を行うことを推奨する (弱い推奨/エビデンスの確実性は「非常に低」)。IRIS に対して CCR5 阻害剤 Maraviroc を用いることを推奨しない (弱い推奨/エビデンスの確実性は「中」)
- ウイルス特異性 T 細胞輸血療法、組換え IL-7 投与、免疫チェックポイント阻害剤投与などはパイロット研究で一定の効果がみられているが、保険診療の観点から推奨できない。

【解説】

現在のところ PML に対して確立した治療法はない。PML は終生不顕性感染である JC ウイルスの中枢神経系感染症であり、ほぼ全例において、背景に基礎疾患や薬剤による免疫不全状態がある。HIV 感染による免疫不全対策である ART は、JC ウイルス感染に対して宿主の免疫の再構築を介して効果を発揮すると考えられ、これまでの大規模治療研究 (表 11) において、ほぼ全ての研究で ART 療法は延命効果がみられている。ART に抗ウイルス剤である Cidofovir を併用する治療に関しては、有効と判断している論文と無効と判断している論文があるが、長期的には無効とするものが多い^{1, 2}。Cidofovir 単独療法の有効性を示す報告はない。

ART 療法時の IRIS の出現率や予後との関連について論じている総論^{3, 4}、および予後調査研究⁵があるが、HIV に限らず、中枢神経系の IRIS に対するステロイド療法の有効性や

臨床研究の報告は全くない。しかし、経験的に IRIS にはグリセオール投与やコルチコステロイドのパルス療法が用いられ、有効な場合が多い。結核に伴う肺病変としての IRIS や心内膜炎に対するステロイド療法に関して、治療期間の短縮効果や改善効果が報告されていることより^{6, 7}、中枢神経系におけるステロイド療法にも有効であると思われる。

抗マラリア薬である Mefloquine による RCT の結果は、中間解析で主要評価項目である髄液中の JCV 量も臨床・画像所見ともに有意差がなく、中断された⁸。包括医療費支払い制度 (diagnosis procedure combination: DPC) のデータに基づく有効性解析でも、Mefloquine 使用群と非使用群では有意差がなかった⁹。それ以外は症例報告レベルで有効例と無効例がある。

抗うつ剤の Mirtazapine は JC ウイルス侵入の受容体である後シナプス 5HT 受容体¹⁰に結合することより、JC ウイルスの侵入阻害作用の可能性が報告されており、複数の症例報告の他に、4 例での臨床研究があり、3 例が改善したと報告されている¹¹。

近年は抗体製剤による PML の報告が急速に増えつつあり^{12, 13}、特に多発性硬化症の疾患修飾薬である Natalizumab や Fingolimod が知られている。多数の症例報告の中で、原疾患に対する免疫療法の減量や中止、あるいは化学療法での中止などの有効性が論じられている。一方、Natalizumab 関連 PML において、共通の認識として早期診断と疾患修飾薬の中止、そして適宜 IRIS に対する適切な治療を行うことが推奨されている¹⁴⁻¹⁷。以前は、Natalizumab 関連 PML で、血漿交換による Natalizumab の除去が推奨されていたが、現在では否定されている¹⁸。最近では、Natalizumab 関連¹⁹あるいは Fingolimod 関連 PML²⁰ に対して顆粒球コロニー刺激因子 (granulocyte colony stimulating factor: G-CSF) である filgrastim の有効性が報告されている。

近年行われた小規模前向きパイロット研究として、HLA 一致ドナーからのポリオーマ・ウイルス特異性 T 細胞の輸血による治療があり、投与を受けた 12 例の認容性は良好であったが、効果は Effective ではなかったが Supportive であったとする報告がある²¹。同様のコンセプトの治療として、PML 症例に対する同種 BK ウイルス特異性 T 細胞の輸血による治療²²⁻²⁴、あるいは JC ウイルス特異性 T 細胞の輸血²⁵⁻²⁷ が有効であったとの症例報告がある。

リコンビナント IL-7 投与の後ろ向き研究では、64 例のうち半数以上の症例で、1 ヶ月以内に血中リンパ球、CD4 陽性 T 細胞の増加と脳脊髄液中の JCV の低下があり、血液腫瘍、免疫不全症、臓器移植例では有効であった²⁸。同療法の症例報告が複数ある²⁹⁻³¹。

注目される治療法として、PML 発症時に Exhausted になっている T 細胞が多い^{32, 33} ことより、免疫チェックポイント阻害剤である Nivolumab、Pembrolizumab、Atezolizumab による治療が有効であったとする症例報告が多数ある³⁴⁻⁵⁴。既報例を含めた 79 例の後ろ向き研究では、PML に対して、Pembrolizumab が最も多く使用され、1 年生存率は 51.9% と必ずしも

有効とは言えなかったが、投与1ヶ月後の脳脊髄液中のJCVは有意に減少した⁵⁵。少数例での後ろ向き研究や既報のレビューでは、HIV感染以外の基礎疾患において、限定的な有効性が報告されている⁵⁶⁻⁵⁸。一方で、免疫チェックポイント阻害剤の無効性^{56, 59}のみならず、逆にPMLのリスクになり得る可能性を指摘する報告もあり⁶⁰、注意が必要である。

また、PMLの治療により誘発されるIRISに対してグリセオール、コルチコステロイドに加えて、近年ではCCR5阻害剤Maraviroc^{61 62}投与の症例報告が増えているが、自験例と症例報告を併せて解析した研究ではMareviroc投与の16例とステロイドを含めた治療の11例とでは、IRISの悪化頻度、IRISの悪化までの時間、予後のいずれも有意差が見られなかった⁶³。HIV関連PMLにおいてもMareviroc投与の8例とステロイドを含めた治療の8例とでは有意差がなかった⁶¹。

その他の治療法として、免疫グロブリン投与(IVIg)とMirtazapineの併用⁶⁴、IL-2投与⁶⁵、IL-2とMirtazapineの併用⁶⁶、IL-2とpembrolizumabの同時投与⁶⁷、IL2-とポリオーマ・ウイルス特異性T細胞の輸血の併用⁶⁸、半減期を延長化させたIL-15 superagonist投与⁶⁹、IRIS発症に対するCCR5阻害剤Maraviroc^{61 62}投与、あるいは組み合わせての投与⁷⁰の有効性が報告されているが、いずれも症例報告レベルである。

抗ウイルス剤で有効性が確認されているものは無いが、広域スペクトルの抗ウイルス剤であるNitazoxanideが有効であった症例報告がある⁷¹。

近年、JCウイルス関連疾患としてのJC virus granule cell neuropathy、JC virus meningitis、脊髄炎⁷²の報告も増えつつあるが、現時点では有効な治療法の報告は少数である⁷³。

表 11. PML に対する大規模治療研究

臨床病型	被験者数	治療法、治療薬	スタイル	結果	文献
HIV-PML	37	Mefloquine	RCT	Not improved	Clifford, 2013 ⁸
	28	cART	OL	Improved	Gasnault, 2011 ⁷⁴
	4	Mirtazapine	OL	Beneficial	Cettomai, 2009 ¹¹
	370*	Cidofovir on HAART	RA	Not beneficial	De Luca, 2008 ¹
	37	Cidofovir on HAART	RA	Not beneficial	Kraemer, 2008 ²
	101	Cidofovir on HAART	RA	beneficial	Antinori, 2003 ⁷⁵
	43	HAART	RA	Not improved	Cinque, 2003 ⁷⁶
	12	Topotecan (抗癌剤)	OL	Not defined	Royal, 2002 ⁷⁷
	24	Cidofovir	OL	Not improved	Marra, 2002 ⁷⁸
	46	Cidofovir on HAART	RCT	Not beneficial	Gasnault, 2001 ⁷⁹
	43	Cidofovir on HAART	RCT	Beneficial	De Luca, 2001 ⁸⁰
	8	Cidofovir on HAART	RCT	beneficial	Herrero-Romero, 2001 ⁸¹
	40	Cidofovir on HAART	RCT	Beneficial	De Luca, 2000 ⁸²
	27	Cytarabine, IT	RCT	Not improved	De Luca, 1999 ⁸³
	81	cART	RA	Beneficial	Gasnault, 1999 ⁸⁴
	21	HAART	RCT	Improved	Albrecht, 1998 ⁸⁵
57	Cytarabine on HAART (IV or IT)	RCT	Not improved	Hall, 1998 ⁸⁶	

	16	cytarabine	OL	Not improved	de Truchis, 1993 ⁸⁷
非 HIV-PML	79	Immune checkpoint inhibitors	OL	Not defined	Boumaza, 2023 ⁵⁵
	64	Recombinant human IL-7	OL	Effective (HIV 症例を除いた 場合)	Lajaunie, 2022 ²⁸
	6	Infliximab	OL	Effective (3/4)	Rosenkranz, 2021 ⁸⁸
	12	Polyomavirus-specific T-cells (HLA- matched)	OL: single-cohot	Supportive (7/12)	Cortese, 2021 ²¹
	2	Allogeneic BK virus-specific T-cell	OL	Beneficial	Hopfner, 2021 ²³
	6 (1 例は HIV 陽 性)	Immune checkpoint inhibitors	RA	Effective (3/6)	Roos-Weil, 2021 ⁵⁶
	17	Removal of Natalizumab, Filgrastim, PLEX	RA	Beneficial	Stefoski, 2019 ¹⁹
	3 (1 例は HIV 陽 性)	Allogeneic BK virus-specific T-cell	OL	Beneficial	Muftuoglu, 2018 ²²
	399	Removal of Natalizumab, steroid for IRIS	RA	Beneficial	Dong-Si, 2014 ¹⁷
	15	Removal of Natalizumab, steroid for IRIS	RA	Beneficial	Dahlhaus, 2013 ¹⁴

	25	Removal of Natalizumab, steroid for IRIS	RA	Improved	Vermersch, 2011 ¹⁶
	28	PLEX or immunoabsorption	RA	Not defined	Clifford, 2010 ¹⁵
	19	Ara-C	OL	Not responded	Aksamit, 2001 ⁸⁹
IRIS	16 (vs. 11)	C-C chemokine receptor type 5 (CCR5) antagonist	OL (case report の meta-analysis を含む)	not prevented, not influence time to clinical worsening	Bernard-Valnet, 2022 ⁶³
	8 (vs. 8)	C-C chemokine receptor type 5 (CCR5) antagonist	OL	No benefit	Januel, 2018

OL: open label, RCT: randomized clinical trial, RA: retrospective analysis, cART: combination antiretroviral therapy, HAART: highly active antiretroviral therapy, IT: intrathecal, PLEX: plasma exchange

*: 過去の報告を含んだ被験者数

文献

1. De Luca A, Ammassari A, Pezzotti P, Cinque P, Gasnault J, Berenguer J, et al. Cidofovir in addition to antiretroviral treatment is not effective for AIDS-associated progressive multifocal leukoencephalopathy: a multicohort analysis. *AIDS*. 2008;22(14):1759-67.
2. Kraemer C, Evers S, Nolting T, Arendt G, Husstedt IW. Cidofovir in combination with HAART and survival in AIDS-associated progressive multifocal leukoencephalopathy. *Journal of neurology*. 2008;255(4):526-31.
3. Post MJD, Thurnher MM, Clifford DB, Nath A, Gonzalez RG, Gupta RK, et al. CNS–Immune Reconstitution Inflammatory Syndrome in the Setting of HIV Infection, Part 1: Overview and Discussion of Progressive Multifocal Leukoencephalopathy–Immune Reconstitution Inflammatory Syndrome and Cryptococcal–Immune Reconstitution Inflammatory Syndrome. *American Journal of Neuroradiology*. 2013;34(7):1297-307.
4. Clifford DB. Neurological IRIS: Riding the Tide of Immune Recovery. *Current opinion in neurology*. 2015;28(3):295-301.
5. Summers NA, Kelley CF, Armstrong W, Marconi VC, Nguyen ML. Not a Disease of the Past: A Case Series of Progressive Multifocal Leukoencephalopathy in the Established Antiretroviral Era. *AIDS research and human retroviruses*. 2019;35(6):544-52.
6. Meintjes G, Wilkinson RJ, Morroni C, Pepper DJ, Rebe K, Rangaka MX, et al. Randomized placebo-controlled trial of prednisone for paradoxical tuberculosis-associated immune reconstitution inflammatory syndrome. *AIDS*. 2010;24(15):2381-90.
7. Hakim JG, Ternouth I, Mushangi E, Siziya S, Robertson V, Malin A. Double blind randomised placebo controlled trial of adjunctive prednisolone in the treatment of effusive tuberculous pericarditis in HIV seropositive patients. *Heart*. 2000;84(2):183-8.
8. Clifford DB, Nath A, Cinque P, Brew BJ, Zivadinov R, Gorelik L, et al. A study of mefloquine treatment for progressive multifocal leukoencephalopathy: results and exploration of predictors of PML outcomes. *J Neurovirol*. 2013;19(4):351-8.
9. Otaka H, Imai S, Fushimi K. Epidemiology of progressive multifocal leukoencephalopathy in Japan and effectiveness of mefloquine: A retrospective analysis of a nationwide inpatient database. *Journal of the Neurological Sciences*. 2023:120774.
10. Assetta B, Maginnis MS, Gracia Ahufinger I, Haley SA, Gee GV, Nelson CDS, et al. 5-HT2 receptors facilitate JC polyomavirus entry. *J Virol*. 2013;87(24):13490-8.
11. Cettomai D, McArthur JC. Mirtazapine Use in Human Immunodeficiency Virus–Infected Patients With Progressive Multifocal Leukoencephalopathy. *Archives of Neurology*. 2009;66(2):255-8.

12. Maas RPPWM, Muller-Hansma AHG, Esselink RAJ, Murk J-L, Warnke C, Killestein J, et al. Drug-associated progressive multifocal leukoencephalopathy: a clinical, radiological, and cerebrospinal fluid analysis of 326 cases. *Journal of neurology*. 2016;263(10):2004-21.
13. Sakurai S, Maezawa M, Nakao S, Hirofuji S, Miyasaka K, Yamashita M, et al. Progressive multifocal leukoencephalopathy analyzed using the Japanese Adverse Drug Event Report database. *J Neurol Sci*. 2023;455:122789.
14. Dahlhaus S, Hoepner R, Chan A, Kleiter I, Adams O, Lukas C, et al. Disease course and outcome of 15 monocentrically treated natalizumab-associated progressive multifocal leukoencephalopathy patients. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2013;84(10):1068-74.
15. Clifford DB, DeLuca A, Simpson DM, Arendt G, Giovannoni G, Nath A. Natalizumab-associated progressive multifocal leukoencephalopathy in patients with multiple sclerosis: lessons from 28 cases. *The Lancet Neurology*. 2010;9(4):438-46.
16. Vermersch P, Kappos L, Gold R, Foley JF, Olsson T, Cadavid D, et al. Clinical outcomes of natalizumab-associated progressive multifocal leukoencephalopathy. *Neurology*. 2011;76(20):1697-704.
17. Dong-Si T, Richman S, Wattjes MP, Wenten M, Gheuens S, Philip J, et al. Outcome and survival of asymptomatic PML in natalizumab-treated MS patients. *Annals of Clinical and Translational Neurology*. 2014;1(10):755-64.
18. Landi D, De Rossi N, Zagaglia S, Scarpazza C, Prosperini L, Albanese M, et al. No evidence of beneficial effects of plasmapheresis in natalizumab-associated PML. *Neurology*. 2017;88(12):1144-52.
19. Stefoski D, Balabanov R, Waheed R, Ko M, Korálnik IJ, Sierra Morales F. Treatment of natalizumab-associated PML with filgrastim. *Annals of Clinical and Translational Neurology*. 2019;6(5):923-31.
20. Lombardo-del Toro P, Bragado-Trigo I, Arroyo P, Tena-Cucala R, Bau L, Matas E, et al. Fingolimod-associated progressive multifocal leukoencephalopathy in a multiple sclerosis patient with a good response to filgrastim. *Journal of neurology*. 2023;270(11):5196-200.
21. Cortese I, Beck ES, Al-Louzi O, Ohayon J, Andrada F, Osuorah I, et al. BK virus-specific T cells for immunotherapy of progressive multifocal leukoencephalopathy: an open-label, single-cohort pilot study. *The Lancet Neurology*. 2021;20(8):639-52.
22. Muftuoglu M, Olson A, Marin D, Ahmed S, Mulanovich V, Tummala S, et al. Allogeneic BK Virus-Specific T Cells for Progressive Multifocal Leukoencephalopathy. *New England Journal of Medicine*. 2018;379(15):1443-51.
23. Hopfner F, Möhn N, Eiz-Vesper B, Maecker-Kolhoff B, Gottlieb J, Blasczyk R, et al. Allogeneic BK Virus-Specific T-Cell Treatment in 2 Patients With Progressive Multifocal Leukoencephalopathy. *Neurology - Neuroimmunology Neuroinflammation*. 2021;8(4):e1020.

24. Sempere A, Castillo N, Rudilla F, Querol S, Enrich E, Prat-Vidal C, et al. Successful BK virus-specific T cell therapy in a kidney transplant recipient with progressive multifocal leukoencephalopathy. *Am J Transplant.* 2024;24(9):1698-702.
25. Berzero G, Basso S, Stoppini L, Palermo A, Pichiecchio A, Paoletti M, et al. Adoptive Transfer of JC Virus-Specific T Lymphocytes for the Treatment of Progressive Multifocal Leukoencephalopathy. *Ann Neurol.* 2021;89(4):769-79.
26. Peghin M, Castaldo N, Tascini C, Bassetti M, Graziano E, Givone F, et al. Successful JC virus-targeted T-cell therapy for progressive multifocal leukoencephalopathy in a lung transplant recipient. *J Heart Lung Transplant.* 2022;41(7):991-6.
27. Steinhardt MJ, Wiercinska E, Pham M, Grigoleit GU, Mazzoni A, Da-Via M, et al. Progressive multifocal leukoencephalopathy in a patient post allo-HCT successfully treated with JC virus specific donor lymphocytes. *Journal of Translational Medicine.* 2020;18(1):177.
28. Lajaunie R, Mainardi I, Gasnault J, Rousseau V, Tarantino AG, Sommet A, et al. Outcome of Progressive Multifocal Leukoencephalopathy Treated by Interleukin-7. *Ann Neurol.* 2022;91(4):496-505.
29. Soleimani-Meigooni DN, Schwetye KE, Angeles MR, Ryschkewitsch CF, Major EO, Dang X, et al. JC virus granule cell neuronopathy in the setting of chronic lymphopenia treated with recombinant interleukin-7. *Journal of NeuroVirology.* 2017;23(1):141-6.
30. Alstadhaug KB, Crougts T, Henriksen S, et al. Treatment of progressive multifocal leukoencephalopathy with interleukin 7. *JAMA Neurology.* 2014;71(8):1030-5.
31. Born T, Vassallo P, Golshayan D, Di Liberto G, Brouland JP, Egervari K, et al. Bridging the Gap: Immunotherapy in Progressive Multifocal Leukoencephalopathy: A New Hope? *Neurology.* 2023;101(13):e1382-e6.
32. Garcia J, Hendel-Chavez H, De-Goer M-G, L'Honneur AS, Dubessy AL, Taoufik Y, et al. Progressive multifocal leukoencephalopathy on dimethyl fumarate with preserved lymphocyte count but deep T-cells exhaustion. *Multiple Sclerosis Journal.* 2021;0(0):1352458520942201.
33. Tan CS, Bord E, Broge TA, Glotzbecker B, Mills H, Gheuens S, et al. Increased Program Cell Death - 1 (PD-1) Expression on T Lymphocytes of Patients with Progressive Multifocal Leukoencephalopathy (PML). *Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes (1999).* 2012;60(3):244-8.
34. Clifford DB. Checkpoint therapy for progressive multifocal leukoencephalopathy: pointless? *European Journal of Neurology.* 2020;27(11):2114-6.
35. Beudel M, Rövekamp F, van de Beek D, Brouwer M. Single-Dose Pembrolizumab Treatment for Progressive Multifocal Leukoencephalopathy. *Neurology - Neuroimmunology Neuroinflammation.* 2021;8(4):e1021.
36. Hohlfeld R. Immune checkpoint blockade for treating progressive multifocal leukoencephalopathy. *The Lancet Neurology.* 2019;18(7):623-4.

37. Cortese I, Muranski P, Enose-Akahata Y, Ha S-K, Smith B, Monaco M, et al. Pembrolizumab Treatment for Progressive Multifocal Leukoencephalopathy. *New England Journal of Medicine*. 2019;380(17):1597-605.
38. Walter O, Treiner E, Bonneville F, Mengelle C, Vergez F, Lerebours F, et al. Treatment of Progressive Multifocal Leukoencephalopathy with Nivolumab. *New England Journal of Medicine*. 2019;380(17):1674-6.
39. Jeantin L, Shor N, Pallix-Guyot M, Roos-Weil D, Bellanger A, Le Garff-Tavernier M, et al. Halting progressive multifocal leukoencephalopathy with pembrolizumab: the case of a patient with multiple sclerosis under fingolimod. *Journal of neurology*. 2024;271(2):729-32.
40. Möhn N, Wattjes MP, Adams O, Nay S, Tkachenko D, Salge F, et al. PD-1-inhibitor pembrolizumab for treatment of progressive multifocal leukoencephalopathy. *Therapeutic Advances in Neurological Disorders*. 2021;14:1756286421993684.
41. Stögbauer J, Schulz-Schaeffer W, Mühl-Benninghaus R, Lochner P. Clinical and magnetic resonance imaging monitoring in progressive multifocal leukoencephalopathy treated with pembrolizumab: a case report. *Neurological Sciences*. 2021;42(1):357-9.
42. Barritt AW, Das E, Morley N, Seymour M, Saha R, Vera J, et al. Management approach including pembrolizumab for fingolimod-associated progressive multifocal leukoencephalopathy in a patient with relapsing-remitting multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*. 2022:13524585221137279.
43. Boesl F, Allers K, Herm J, Scheider T, Franke C. Sequential treatment of progressive multifocal leukoencephalopathy with intravenous immunoglobulins and pembrolizumab. *J Neurovirol*. 2022;28(2):335-8.
44. Chatterjee T, Roy M, Lin RC, Almoujahed MO, Ahmad S. Pembrolizumab for the treatment of Progressive Multifocal Leukoencephalopathy (PML) in a patient with AIDS: A case report and literature review. *IDCases*. 2022;28:e01514.
45. Darcy S, Alexander M, McCarthy A, O'Dowd S. Pembrolizumab treatment of inflammatory progressive multifocal leukoencephalopathy: a report of two cases. *J Neurovirol*. 2022;28(1):145-50.
46. Lambert N, Dauby S, Dive D, Sadzot B, Maquet P. Atezolizumab Treatment for Progressive Multifocal Leukoencephalopathy. *Emerg Infect Dis*. 2022;28(1):253-6.
47. Lambert N, El Moussaoui M, Ritacco C, Moïse M, Paulus A, Delvenne P, et al. Killing Two Birds With One Stone: Effective Control of Both Non-Small Cell Lung Cancer and Progressive Multifocal Leukoencephalopathy With Atezolizumab, A Case Report. *Front Immunol*. 2022;13:889148.
48. Olivieri J, Lauzzana P, Volpetti S, Girgenti M, Petruzzellis G, Candoni A, et al. Progressive Multifocal Leukoencephalopathy in B-CLL Successfully Treated With Venetoclax and Pembrolizumab. *Hemasphere*. 2022;6(6):e723.
49. Pinnetti C, Cimini E, Vergori A, Mazzotta V, Grassi G, Mondì A, et al. Use of Pembrolizumab for Treatment of Progressive Multifocal Leukoencephalopathy in People Living with HIV. *Viruses*. 2022;14(5).

50. Volk T, Warnatz K, Marks R, Urbach H, Schluh G, Strohmeier V, et al. Pembrolizumab for treatment of progressive multifocal leukoencephalopathy in primary immunodeficiency and/or hematologic malignancy: a case series of five patients. *Journal of neurology*. 2022;269(2):973-81.
51. Varpompiti K, Westwood AJ, Ben-Joseph A, Sibtain N, Ibrahim MAA, Stanton B, et al. Progressive multifocal leukoencephalopathy secondary to idiopathic CD4 lymphocytopenia treated with pembrolizumab. *J Neuroimmunol*. 2023;385:578248.
52. Jeantin L, Shor N, Coustans M, Roos-Weil D, Quintin-Roué I, Bellanger A, et al. Progressive multifocal leukoencephalopathy in patients with chronic liver disease successfully treated with pembrolizumab. *Journal of neurology*. 2024;271(4):2119-24.
53. Ørum M, Lund Laursen A, Trolborg A. Progressive multifocal leukoencephalopathy in systemic lupus erythematosus treated with pembrolizumab. *BMJ Case Rep*. 2024;17(9).
54. Öztürk G, Tekeli E, Erdoğan S, Peker E, Yücesan C. Progressive multifocal leukoencephalopathy in sarcoidosis successfully treated with pembrolizumab. *J Neurovirol*. 2024.
55. Boumaza X, Bonneau B, Roos-Weil D, Pinnetti C, Rauer S, Nitsch L, et al. Progressive Multifocal Leukoencephalopathy Treated by Immune Checkpoint Inhibitors. *Ann Neurol*. 2023;93(2):257-70.
56. Roos-Weil D, Weiss N, Guihot A, Uzunov M, Bellanger A, Eymard B, et al. Immune checkpoint inhibitors for progressive multifocal leukoencephalopathy: a new gold standard? *Journal of neurology*. 2021;268(7):2458-65.
57. Corey S, Smith BR, Cortese ICM. Promise and Challenges of Checkpoint Inhibitor Therapy for Progressive Multifocal Leukoencephalopathy in HIV. *Curr HIV/AIDS Rep*. 2022;19(6):580-91.
58. Fan S, Liu M, Bai L, Chen S, Hou B, Lin N, et al. Pembrolizumab for the treatment of progressive multifocal leukoencephalopathy in China. *J Neurovirol*. 2023.
59. Du Pasquier RA. Pembrolizumab as a treatment for PML? Waiting for Godot. 2019;6(6):e629.
60. Martinot M, Ahle G, Petrosyan I, Martinez C, Gorun D, Mohseni-Zadeh M, et al. Progressive Multifocal Leukoencephalopathy after Treatment with Nivolumab. *Emerging Infectious Disease journal*. 2018;24(8):1594.
61. Januel E, Martin-Blondel G, Lamirel C, Picard H, Pialoux G, Katlama C, et al. Do CCR5 antagonists improve the overall survival of patients with AIDS-related progressive multifocal leukoencephalopathy? *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2018;89(10):1125-6.
62. Scabini S, Trunfio M, Pirriatore V, Imperiale D, Audagnotto S, Bertucci R, et al. Antiviral activity of maraviroc plus mirtazapine in a low-risk HIV-negative patient with progressive multifocal leukoencephalopathy. *Infez Med*. 2018;26(2):160-3.

63. Bernard-Valnet R, Moisset X, Maubeuge N, Lefebvre M, Ouallet JC, Roumier M, et al. CCR5 Blockade in Inflammatory PML and PML-IRIS Associated With Chronic Inflammatory Diseases' Treatments. *Neurol Neuroimmunol Neuroinflamm*. 2022;9(1).
64. Li J, Liao B, Yang Z, Zhang J, Fan Y, Xing S, et al. Combination of low-dose, long-term immunoglobulin and mirtazapine is effective in progressive multifocal leukoencephalopathy caused by JC virus infection. *BMC neurology*. 2024;24(1):384.
65. Przepiorka D, Jaeckle KA, Birdwell RR, Fuller GN, Kumar AJ, Huh YO, et al. Successful treatment of progressive multifocal leukoencephalopathy with low-dose interleukin-2. *Bone Marrow Transplantation*. 1997;20:983.
66. Schweitzer L, Barkati S, Laneuville P, Fox S, Vinh DC. Treatment of Progressive Multifocal Leukoencephalopathy with IL-2 and Mirtazapine. *J Clin Immunol*. 2024;44(4):97.
67. Goereci Y, Schweitzer F, Wellstein A, Silling S, Borchmann S, von Tresckow B, et al. Clearance of JC polyomavirus from cerebrospinal fluid following treatment with interleukin-2 and pembrolizumab in an individual with progressive multifocal leukoencephalopathy and no underlying immune deficiency syndrome. *European Journal of Neurology*. 2020;27(11):2375-7.
68. Hoff FW, Rolwes J, Hardeman PA, Perkins M, Major EO, Douek D, et al. Long-term outcome of progressive multifocal leukoencephalopathy with recombinant interleukin-2 treatment and an associated increase in the number of HPyV-2-specific T-cells: a case report. *Ther Adv Hematol*. 2023;14:20406207231201721.
69. Oza A, Rettig MP, Powell P, O'Brien K, Clifford DB, Ritchey J, et al. Interleukin-15 superagonist (N-803) treatment of PML and JCV in a post-allogeneic hematopoietic stem cell transplant patient. *Blood Advances*. 2020;4(11):2387-91.
70. Harel A, Horng S, Gustafson T, Ramineni A, Farber RS, Fabian M. Successful treatment of progressive multifocal leukoencephalopathy with recombinant interleukin-7 and maraviroc in a patient with idiopathic CD4 lymphocytopenia. *Journal of NeuroVirology*. 2018.
71. Hautala TJ, Perelygina L, Vuorinen T, Hautala NM, Hägg PM, Bode MK, et al. Nitazoxanide May Modify the Course of Progressive Multifocal Leukoencephalopathy. *Journal of Clinical Immunology*. 2018;38(1):4-6.
72. Moussaoui NE, Lambert N, Moussaoui ME, Bianchi E, Léonard P, Moïse M, et al. Spinal cord involvement in progressive multifocal leukoencephalopathy and immune reconstitution inflammatory syndrome. *J Neurovirol*. 2024;30(2):208-13.
73. Grote-Levi L, Möhn N, Bonifacius A, Tischer-Zimmermann S, Schweitzer F, Mahmoudi N, et al. Adoptive Allogeneic T-Cell Therapy Improves the Clinical Outcome of JC Virus Granule Cell Neuronopathy. A Case Report. 2023;10(5):e200138.

74. Gasnault J, Costagliola D, Hendel-Chavez H, Dulioust A, Pakianather S, Mazet A-A, et al. Improved Survival of HIV-1-Infected Patients with Progressive Multifocal Leukoencephalopathy Receiving Early 5-Drug Combination Antiretroviral Therapy. *PLoS ONE*. 2011;6(6):e20967.
75. Antinori A, Cingolani A, Lorenzini P, Giancola ML, Uccella I, Bossolasco S, et al. Clinical epidemiology and survival of progressive multifocal leukoencephalopathy in the era of highly active antiretroviral therapy: Data from the Italian Registry Investigative Neuro AIDS (IRINA). *Journal of NeuroVirology*. 2003;9(1):47-53.
76. Cinque P, Bossolasco S, Brambilla AM, Boschini A, Mussini C, Pierotti C, et al. The effect of highly active antiretroviral therapy-induced immune reconstitution on development and outcome of progressive multifocal leukoencephalopathy: Study of 43 cases with review of the literature. *Journal of NeuroVirology*. 2003;9(1):73-80.
77. Royal W, Dupont B, McGuire D, Chang L, Goodkin K, Ernst T, et al. Topotecan in the treatment of acquired immunodeficiency syndrome-related progressive multifocal leukoencephalopathy. *Journal of NeuroVirology*. 2003;9(3):411-9.
78. Marra CM, Rajicic N, Barker DE, Cohen BA, Clifford D, Donovan Post MJ, et al. A pilot study of didanosine for progressive multifocal leukoencephalopathy in AIDS. *AIDS*. 2002;16(13):1791-7.
79. Gasnault J, Kousignian P, Kahraman M, Rahoiljaon J, Matheron S, Delfraissy J-F, et al. Cidofovir in AIDS-associated progressive multifocal leukoencephalopathy: A monocenter observational study with clinical and JC virus load monitoring. *Journal of NeuroVirology*. 2001;7(4):375-81.
80. De Luca A, Giancola ML, Ammassari A, Grisetti S, Cingolani A, Larussa D, et al. Potent anti-retroviral therapy with or without cidofovir for AIDS-associated progressive multifocal leukoencephalopathy: extended follow-up of an observational study. *J Neurovirol*. 2001;7(4):364-8.
81. Herrero-Romero M, Cordero E, López-Cortés LF, de Alarcón A, Pachón J. Cidofovir added to highly active antiretroviral therapy in AIDS-associated progressive multifocal leukoencephalopathy. *AIDS*. 2001;15(6):809.
82. De Luca A, Giancola ML, Ammassari A, Grisetti S, Cingolani A, Paglia MG, et al. Cidofovir added to HAART improves virological and clinical outcome in AIDS-associated progressive multifocal leukoencephalopathy. *Aids*. 2000;14(14):F117-21.
83. De Luca A, Giancola ML, Cingolani A, Ammassari A, Gillini L, Murri R, et al. Clinical and Virological Monitoring During Treatment with Intrathecal Cytarabine in Patients with AIDS-Associated Progressive Multifocal Leukoencephalopathy. *Clinical Infectious Diseases*. 1999;28(3):624-8.
84. Gasnault J, Taoufik Y, Goujard C, Kousignian P, Abbed K, Boue F, et al. Prolonged survival without neurological improvement in patients with AIDS-related progressive multifocal leukoencephalopathy on potent combined antiretroviral therapy. *J Neurovirol*. 1999;5(4):421-9.

85. Albrecht H, Hoffmann C, Degen O, Stoehr A, Plettenberg A, Mertenskotter T, et al. Highly active antiretroviral therapy significantly improves the prognosis of patients with HIV-associated progressive multifocal leukoencephalopathy. *Aids*. 1998;12(10):1149-54.
86. Hall CD, Dafni U, Simpson D, Clifford D, Wetherill PE, Cohen B, et al. Failure of Cytarabine in Progressive Multifocal Leukoencephalopathy Associated with Human Immunodeficiency Virus Infection. *New England Journal of Medicine*. 1998;338(19):1345-51.
87. de Truchis P, Flament-Saillour M, Urtizbera J-A, Hassine D, Clair B. Inefficacy of cytarabine in progressive multifocal leukoencephalopathy in AIDS. *The Lancet*. 1993;342(8871):622-3.
88. Rosenkranz SC, Häußler V, Kolster M, Willing A, Matschke J, Röcken C, et al. Treating sarcoidosis-associated progressive multifocal leukoencephalopathy with infliximab. *Brain Commun*. 2022;4(1):fcab292.
89. Aksamit AJ. Treatment of non-AIDS progressive multifocal leukoencephalopathy with cytosine arabinoside. *Journal of NeuroVirology*. 2001;7(4):386-90.

CQ 4-2. HIV 関連 PML の治療はどうするのですか？

【回答】

- ヒト免疫不全ウイルス (human immunodeficiency virus: HIV) 関連進行性多巣性白質脳症 (progressive multifocal leukoencephalopathy: PML) の治療では抗レトロウイルス療法 (anti-retroviral therapy: ART) が推奨される (推奨の強さ 1、エビデンスの確実性 B)。
- ミルタザピンの投与は考慮しても良いが、十分な科学的根拠はない (推奨の強さ 2、エビデンスの確実性 C)。
- メフロキンの投与は考慮しても良いが、十分な科学的根拠はない (推奨の強さ 2、エビデンスの確実性 C)。
- シタラビン、シドフォビルの投与は推奨されない。(推奨グレードなし)
- IL-7 や Pembrolizumab の投与についてはまだ十分な科学的根拠がなく、現時点での使用は推奨されない(推奨グレードなし)

【解説】

(1) ART

HIV 関連 PML 治療の第一選択は ART である¹⁻⁵。ART により免疫力が回復した場合は、PML の進行が抑制され、改善が認められる例も多数報告されており⁶⁻⁸、1 年生存率は 10%程度から 50%程度まで改善し、有意に生命予後が改善されている⁹。一方で、5 年以上の長期生存者でも、42%には中等度から高度の障害が残存したと報告されている⁶。PML の進行は速いため、ART を導入していない HIV 関連 PML 患者では、できる限り早期に ART を開始することが推奨される。しかし、長期生存例でも高度な後遺症を残すことが多く、また、現在のところ多くは進行し、1 年以内に死亡するケースが多い。ART は HIV 増殖を抑制することで、免疫不全状態が改善され、間接的に PML にも効果を示すと考えられている。その機序として細胞性免疫の賦活があげられるが、HIV tat 蛋白による JC ウイルス (JC virus: JCV) 増殖促進¹⁰や血液脳関門破壊に伴う JCV の脳への感染促進を阻害させることも治療効果の機序のひとつと考えられている。ART を行う場合には、後天性免疫不全症候群 (acquired immunodeficiency syndrome: AIDS) 専門医と連携し、PML により経口内服が困難となった場合のレジメン調整など、患者の状態に合わせた治療レジメの変更などを適宜行い、HIV 感染症自体の治療を行ってゆくことが望ましい。ART の詳細については本邦のガイドライン¹¹や AIDS 治療ガイドラインを参照して頂きたい。

(2) ミルタザピン

5HT_{2A} セロトニン受容体拮抗薬であるミルタザピンは、4 症例 HIV 関連 PML 患者に投与され、全ての 4 症例で臨床症状の改善もしくは画像上の改善が示した報告¹²や、ART と併用して投与された患者で臨床症状が安定したとの報告^{13, 14}や、メフロキンとの併用投与で 8 週間後に脳脊髄液 (cerebrospinal fluid: CSF) 中の JCV DNA 量が減少した報告¹⁵がある。Jamilloux らの 2005 年以降の文献を系統的にレビューし、2 つのコホート研究と、12 の症例報告からは HIV 関連 PML 患者に対するミルタザピン治療により 1 年生存率は軽度上昇する傾向にあったが、優位に改善するという結論は得られなかった¹⁶。

(3) 塩酸メフロキン

抗マalaria薬である塩酸メフロキンは中枢移行性も良く、*in vitro* で著明な抗JCV活性を有することから、PML に対する治療効果が期待された¹⁷。この塩酸メフロキンに関しては 24 例のランダム化比較臨床試験 (HIV 関連 PML 21 例) において CSF 中の JCV DNA 減少効果は認められずに、中止となった¹⁸。ただし塩酸メフロキンを ART に併用して効果を認めた症例報告が複数ある^{19, 20}。塩酸メフロキンの追加投与は考慮してもよいが、まだ十分な科学的根拠はない。現在、本ガイドライン執筆者の所属施設が中心となってその効果の検証が行われているが、この HIV 関連 PML に関して統計学的有効性は証明できていない。

(4) その他の薬剤

これまで PML に対するシドフォビル、アシクロビルなどの抗ウイルス薬やシタラビンが試みられてきた。

シドフォビル、シタラビンは、*in vitro* で活性を認め、治療効果の有無について検討されてきた。しかし、HIV 関連 PML の ART にシドフォビルやシタラビンを追加投与することに関して多数の検討がなされてきたが、再現性を持って有効性が示されておらず、かつ、メタアナリシスを含む多数の研究で有効性を否定されており、推奨されない^{1, 21-24}。また、ART 治療後の HIV 関連 PML 患者に IL-7 免疫療法を行った症例報告²⁵や HIV 関連 PML に対して Pembrolizumab で治療した症例報告²⁶がある。

文献

1. Koralinik IJ. Progressive multifocal leukoencephalopathy: treatment and prognosis. http://www.uptodate.com/contents/progressive-multifocal-leukoencephalopathy-prognosis-and-treatment?source=search_result&search=pml&selectedTitle=2%7E75

2. Albrecht H, Hoffmann C, Degen O, Stoehr A, Plettenberg A, Mertenskötter T, et al. Highly active antiretroviral therapy significantly improves the prognosis of patients with HIV-associated progressive multifocal leukoencephalopathy. *AIDS* 1998; 12: 1149-1154.
3. Hernández B, Dronda F, Moreno S. Treatment options for AIDS patients with progressive multifocal leukoencephalopathy. *Expert Opin Pharmacother* 2009; 10: 403-416.
4. Kaplan JE, Benson C, Holmes KH, Brooks JT, Pau A, Masur H. Guidelines for prevention and treatment of opportunistic infections in HIV-infected adults and adolescents: recommendations from CDC, the National Institutes of Health, and the HIV Medicine Association of the Infectious Diseases Society of America. *MMWR Recomm Rep* 2009; 58: 1-207; quiz CE201-204.
5. Antinori A, Ammassari A, Giancola ML, Cingolani A, Grisetti S, Murri R, et al. Epidemiology and prognosis of AIDS-associated progressive multifocal leukoencephalopathy in the HAART era. *J Neurovirol* 2001; 7: 323-328.
6. Lima M, Bernal-Cano F, Clifford D, Gandhi R, Koralknik I. Clinical outcome of long-term survivors of progressive multifocal leukoencephalopathy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2010; 81: 1288-1291.
7. Albrecht H, Hoffmann C, Degen O, Stoehr A, Plettenberg A, Mertenskötter T, et al. Highly active antiretroviral therapy significantly improves the prognosis of patients with HIV-associated progressive multifocal leukoencephalopathy. *AIDS* 1998; 12: 1149-1154.
8. Berenguer J, Miralles P, Arrizabalaga J, Ribera E, Dronda F, Baraia-Etxaburu J, et al. Clinical course and prognostic factors of progressive multifocal leukoencephalopathy in patients treated with highly active antiretroviral therapy. *Clin Infect Dis* 2003; 36: 1047-1052.
9. Antinori A, Cingolani A, Lorenzini P, Giancola ML, Uccella I, Bossolasco S, et al. Clinical epidemiology and survival of progressive multifocal leukoencephalopathy in the era of highly active antiretroviral therapy: data from the Italian Registry Investigative Neuro AIDS (IRINA). *J Neurovirol* 2003; 9 Suppl 1: 47-53.
10. Nukuzuma S, Kameoka M, Sugiura S, Nakamichi K, Nukuzuma C, Miyoshi I, et al. Exogenous human immunodeficiency virus-1 protein, Tat, enhances replication of JC virus efficiently in neuroblastoma cell lines. *J Med Virol* 2012; 84: 555-561.
11. 厚生労働行政推進調査事業補助金(エイズ対策政策研究事業) HIV 感染症及びその合併症の課題を克服する研究班(研究代表者白坂琢磨). 抗 HIV 治療ガイドライン(2021 年 3 月発行). <https://www.haart-support.jp/guideline.htm>
12. Cettomai D, McArthur JC. Mirtazapine use in human immunodeficiency virus-infected patients with progressive multifocal leukoencephalopathy. *Arch Neurol* 2009; 66: 255-258.
13. Lanzafame M, Ferrari S, Lattuada E, Corsini F, Deganello R, Vento S, et al. Mirtazapine in an HIV-1 infected patient with progressive multifocal leukoencephalopathy. *Infez Med* 2009; 17: 35-37.
14. Lasso M, Cerón I. Mirtazapine and antiretroviral therapy in the treatment of progressive multifocal

- leukoencephalopathy associated with HIV-1 infection: report of a case and review of literature. *Rev Chilena Infectol* 2012; 29: 217-220.
15. Iannetta M, Bellizzi A, Lo Menzo S, Anzivino E, D'Abramo A, Oliva A, et al. HIV-associated progressive multifocal leukoencephalopathy: longitudinal study of JC virus non-coding control region rearrangements and host immunity. *J Neurovirol* 2013; 19: 274-279.
 16. Jamilloux Y, Kerever S, Ferry T, Broussolle C, Honnorat J, Seve P. Treatment of progressive multifocal leukoencephalopathy with mirtazapine. *Clin Drug Investig* 2016; 36: 783-789.
 17. Brickelmaier M, Lugovskoy A, Kartikeyan R, Reviriego-Mendoza MM, Allaire N, Simon K, et al. Identification and characterization of mefloquine efficacy against JC virus in vitro. *Antimicrob Agents Chemother* 2009; 53: 1840.
 18. Clifford D, Nath A, Cinque P, Brew B, Zivadinov R, Gorelik L, et al. A study of mefloquine treatment for progressive multifocal leukoencephalopathy: results and exploration of predictors of PML outcomes. *J Neurovirol* 2013; 19: 351-358.
 19. Naito K, Ueno H, Sekine M, Kanemitsu M, Ohshita T, Nakamura T, et al. Akinetic mutism caused by HIV-associated progressive multifocal leukoencephalopathy was successfully treated with mefloquine: a serial multimodal MRI Study. *Intern Med* 2012; 51: 205-209.
 20. Adachi E, Koibuchi T, Imai K, Kikuchi T, Koga M, Nakamura H, et al. Favourable outcome of progressive multifocal leukoencephalopathy with mefloquine treatment in combination with antiretroviral therapy in an HIV-infected patient. *Int J STD AIDS* 2012; 23: 603-605.
 21. Panel on Opportunistic Infections in HIV-Infected Adults and Adolescents. Guidelines for the prevention and treatment of opportunistic infections in HIV-infected adults and adolescents: Recommendations from the Centers for Disease Control and Prevention, the National Institutes of Health, and the HIV Medicine Association of the Infectious Diseases Society of America. https://aidsinfo.nih.gov/contentfiles/lvguidelines/adult_oi.pdf
 22. Kraemer C, Evers S, Nolting T, Arendt G, Husstedt IW. Cidofovir in combination with HAART and survival in AIDS-associated progressive multifocal leukoencephalopathy. *J Neurol* 2008; 255: 526-531.
 23. Hall CD, Dafni U, Simpson D, Clifford D, Wetherill PE, Cohen B, et al. Failure of cytarabine in progressive multifocal leukoencephalopathy associated with human immunodeficiency virus infection. AIDS Clinical Trials Group 243 Team. *N Engl J Med* 1998; 338: 1345-1351.
 24. De Luca A, Ammassari A, Pezzotti P, Cinque P, Gasnault J, Berenguer J, et al. Cidofovir in addition to antiretroviral treatment is not effective for AIDS-associated progressive multifocal leukoencephalopathy: a multicohort analysis. *AIDS* 2008; 22: 1759-1767.
 25. Guille Marie, Rousset Stella, Bonneville Fabrice, Mengelle Catherine, Taoufik Yassine, Delobel Pierre, Martin-Blondel Guillaume. IL-7 immunotherapy for progressive multifocal leukoencephalopathy in a patient with

already controlled HIV-1 infection on antiretroviral therapy. *AIDS (London, England)*2019;33(12):1954-1956

26. Mozo Ruiz Marta, Rosado Barrasa Noemi, Tena Gomez Daniel, Torralba Gonzalez de Suso Miguel
[Pembrolizumab treatment for progressive multifocal leukoencephalopathy in a patient with Human Immunodeficiency Virus infection]. *Tratamiento con pembrolizumab en paciente con infeccion por virus de la inmunodeficiencia humana y leucoencefalopatia multifocal progresiva Enfermedades infecciosas y microbiologia clinica (English ed.)*2020;38(8):396-397

CQ 4-3. 薬剤関連 PML の治療はどのようにするのですか？

【回答】

- 薬剤関連進行性多巣性白質脳症 (progressive multifocal leukoencephalopathy: PML) の治療の基本は、誘因薬剤の中止により免疫学的な回復 (免疫再構築) を図ることである (推奨の強さ 2、エビデンスの確実性 D)。
- ナタリズマブ関連 PML において、血液浄化療法により強制的な薬剤除去を行なっても生命予後および転帰改善に結びつかないことが報告されており、行わないことを強く推奨する。(推奨の強さ 1、エビデンスの確実性 C)。
- 薬剤関連 PML では、誘引薬剤の中止に加えて、病巣拡大を防ぐ目的で塩酸メフロキン・ミルタザピンの投与が行われることがある。免疫再構築を促進する目的でペンブロリズマブの投与が行われることがある (推奨の強さ 2、エビデンスの確実性 D)。
- 無症候性 PML の段階で覚知し、適切な対応を行なったとしても、免疫再構築症候群 (immune reconstruction inflammatory syndrome: IRIS) 発症により、神経障害が生じる可能性がある。

【解説】

(1) 薬剤関連 PML

薬剤関連 PML を発生する可能性のある医薬品を表 12¹⁻⁸ に示した。薬剤関連 PML は、主に抗体医薬品によるモノクローナル抗体関連 PML、その他薬剤による非 HIV 関連 PML に分けられる。薬剤による PML 発症リスクは一様でなく表 13⁹ のように分類される。CQ 2-5 も併せて参照されたい。

薬剤関連 PML の治療は、基本的に誘因薬剤の中止による免疫学的な回復 (免疫再構築) であり、PML に対する特異的に効果のある治療法は確立していない。モノクローナル抗体関連 PML のうち症例報告数が多いナタリズマブ関連 PML、さらに、その他薬剤による非 HIV 関連 PML としてフィンゴリモド関連 PML について、次項において詳述する。

表 12. PML 発症の報告がある薬剤

分類	薬 剤			
糖質コルチコイド	すべて			
アルキル化薬	Cyclophosphamide	Dacarbazine	Carmustine	
プリン代謝拮抗薬	Fludarabine	Azathioprine	Cladribine	Nelarabine
葉酸代謝拮抗薬	Methotrexate			
抗体医薬品	Natalizumab (多発性硬化症, クロウン病) Infliximab (関節リウマチ) Adalimumab (関節リウマチ) Muromonab-CD3 (腎移植後の急性拒絶反応) Bevacizumab (結腸・直腸癌) Basiliximab (腎移植後の急性拒絶反応) Efalizumab (尋常性乾癬) Belimumab (SLE) Ocrelizumab	Rituximab (B 細胞性非ホジキンリンパ腫) Etanercept (関節リウマチ) Cetuximab (頭頸部癌, 結腸・直腸癌) Brentuximab vedotin (ホジキンリンパ腫など) Ibritumomab (B 細胞性非ホジキンリンパ腫) Abatacept (関節リウマチ) Alemtuzumab (B 細胞性慢性リンパ性白血病) Obinutuzumab (慢性リンパ性白血病) Eculizumab		
免疫抑制薬	Sirolimus Mitoxantrone	Cyclosporine Mycophenolate mofetil	Tacrolimus	
その他	Diaphenylsulfone Ibrutinib	Fumaric acid ester Pomalidomide	Fingolimod Ruxolitinib	Vincristine

(文献 1-8 より改変)

表 13. 疾患治療薬と PML 発症リスクの分類

治療薬	PMLに関連した基礎状態	治療薬の開始から PML 発症までの潜伏期	PML の発生率	患者・年 (PY)
Class I	無	あり	高頻度	
Natalizumab	多発性硬化症 (MS), Crohn 病 (PML 発症は MS が殆ど)	～8 か月：無 8～24 か月： PML 症例の 85%	1/100 ～ 1 /1000	161,300 症例 ～527,159 PY (2016年9月30日)
Class II	無	あり	低頻度	
Dimethyl fumarate (DMF)	MS, 乾癬	18～54 か月	-1 /50,000	224,542 症例 308,732 PY
Fingolimod	MS	18～54 か月	-1 /18,000	160,000 症例 368,000PY
Class III	あり	無	著明に低い	
Alemtuzumab	悪性血液疾患, 移植		不明：	-11,000 症例 ～6,000 PY
Rituximab	リンパ増殖性疾患, 関節リウマチ, ANCA 関連血管炎, 全身エリテマトーデス (SLE)		1/30,000	データ無
Mitoxantrone	非ホジキン病, 白血病			データ無
Teriflunomide	Teriflunomide ではなく関連する leflunomide で PML 発症あり			68,952 症例 96 ,909PY
Daclizumab	MS ではないが腎移植後の拒絶反応予防で PML 発症あり			1,516 症例 3,744 PY (文献9より改)

Class I : PML の潜在性リスクが高い。PML 発症リスクと薬剤投与期間と相関する。

Class II : PML の潜在性リスクが低い。PML 発症リスクを増加させるが Class 1 の薬剤よりも遥かにリスクは低い。PML 発症は投与期間と関連はなく、確率的である。

Class III : PML の潜在性リスクは無いが、あるいは非常に低い。PML との関連がまれに報告されるが、PML 発症と薬剤

投与の関連は不確実である。

(2) ナタリズマブ関連 PML の治療

ナタリズマブ関連 PML は、主に多発性硬化症患者に発生し、PML 発症のリスクファクターとして、①抗 JC ウイルス(JC virus: JCV)抗体が陽性、②2 年以上のナタリズマブ投与歴、③過去の免疫抑制剤の使用歴が知られており、この 3 条件が揃うと PML 発症リスクは特に高まる¹⁰。ナタリズマブ投与歴および JCV 抗体指数(JCV index)と PML 発症リスクの相関について、その層別化解析の結果(表 14)では、例えば JCV index が 1.5 を越えている患者の場合、ナタリズマブ投与期間が 24 か月では PML の発生率は 1.1/1000 であるが、48 か月で 10.4/1000、72 か月で 28.0/1000 と累積発生リスクが上昇すると報告されており¹¹、ナタリズマブ開始前に JCV index を測定しておくことで、どの程度の期間、どの程度のリスクによって使用可能であるかを事前に知ることができる。

ナタリズマブ関連 PML は、無症候性 PML の段階で治療することで生命ならびに機能予後の向上が認められ、死亡率も症候性・無症候性合わせて 23%¹⁰ に対し、無症候性では 3.3%との報告がある¹²。しかし、ナタリズマブの投与中止により生じる免疫再構築に伴う過度な炎症(免疫再構築症候群; IRIS)への対応が必要となる¹³⁻¹⁷。したがって無症候性ナタリズマブ関連 PML であっても、その治療過程で IRIS を発症することにより症候性となる可能性がある。

ナタリズマブの血中半減期は、365.4±132.4 時間と非常に長い¹⁸。そのため薬剤中止後も血中に長く留まるため、血液浄化療法を用いた強制的な薬剤除去が検討された。しかしながら、ナタリズマブ関連 PML に対する血液浄化療法の治療効果を検討では、生命予後および転帰改善に結びついていないことが報告された¹⁹。なお、ナタリズマブ関連 PML では、他の PML より IRIS の発生が多いとされている²⁰。IRIS への対応は、CQ 4-5 を参照されたい。

表 14. ナタリズマブ関連 PML のリスク層別化解析

PML 発症リスク推定値 (対象者 1000 人)						
		免疫抑制剤使用なし			免疫抑制剤使用あり	
NTZ 治療期間	Index ≤0.9	0.9 ≤ Index ≤1.5	Index >1.5			
0 月	0.0 (0.0-0.0)	0.0 (0.0-0.0)	0.0 (0.0-0.0)	0.0 (0.0-0.0)	0.0 (0.0-0.0)	0.0 (0.0-0.0)
12 月	0.01 (0.00-0.03)	0.06 (0.00-0.15)	0.2 (0.0-0.5)	0.4 (0.0-1.0)		
24 月	0.06 (0.00-0.17)	0.3 (0.0-0.7)	1.1 (0.4-1.8)	0.8 (0.0-1.8)		
36 月	0.2 (0.0-0.6)	1.1 (0.3-2.0)	3.7 (2.3-5.2)	4.4 (1.5-7.2)		
48 月	0.6 (0.0-1.6)	3.1 (1.2-5.0)	10.4 (7.7-13.2)	12.6 (7.2-18.1)		
60 月	1.1 (0.0-2.8)	5.5 (2.7-8.3)	18.2 (14.1-22.4)	21.3 (14.1-22.3)		
72 月	1.6 (0.0-4.3)	8.5 (4.8-12.2)	28.0 (22.0-34.0)	27.0 (18.4-39.5)		

以前の免疫抑制剤使用の有無とナタリズマブ注入回数および抗 JCV 抗体指

(文献 11 より改変)

数スコアによる累積リスク層別化解析。データはプールされたコホート研究の累積リスク推定値。ナタリズマブ使用の期間は、輸液の回数から算出されている。

(3) フィンゴリモド関連 PML

フィンゴリモド関連 PML は本邦での発症率が高いことが危惧されている²¹。特に比較的高年齢で2年以上の投与歴がある患者に PML 報告が目立つが、ナタリズマブと異なりリスク階層化の方法論は成立していない。

(4) 薬剤関連 PML の治療

誘引薬剤の中止に加えて、病巣拡大を防ぐ目的で塩酸メフロキン²²・ミルタザピン²³の投与が、免疫再構築を促進する目的でフィルグラスチム²⁴やペンブロリズマブ²⁵の投与が行われることがあるが、その効果は十分に検証されていない。

文献

1. Weber T. Progressive multifocal leukoencephalopathy. *Neurol Clin* 2008; 26: 833-854.
2. Piccinni C, Sacripanti C, Poluzzi E, Motola D, Magro L, Moretti U, et al. Stronger association of drug-induced progressive multifocal leukoencephalopathy (PML) with biological immunomodulating agents. *Eur J Clin Pharmacol* 2010; 66: 199-206.
3. 高尾昌樹. 分子標的薬とPML. モノクローナル抗体療法時代のPML. *Brain Nerve* 2013; 65: 1363-1374.
4. Gómez-Cibeira E, Ivanovic-Barbeito Y, Gutiérrez-Martínez E, Morales E, Abradelo M, Hilario A, et al. Eculizumab-related progressive multifocal leukoencephalopathy. *Neurology* 2016; 86: 399-400.
5. Lutz M, Schulze AB, Rebber E, Wiebe S, Zoubi T, Grauer OM, et al. Progressive multifocal leukoencephalopathy after ibrutinib therapy for chronic lymphocytic leukemia. *Cancer Res Treat* 2017; 49: 548-552.
6. Patel A, Sul J, Gordon ML, Steinklein J, Sanguinetti S, Pramanik B, et al. Progressive multifocal leukoencephalopathy in a patient with progressive multiple sclerosis treated with ocrelizumab monotherapy. *JAMA Neurol* 2021; 78: 736-740.
7. Ueno H, Kikumoto M, Takebayashi Y, Ishibashi H, Takahashi T, Yasutomi H, et al. Pomalidomide-associated progressive multifocal leukoencephalopathy in multiple myeloma: cortical susceptibility-weighted imaging hypointense findings prior to clinical deterioration. *J Neurovirol* 2020; 26: 452-455.
8. Wathes R, Moule S, Milojkovic D. Progressive multifocal leukoencephalopathy associated with ruxolitinib. *N Engl J Med* 2013; 369: 197-198.
9. Berger JR. Classifying PML risk with disease modifying therapies. *Mult Scler Relat Disord* 2017; 12: 59-63.
10. Bloomgren G, Richman S, Hotermans C, Subramanyam M, Goelz S, Natarajan A, et al. Risk of natalizumab-

- associated progressive multifocal leukoencephalopathy. *N Engl J Med* 2012;17: 366:1870-1880.
11. Ho PR, Koendgen H, Campbell N, Haddock B, Richman S, Chang I. Risk of natalizumab-associated progressive multifocal leukoencephalopathy in patients with multiple sclerosis: a retrospective analysis of data from four clinical studies. *Lancet Neurol* 2017; 16: 925-933.
 12. Dong-Si T, Richman S, Wattjes MP, Wenten M, Gheuens S, Philip J, et al. Outcome and survival of asymptomatic PML in natalizumab-treated MS patients. *Ann Clin Transl Neurol* 2014; 1: 755-764.
 13. Wenning W, Haghikia A, Laubenberger J, Clifford DB, Behrens PF, Chan A, et al. Treatment of progressive multifocal leukoencephalopathy associated with natalizumab. *N Engl J Med* 2009; 361: 1075-1080.
 14. Lindå H, von Heijne A, Major EO, Ryschkewitsch C, Berg J, Olsson T, et al. Progressive multifocal leukoencephalopathy after natalizumab monotherapy. *N Engl J Med* 2009; 361: 1081-1087.
 15. Clifford DB, De Luca A, Simpson DM, Arendt G, Giovannoni G, Nath A. et al. Natalizumab-associated progressive multifocal leukoencephalopathy in patients with multiple sclerosis: lessons from 28 cases. *Lancet Neurol* 2010; 9: 438-446.
 16. Vermersch P, Kappos L, Gold R, Foley JF, Olsson T, Cadavid D, et al. Clinical outcomes of natalizumab-associated progressive multifocal leukoencephalopathy. *Neurology* 2011; 76: 1697-1704.
 17. Dahlhaus S, Hoepner R, Chan A, Kleiter I, Adams O, Lukas C, et al. Disease course and outcome of 15 monocentrically treated natalizumab-associated progressive multifocal leukoencephalopathy patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2013; 84: 1068-1074.
 18. Saida T, Kira JI, Kishida S, Yamamura T, Sudo Y, Ogiwara K, et al. Efficacy, safety, and pharmacokinetics of natalizumab in Japanese multiple sclerosis patients: A double-blind, randomized controlled trial and open-label pharmacokinetic study. *Mult Scler Relat Disord* 2017; 11:25-31.
 19. Landi D, De Rossi N, Zagaglia S, Scarpazza C, Prosperini L, Albanese M, et al. No evidence of beneficial effects of plasmapheresis in natalizumab-associated PML. *Neurology* 2017; 88: 1144-1152.
 20. Clifford DB. Neurological immune reconstitution inflammatory response: riding the tide of immune recovery. *Curr Opin Neurol* 2015; 28: 295-301.
 21. Nakahara J, Tomaske L, Kume K, Takata T, Kamada M, Deguchi K, et al. Three cases of non-carryover fingolimod-PML: Is the risk in Japan increased? *Neurol Neuroimmunol Neuroinflamm* 2019; 6: e559.
 22. 三浦義治, 山田正仁. 本邦発症進行性多巣性白質脳症 (PML) に対する塩酸メフロキン治療の多数例での検討. 平成28年度プリオン病及び遅発性ウイルス感染症の分子病態解明・治療開発に関する研究班
 23. Epperla N, Medina-Flores R, Mazza JJ, Yale SH. Mirtazapine and mefloquine therapy for non-AIDS-related progressive multifocal leukoencephalopathy. *WMJ* 2014; 113: 242-245.
 24. Stefoski D, Balabanov R, Waheed R, Ko M, Koralnik I, Morales FS. Treatment of natalizumab-associated PML with filgrastim. *Ann Clin Transl Neurol* 8:923-931.

CQ 4-4. 薬剤関連 PML 以外の非 HIV 関連 PML の治療はどのようにするのですか？

【回答】

- 薬剤関連進行性多巣性白質脳症(progressive multifocal leukoencephalopathy: PML)以外の非ヒト免疫不全ウイルス(human immunodeficiency virus: HIV)関連 PML には、特発性 CD4 リンパ球減少症・原発性免疫不全症・慢性腎不全・治療歴のない全身エリテマトーデス(systemic lupus erythematosus: SLE)やサルコイドーシスを基礎疾患とした PML が含まれ、その治療の基本は基礎疾患を検索し、免疫学的検査も施行して、可能な限り基礎疾患の治療と免疫学的回復を図る。
- 特発性 CD4 リンパ球減少症を基礎疾患とする PML では、塩酸メフロキン・ミルタザピン併用療法を考慮してもよい。(推奨の強さ 2、エビデンスの確実性 C)。
- 原発性免疫不全症のうち分類不能型免疫不全症(common variable immunodeficiency: CVID)を基礎疾患とする PML では塩酸メフロキン・ミルタザピン併用療法を考慮してもよい。(推奨の強さ 2、エビデンスの確実性 C)。
- 慢性腎不全を基礎疾患とする PML では塩酸メフロキン・ミルタザピン併用療法を考慮してもよい。(推奨の強さ 2、エビデンスの確実性 C)

【解説】

薬剤関連 PML 以外の非 HIV 関連 PML では、薬剤使用によらない免疫機能の低下を基礎病態として PML が発症する。この基礎疾患には、特発性 CD4 リンパ球減少症および類縁疾患、原発性免疫不全症(Good 症候群、Franklin 病、X 連鎖無ガンマグロブリン血症を含む遺伝性低ガンマグロブリン血症、高 IgE 血症¹、CVID、CID)、慢性腎不全、治療歴のない SLE やサルコイドーシス、悪性リンパ腫や皮膚筋炎が含まれる。本疾患群では特に、基礎疾患を診断することが重要であり、免疫学的検査を施行し、可能な限り基礎疾患の治療および免疫調整を考慮する。低ガンマグロブリン血症合併例では免疫グロブリン補充療法の適応となる。これまでの報告症例数は少ないが、その治療は、抗マラリア治療薬塩酸メフロキン(最初の 3 日間は 1 日 1 錠(275mg)、以降は週に 1 回 1 錠内服)・5HT_{2A} セロトニン受容体拮抗薬ミルタザピン(1 日に 1 回 15mg 1 錠より内服開始し、症状を考慮しながら 45mg まで増量可)(いずれも適応外)療法を中心に検討する。

特発性 CD4 リンパ球減少症を基礎疾患とする PML に関しては、塩酸メフロキン・ミルタザピン併用療法にて臨床症状の改善を示した症例報告²、や塩酸メフロキン単剤治療で臨床症状の軽度改

善と脳脊髄液 (cerebrospinal fluid: CSF) 中の JC ウイルス (JC virus: JCV) が検出されなくなった症例³、ミルタザピン単剤治療にて臨床症状の改善と長期生存を示した症例⁴が報告されている。一方、塩酸メフロキンの単剤療法にて無効であった症例報告⁵もある。

さらに最近では海外にてリコンビナント IL-7 (本邦未発売) 投与により CSF 中の JCV 量は減少し、2 年にわたり臨床症状は安定し、その後 CCR5 阻害剤マラビロク (適応外) 併用治療にて経過良好となった症例報告⁶ やリコンビナント IL-7 投与により臨床症状の進行が抑制された報告⁷ がある。また CD8 陽性リンパ球減少を伴った特発性リンパ球減少症に対してもリコンビナント IL-7 投与例があり、臨床症状 画像とも改善している⁸。リコンビナント IL-7 は本邦では未発売であり、今後の薬剤開発が期待される。また近縁疾患である Isolated CD8+ T-lymphocyte deficiency に対して塩酸メフロキン治療有効報告例⁹もある。

原発性免疫不全症のうち CVID を基礎疾患とした PML では塩酸メフロキン・ミルタザピン併用療法を行った症例報告¹⁰がある。23 か月にわたり治療を継続し、CSF 中から検出されるウイルス量も減少した。臨床スコアは初期で改善し、その後増悪し長い経過となった。CID (Combined immune deficiency) を基礎疾患とした PML の症例報告では、Cidofovir (5mg/kg/週)・IL-2 (4.5 MUI/6 週) により臨床所見・炎症所見・画像所見の改善を得た報告もある¹¹。

薬剤投与歴のない慢性腎不全例では塩酸メフロキン・ミルタザピン併用療法にて脳画像も、CSF 中の JCV 量も改善した報告¹²がある。

また、最近未治療の SLE^{13, 14} やサルコイドーシスでもリンパ球減少を合併した PML 発症例があり、非薬剤関連 PML として注目されている。未治療のサルコイドーシスを基礎疾患とした PML 症例に対してミルタザピンを投与するも無効であった報告¹⁵がある。

サルコイドーシスを基礎疾患とした PML のうち、T-reg 数が増加に伴う CD4 陽性 T 細胞の減少を認める患者に対してインフリキシマブによる治療が 6 例中 3 例で臨床症状や脳脊髄液が継続的に改善したという報告がある¹⁶。pembrolizumab や nivolumab 等のチェックポイント阻害剤は PML の罹患率や死亡率を減少させる可能性を示しているが、一貫した治療成績は得られていない¹⁷⁻¹⁹。

この群の症例数は少なく、いずれも症例報告で、エビデンスレベルは低い。また抗ウイルス薬を用いた治療報告も少ない。また中には十分な検索を行っても基礎疾患が不明の PML 症例もあり、この疾患群に分類される。

文献

1. Gocmen R, Acar NP, Cagdas D, Kurne A. Progressive multifocal leukoencephalopathy in a patient with lymphoma and presumptive hyper IgE syndrome. *J Neurovirol.* 2017 Aug;23(4):632-636. doi: 10.1007/s13365-017-0536-x. Epub 2017 Jun 22. PMID: 28643229.
2. Nambirajan A, Suri V, Kataria V, Sharma MC, Goyal V. Progressive multifocal leukoencephalopathy in a 44-year

- old male with idiopathic CD4⁺ T-lymphocytopenia treated with mirtazapine and mefloquine. *Neurol India* 2017; 65: 1061-1064.
3. Izaki S, Tanaka S, Tajima T, Nakamichi K, Saijo M, Nomura K. A case of cerebellar brainstem form of progressive multifocal leukoencephalopathy associated with idiopathic CD4⁺ lymphocytopenia. *Rinsho Shinkeigaku* 2015; 55:345-348.
 4. Delgado-Alvarado M, Sedano MJ, González-Quintanilla V, de Lucas EM, Polo JM, Berciano J. Progressive multifocal leukoencephalopathy and idiopathic CD4 lymphocytopenia. *J Neurol Sci* 2013; 327: 75-79.
 5. Kobayashi Z, Akaza M, Numasawa Y, Ishihara S, Tomimitsu H, Nakamichi K, et al. Failure of mefloquine therapy in progressive multifocal leukoencephalopathy: report of two Japanese patients without human immunodeficiency virus infection. *J Neurol Sci* 2013; 324: 190-194.
 6. Harel A, Horng S, Gustafson T, Ramineni A, Farber RS, Fabian M. Successful treatment of progressive multifocal leukoencephalopathy with recombinant interleukin-7 and maraviroc in a patient with idiopathic CD4 lymphocytopenia. *J Neurovirol* 2018; 5: 652-655.
 7. Alstadhaug KB, Croughs T, Henriksen S, Leboeuf C, Sereti I, Hirsch HH, et al. Treatment of progressive multifocal leukoencephalopathy with interleukin 7. *JAMA Neurol* 2014; 71: 1030-1035.
 8. Miskin DP, Chalkias SG, Dang X, Bord E, Batson S, Koralnik IJ. Interleukin-7 treatment of PML in a patient with idiopathic lymphocytopenia. *Neurol Neuroimmunol Neuroinflamm* 2016; 3: e213.
 9. McGuire JL, Fridman V, Wüthrich C, Koralnik IJ, Jacobs D. Progressive multifocal leukoencephalopathy associated with isolated CD8⁺ T-lymphocyte deficiency mimicking tumefactive MS. *J Neurovirol* 2011; 17: 500-503.
 10. Kurmann R, Weisstanner C, Kardas P, Hirsch HH, Wiest R, Lämmle B, et al. Progressive multifocal leukoencephalopathy in common variable immunodeficiency: mitigated course under mirtazapine and mefloquine. *J Neurovirol* 2015; 21: 694-701.
 11. Zerbe CS, Marciano BE, Katial RK, Santos CB, Adamo N, Hsu AP, et al. Progressive Multifocal Leukoencephalopathy in Primary Immune Deficiencies: Stat1 Gain of Function and Review of the Literature. *Clin Infect Dis*. 2016 Apr 15;62(8):986-94. doi: 10.1093/cid/civ1220. Epub 2016 Jan 6. PMID: 26743090; PMCID: PMC4803104.
 12. Ohnuki E, Asayama S, Asayama T, Nakamichi K, Saijo M, Kosaka S. A case of progressive multifocal leukoencephalopathy with chronic renal failure, whose JC virus in cerebrospinal fluid disappeared after mefloquine-mirtazapine dual therapy. *Rinsho Shinkeigaku* 2016; 56: 705-708.
 13. Brandão M, Damásio J, Marinho A, da Silva AM, Vasconcelos J, Neves E, et al. Systemic lupus erythematosus, progressive multifocal leukoencephalopathy, and T-CD4⁺ lymphopenia. *Clin Rev Allergy Immunol* 2012; 43: 302-307.

14. Saylor D, Venkatesan A. Progressive multifocal leukoencephalopathy in HIV-uninfected individuals. *Curr Infect Dis Rep* 2016; 18: 33.
15. Hohlfeld SK, Günthard HF, Zeitz J, Locher P, Bachli E. Progressive multifocal leukoencephalopathy as a rare lethal complication in untreated sarcoidosis. *BMJ Case Rep* 2012; 2012.pii: bcr0320114036.
16. Rosenkranz SC, Häußler V, Kolster M, Willing A, Matschke J, Röcken C, et al. Treating sarcoidosis-associated progressive multifocal leukoencephalopathy with infliximab, *Brain Communications*, Volume 4, Issue 1, 2022, fcab292, <https://doi.org/10.1093/braincomms/fcab292>
17. Cortese I, Muranski P, Enose-Akahata Y, Ha SK, Smith B, Monaco MC, et al. Pembrolizumab treatment for progressive multifocal leukoencephalopathy. *N Engl J Med*. 2019;380(17):1597-1605. doi:10.1056/NEJMoa1815039
18. Rauer S, Marks R, Urbach H, Warnatz K, Nath A, Holland S, et al. Treatment of progressive multifocal leukoencephalopathy with pembrolizumab. *N Engl J Med*. 2019;380(17):1676-1677. doi:10.1056/NEJMc1817193
19. Pawlitzki M, Schneider-Hohendorf T, Rolfes L, Meuth SG, Wiendl H, Schwab N, et al. Ineffective treatment of PML with pembrolizumab: exhausted memory T-cell subsets as a clue? *Neurol Neuroimmunol Neuroinflamm*. 2019;6(6):e627. doi:10.1212/NXI.0000000000000627

CQ 4-5. 免疫再構築症候群 (IRIS) の診断と治療はどうするのですか？

【回答】

- 進行性多巣性白質脳症 (progressive multifocal leukoencephalopathy: PML)-免疫再構築症候群 (immune reconstitution inflammatory syndrome: IRIS) では原則として基礎疾患別の PML 治療を続行する (推奨の強さ 2、エビデンスの確実性 C)。
- PML-IRIS の診断は、ART 開始やナタリズマブ投与中止から数カ月以内に中枢神経症状が悪化し、頭部 MRI で炎症を反映した浮腫や造影増強効果を伴う画像所見が認められること、血中 CD4 陽性 T リンパ球が増加すること、髄液 JCV コピー数が減少すること、脳生検で CD8 陽性 T リンパ球の浸潤が目立つことが参考となる (推奨の強さ 2、エビデンスの確実性 B)。
- 重篤な IRIS を合併した場合はステロイドパルス療法を考慮する (保険適用外) (推奨の強さ 2、エビデンスの確実性 C)。
- グリセオールおよびマンニトールは対症療法としての併用を考慮してよい (推奨の強さ 2、エビデンスの確実性 D)。
- PML-IRIS に対する CCR-5 阻害剤マラビロクや免疫グロブリン大量療法はまだ十分な科学的根拠がなく、現時点での使用は推奨されない (推奨の強さ 3、エビデンスの確実性 D)。

【解説】

IRIS は、治療により患者の免疫が回復することで免疫応答が炎症反応を生じさせ、それにより PML の病態が一過性に増悪することを指す。ヒト免疫不全ウイルス (human immunodeficiency virus: HIV) 感染症に対する抗レトロウイルス療法 (anti-retroviral therapy: ART) に伴う IRIS が PML を増悪させることがあり、中枢神経系 (central nervous system: CNS) IRIS (CNS-IRIS) の 1 つとしての PML-IRIS がよく知られている。近年では非 HIV 関連 PML、特に多発性硬化症 (multiple sclerosis: MS) の新規治療薬であるナタリズマブの使用中止に伴う PML-IRIS が注目されている。

ART 開始やナタリズマブの投与中止から数カ月以内に、神経症状が急激に増悪するが、殆どが治療開始後 90 日以内に出現する¹。PML-IRIS の診断基準については、これまでに HIV-PML に出現した IRIS に対する基準案が複数の文献で示されているが^{2,3}、MRI の画像に関する記載が少ないこと、髄液 JC ウイルス量に関する記載が殆どないこと、病理学的な項目の言及が少ないこと

が課題となっている。

PML-IRIS では頭部 MRI で炎症を反映した浮腫や造影増強効果を伴う画像所見が認められることが特徴である。特に造影効果は PML-IRIS の 31~56%(通常の PML では 2.5%)で出現し⁴、有意な所見となり得る。また、IRIS 発症時には CD4 陽性 T リンパ球が増加すること⁵、JCV コピー数が減少すること⁶、病理学的には脳生検で CD8 陽性 T リンパ球の浸潤が目立つこと⁷が診断の一助になり得る。

IRIS は通常一過性であり、ART など基礎疾患に対する特異的な治療は中止せずに継続すべきである。しかし、PML-IRIS が重篤な場合は生命予後にも関係するため、ステロイドパルス療法も考慮する⁸⁻¹¹。HIV 関連 PML-IRIS を発症した 54 例でステロイド使用群 12 例と非使用群 42 例を比較した研究では、両群で生存率に有意差はなかった。しかし良好な転帰をとったステロイド使用群の 7 例では死亡した 5 例に比べ、IRIS 診断からステロイド開始までの期間が短く、ステロイド投与が長期にわたっていた¹⁰。このことは、ステロイド早期投与に効果がある可能性を示唆すると考えられるが、ステロイドの効果に否定的な報告もある⁵。HIV-PML に関するケースシリーズでは 32 例のうち 11 例が IRIS を合併し、ステロイド治療を 12 例、マラビロクを 3 例で使用し、9 例では PML-IRIS 死亡かホスピスとなった。生存中央値は IRIS 群で 109 日と短い傾向にあった¹²。

MS 患者におけるナタリズマブ関連 PML 患者が治療により PML-IRIS を発症する病態に対し、ステロイド投与が治療後の Expanded Disability Status Scale (EDSS) を改善する可能性が示されている⁹。ステロイドパルスを繰り返すことで症状が改善した報告が複数みられる^{13, 14}。一方、早期のステロイド投与がインターフェロン- γ による JCV 特異的 T 細胞応答を減弱させ、PML を増悪させるとする報告もある^{15, 16}。そのため、著明な神経学的所見の悪化を呈する患者や、脳ヘルニアや小脳ヘルニアを示唆する臨床的または画像所見を有する患者にのみ推奨する文献もある¹⁷。対症療法としての浸透圧利尿薬の使用は可能であるが¹⁸、エビデンスを示すデータはない。

HIV 関連 PML-IRIS や MS 患者におけるナタリズマブ関連 PML 患者が治療により PML-IRIS を発症する病態に対し、CCR-5 阻害剤であるマラビロクが有効性を示すという症例報告がある^{7, 19-21}。他方では効果に否定的な報告^{16, 22}もみられ、マラビロク投与群では副腎皮質ステロイド単独投与群と比較して、増悪の予防や臨床的悪化までの期間、最終的な重症度に影響しなかったとしている²³。マラビロクの有効性を調べるには、今後の検討が必要である。ミルタザピン・メフロキン併用療法にさらに免疫グロブリン大量療法併用にて IRIS が軽快した報告があるが^{24, 25}、現時点では保険適用はなく、使用に際して十分な検討が必要である。

文献

1. Shelburne SA, Montes M, Hamill RJ. Immune reconstitution inflammatory syndrome: more answers, more questions. *J Antimicrob Chemother* 2006;57:167-70

2. French M, Price P, Stone SF. Immune restoration disease after antiretroviral therapy. *AIDS* 2004;18:161-5-27
3. McCarthy M, Nath A. Neurologic consequences of the immune reconstitution inflammatory syndrome (IRIS). *Curr Neurol Neurosci Rep* 2010;10:467-75
4. Sainz-de-la-Maza S, Casado JL, Pérez-Elías MJ, Moreno A, Quereda C, Moreno S, Corral I. Incidence and prognosis of immune reconstitution inflammatory syndrome in HIV-associated progressive multifocal leukoencephalopathy. *Eur J Neurol* 2016;23:919-25
5. Berger JR, Aksamit AJ, Clifford DB, Davis L, Korálnik IJ, Sejvar JJ, Bartt R, Major EO, Nath A. PML diagnostic criteria: consensus statement from the AAN Neuroinfectious Disease Section. *Neurology*. 2013;80:1430-8
6. Avsenik J, Ledinel AH, Šurlan Popović K. Progressive multifocal leukoencephalopathy - immune reconstitution inflammatory syndrome (PML-IRIS) in liver transplant recipient. *Mult Scler Relat Disord*. 2017;17:135-7
7. Martin-Blondel G, Bauer J, Cuvinciuc V, Uro-Coste E, Debard A, Massip P, Delisle MB, Lassmann H, Marchou B, Mars LT, Liblau RS. In situ evidence of JC virus control by CD8+ T cells in PML-IRIS during HIV infection. *Neurology* 2013;81:964-70
8. Korálnik IJ. Progressive multifocal leukoencephalopathy: treatment and prognosis. http://www.uptodate.com/contents/progressive-multifocal-leukoencephalopathy-prognosis-and-treatment?source=search_result&search=pml&selectedTitle=2%7E75
9. Tan IL, McArthur JC, Clifford DB, Major EO, Nath A. Immune reconstitution inflammatory syndrome in Natalizumab-associated PML. *Neurology* 2011; 77: 1061-1067.
10. Tan K, Roda R, Ostrow L, McArthur J, Nath A. PML-IRIS in patients with HIV infection: clinical manifestations and treatment with steroids. *Neurology* 2009; 72: 1458-1464.
11. Panel on Opportunistic Infections in HIV-Infected Adults and Adolescents. Guidelines for the prevention and treatment of opportunistic infections in HIV-infected adults and adolescents: Recommendations from the Centers for Disease Control and Prevention, the National Institutes of Health, and the HIV Medicine Association of the Infectious Diseases Society of America. https://aidsinfo.nih.gov/contentfiles/lvguidelines/adult_oi.pdf
12. Summers Nathan A, Kelley Colleen F, Armstrong Wendy, Marconi Vincent C, Nguyen Minh Ly. Not a Disease of the Past: A Case Series of Progressive Multifocal Leukoencephalopathy in the Established Antiretroviral Era. *AIDS research and human retroviruses* 2019; 35: 544-552
13. Lauda F, Fangerau T, Javaheripour-Otto K, Pinkhardt E, Kassubek J, Tumani H. Natalizumab-associated cerebellar PML: a case report on how to slow down IRIS. *J Neurol*. 2015;262:1055-7
14. Pitarokouli K, Hellwig K, Lukas C, Gold R. Successful pregnancy after natalizumab-associated progressive

- multifocal leukoencephalopathy in a patient with multiple sclerosis. *Mult Scler.* 2017;23:483-486
15. Antoniol C, Jilek S, Schluep M, Mercier N, Canales M, Le Goff G, Campiche C, Pantaleo G, Du Pasquier RA. Impairment of JCV-specific T-cell response by corticotherapy: effect on PML-IRIS management? *Neurology* 2012;79:2258-2264
 16. Scaparazza C, Prosperini L, Mancinelli C, Rossi N, Lugaresi A, Capobianco M, et al. Is maraviroc useful in multiple sclerosis patient with matalizumab-related progressive multifocal leukoencephalopathy? *J Neurol Sci* 2017; 378: 233-237.
 17. Bowen LN, Smith B, Reich D, Quezado M, Nath A. HIV-associated opportunistic CNS infections: pathophysiology, diagnosis and treatment. *Nat Rev Neurol.* 2016 ;12:662-674
 18. Oelschlaeger C, Dziewas R, Reichelt D, Minnerup J, Niederstadt T, Ringelstein EB, Husstedt IW. Severe leukoencephalopathy with fulminant cerebral edema reflecting immune reconstitution inflammatory syndrome during HIV infection: a case report *J Med Case Rep.* 2010;4:214
 19. Shahani L, Shah M, Tavakoli-Tabasi S. Immune reconstitution inflammatory syndrome in a patient with progressive multifocal leukoencephalopathy. *BMJ Case Rep* 2015; pii: bcr2014207325.
 20. Giacomini PS, Rozenberg A, Metz I, Araujo D, Arbour N, Bar-Or A. Maraviroc and JC virus-associated immune reconstitution inflammatory syndrome. *N Engl J Med* 2014; 370: 486-488.
 21. Hodecker SC, Stürner KH, Becker V, Elias-Hamp B, Holst B, Friese MA, Heesen C. Maraviroc as possible treatment for PML-IRIS in natalizumab-treated patients with MS. *Neurol Neuroimmunol Neuroinflamm.* 2017;4:e325
 22. Rodríguez M, Silva-Sánchez FA, Luna-Rivero C, Vega-Barrientos R, Alvarado-de la Barrera C, Reyes-Terán G. Maraviroc failed to control progressive multifocal leukoencephalopathy-associated IRIS in a patient with advanced HIV infection. *Case Rep Med* 2014; 2014: 381480.
 23. Bernard-Valnet R, Moisset X, Maubeuge N, Lefebvre M, Quallet JC, Roumier M, Lebrun-Frenay C, Ciron J, Biotti D, Clavelou P, Godeau B, Du Pasquier RA, Martin-Blondel G. CCR5 Blockade in Inflammatory PML and PML-IRIS Associated With Chronic Inflammatory Diseases' Treatments. *Neurol Neuroimmunol Neuroinflamm.* 2021; 9:e1097
 24. Calic Z, Cappelen-Smith C, Hodgkinson SJ, McDougall A, Cuganesan R, Brew BJ. Treatment of progressive multifocal leukoencephalopathy-immune reconstitution inflammatory syndrome with intravenous immunoglobulin in a patient with multiple sclerosis treated with fingolimod after discontinuation of natalizumab. *J Clin Neurosci* 2015; 22: 598-600.
 25. Trunfio M, Manini C, Trentalange A, Boghi A, Audagnotto S, Imperiale D, Taraglio S, Bonora S, Di Perri G, Calcagno A. The "milky way" galaxy of HIV-related central nervous system immune reaction syndromes. *J Neurovirol.* 2019;25:887-892.

CQ 5. PML における社会資源や介護・心理社会的支援

CQ 5-1. PML 患者・家族のための社会資源や介護・心理社会的支援にはどのようなものがありますか？

【回答】

- 進行性多巣性白質脳症 (progressive multifocal leukoencephalopathy: PML) の患者・家族の心理的支援には、主治医のみならず、看護師・心理専門職・精神神経科医師・医療ソーシャルワーカーなどが連携する必要がある。
- PML の正確で十分な情報は、難病情報センターのホームページや PML 情報センターで得られる。
- 公的支援として、PML は 2015 年より指定難病となった。
- PML 患者の長期生存例も認められてきており、今後は在宅や療養型病院などでの医療・介護が重要な位置を占めるようになって考えられる。

【解説】

PML は稀少疾患であるため、一般の方々はもちろん、患者・家族自身も十分に PML について理解するには難しく、時間を要する場合が多い。また、依然として生命・機能予後が不良な疾患であり、患者・家族の心理的負担も非常に大きい。PML に関して正確で十分な情報を医療従事者のみでなく、患者・家族にわかりやすく繰り返して伝えることは、患者・家族の方々に対する大きな心理的支援となる。

難病情報センターのホームページ¹には病気の解説(一般利用者向け)、診断・治療指針(医療従事者向け)、よくある質問と回答、難病支援制度など有用な情報が掲載されている。

難病情報センターホームページ

PML 病気の解説(一般利用者向け) <http://www.nanbyou.or.jp/entry/126>

診断・治療指針(医療従事者向け) <https://www.nanbyou.or.jp/entry/278>

また、平成 25 年(2013 年)にがん・感染症センター都立駒込病院内に PML 情報センターが設置され、医療従事者のみでなく患者・家族からの相談を受けいれている。

PML 情報センター連絡先

がん・感染症センター都立駒込病院内 PML 情報センター

〒113-8677 東京都文京区本駒込三丁目 18 番 22 号

TEL:03-3823-2101(代表) FAX:03-3823-5433

E-mail: km_pml-info@tmhp.jp

PMLは平成27年(2015年)より指定難病になり、公的支援が受けられるようになった²。ただし、ヒト免疫不全ウイルス(human immunodeficiency virus: HIV)関連 PML 患者に関しては従来通り自立支援医療の対象である³。

従来、PMLは致死性の疾患とされていたが、長期生存例も認められてきている。しかし、生存例でも機能障害を強く残すことも多く全身的なケアが必要な事も多い。また HIV 関連 PML 患者の場合には、HIV 感染症に対する治療、介護および心理社会的側面からの支援も重要である。PML 長期生存例に対して、今後は在宅や療養型病院などでの医療・介護が重要になると考えられる。他疾患による身体障害を持つ患者と同様に、主治医のみならず、看護師・心理専門職・精神神経科医師・医療ソーシャルワーカーなどが連携し支援する。必要に応じ、身体障害者申請や介護保険を利用する例などに対応する必要がある。

。

URL

1. <http://www.nanbyou.or.jp>
2. <http://www.nanbyou.or.jp/entry/5460>
3. <http://www.mhlw.go.jp/bunya/shougaihoken/jiritsu/kousei.html>

CQ 6. PML の診療支援

CQ 6-1. PML の診療支援にはどのようなものがありますか？

【回答】

- 進行性多巣性白質脳症 (progressive multifocal leukoencephalopathy: PML) の診療支援として、研究班による診療支援、本ガイドライン執筆者の所属施設で行なっている診療支援、難病情報センター (公益財団法人難病医学研究財団) による診療支援がある。

【解説】

1. 研究班による診療支援

研究班ホームページ

「プリオン病および遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班」は、「プリオン病のサーベイランスと感染予防に関する調査研究班」と合同で、ホームページ (<http://prion.umin.jp/>) を開設し、本ガイドラインを含む各種ガイドラインや最新の研究成果などを提供している。

PML サーベイランス

本研究班の研究の一環として、PML サーベイランス研究を行っている。PML の診断・治療等で支援が必要な時は、下記 PML サーベイランス委員会事務局で相談を受け付けている。

連絡先: PML サーベイランス委員会事務局
がん・感染症センター都立駒込病院脳神経内科
〒113-8677 東京都文京区本駒込三丁目18番22号
TEL: 03-3823-2101 (代表) FAX: 03-3823-5433
E-mail: km_pml-info@tmhp.jp

2. 本ガイドライン執筆者の所属施設で行なっている診療支援

脳脊髄液 JC ウイルス DNA 検査

脳脊髄液 JC ウイルス DNA 検査にて、PML の診断の支援を行っている。

連絡先: 国立感染症研究所ウイルス第一部
〒162-8640 東京都新宿区戸山1-23-1
TEL: 03-5285-1111 (内線2530) FAX: 03-5285-2115

E-mail: nakamich@niid.go.jp

<https://www.niid.go.jp/niid/ja/from-vir1/9458-vir1-div3.html>

脳組織ウイルス病理検査

生検脳あるいは剖検脳のウイルス病理学的解析を行い、PML の診断の支援を行っている。

連絡先: 国立感染症研究所感染病理部

〒162-8640 東京都新宿区戸山1-23-1

TEL: 03-5285-1111 FAX: 03-5285-1189

E-mail: info@nih.go.jp

<https://www.niid.go.jp/niid/ja/kensa-irai.html>

頭部 MRI 画像診断相談 (KPIAC) :

PML 疑い症例(多発性硬化症再発疑い症例を含む)に関して、頭部 MRI 画像診断相談を行っている。

連絡先: 東京都立駒込病院 PML 画像解析センター (KPIAC)

がん・感染症センター都立駒込病院脳神経内科

〒113-8677 東京都文京区本駒込三丁目 18 番 22 号

TEL: 03-3823-2101 (代表) FAX: 03-3823-5433

E-mail: km_pml-info@tmhp.jp

メフロキンによる臨床試験

メフロキンの PML に対する有用性は期待されるが、現時点では臨床研究が不十分で、その治療効果は、現時点では確認されているわけではない。メフロキンによる PML に対する治療は、適応外使用にあたり、各施設で倫理委員会もしくは臨床倫理委員会の承認を得る必要がある。メフロキンによる臨床試験(登録集計研究)に参加を希望される施設は、下記 PML サーベイランス事務局で相談を受け付けている。

連絡先: PMLサーベイランス委員会事務局

がん・感染症センター都立駒込病院脳神経内科

〒113-8677 東京都文京区本駒込三丁目18番22号

TEL: 03-3823-2101 (代表) FAX: 03-3823-5433

E-mail: km_pml-info@tmhp.jp

3. 難病情報センター(公益財団法人難病医学研究財団)で行なっている診療支援

PML 病気の解説(一般利用者向け) : <http://www.nanbyou.or.jp/entry/126>

PML 診断・治療指針(医療従事者向け) : <http://www.nanbyou.or.jp/entry/278>

PML FAQ(よくある質問と回答) : <http://www.nanbyou.or.jp/entry/389>

略語集

略語	原語	説明
ADC	apparent diffusion coefficient	拡散能
AIDS	acquired immunodeficiency syndrome	後天性免疫不全症候群
ART	anti-retroviral therapy	抗レトロウイルス療法
CNS	central nervous system	中枢神経系
CSF	cerebrospinal fluid	脳脊髄液
CVID	common variable immunodeficiency	分類不能型免疫不全症
DTI	diffusion tensor image	拡散テンソル画像
DWI	diffusion weighted image	拡散強調画像
FA	fractional anisotropy	拡散異方性
FS	functional system	機能系
Gd	gadolinium	ガドリニウム
HIV	human immunodeficiency virus	ヒト免疫不全ウイルス
IHC	immunohistochemistry	免疫組織化学
IRIS	immune reconstitution inflammatory syndrome	免疫再構築症候群
JCV	JC virus	JC ウイルス
MS	multiple sclerosis	多発性硬化症
MRS	magnetic resonance spectroscopy	磁気共鳴スペクトロスコピー
PCR	polymerase chain reaction	ポリメラーゼ連鎖反応
PML	progressive multifocal leukoencephalopathy	進行性多巣性白質脳症
RCT	randomized controlled trial	ランダム化比較試験
SLE	systemic lupus erythematosus	全身エリテマトーデス

進行性多巣性白質脳症
(Progressive multifocal leukoencephalopathy: PML)
診療ガイドライン 2026
発行日 2026 年 3 月

編集

厚生労働科学研究費補助金 難治性疾患政策研究事業
プリオン病及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班
研究代表者 高尾昌樹

発行

厚生労働科学研究費補助金 難治性疾患政策研究事業
プリオン病及び遅発性ウイルス感染症に関する調査研究班
研究代表者 高尾昌樹

研究班事務局

国立精神・神経医療研究センター病院
〒187-8551 東京都小平市小川東町 4-1-1
042-241-2711