

定位放射線治療後に髄液循環障害に伴う radiation-induced peritumoral inflammationを生じたと考えられた蝶形骨縁髄膜腫の1例

國廣丞史¹⁾, 善家喜一郎¹⁾, 麻生健伍¹⁾, 尾崎沙耶¹⁾, 正田大介¹⁾, 西崎 統²⁾

1) 市立宇和島病院脳神経外科 〒798-8510 愛媛県宇和島市御殿町 1-1

2) 済生会今治病院脳神経外科

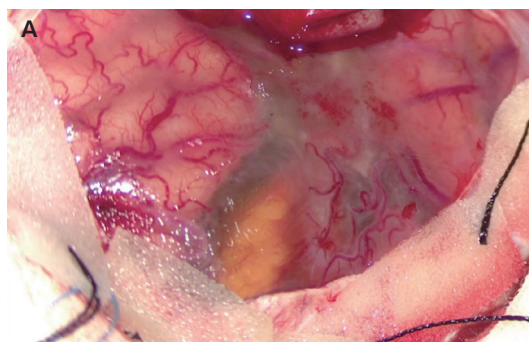
蝶

形骨縁髄膜腫に対する定位放射線治療後に、同側シルビウス裂内に局所性の radiation-induced peritumoral inflammation を合併した症例を経験した。患者は69歳、女性。増大傾向の右蝶形骨縁髄膜腫に対して定位放射線治療を行った。後方視的に見ると、同側のシルビウス裂はわずかに開大し、腫瘍により髄液循環障害を伴っている可能性があった。照射3カ月後より頭痛があり、同側のシルビウス裂内に軟髄膜の造影効果および異常液貯留が出現した。腫瘍塞栓術後に摘出術を行った結果、病理学的に腫瘍は線維性髄膜腫で内部に壊死を伴い、周囲の軟髄膜に炎症性変化を示していた。術後、速やかに軟髄膜の造影効果は消失し、頭痛も改善した。髄液循環障害を伴う可能性のある腫瘍への定位放射線治療適応は慎重に検討すべきである。

Key Words

meningioma, stereotactic radiotherapy, peritumoral inflammation, leptomeningitis

Key Slide



(Received March 19, 2025; Accepted October 15, 2025)

I. 緒言

脳腫瘍に対する治療選択として、定位放射線治療は低侵襲で有効性が確立されており¹⁾、髄膜腫に関しても放射線治療による5年制御率は90%前後とされている²⁾。そのため、何らかの理由で手術が困難な症例においては治療選択肢となり得るが、合併症を熟知したうえで適応を検討すべきである。今回、髄膜腫に対して定位放射線治療を行った後に髄液循環障害に伴う radiation-induced peritumoral inflammation を合併したと思われる症例を経験したため、文献的考察を加えて報告する。

II. 症例

患者：69歳、女性。

主訴：頭痛。

既往歴：68歳時に尿路感染による菌血症で入院加療を受け、廃用症候群を合併して modified Rankin Scale (mRS) 3 となった。

現病歴：尿路感染症で入院加療を受けた際に、頭部 MRI で偶発的に右蝶形骨縁の脳実質外腫瘍を発見された。腫瘍は均一に増強され dural tail sign を示し、髄膜腫が疑われた (**Fig. 1A**)。Cystic meningioma を疑う嚢胞形成は見られなかった (**Fig. 1B**)。この際に、自覚症状はなかったが、後方視的に見ると同側のシルビウス裂は軽度に関大し、シルビウス裂内に異常影は見られなかった (**Fig. 1B, C**)。3カ月の経過で腫瘍径は2.9 cm から3.2 cm と増大したため摘出手術も提示されたが、廃用症候群による ADL の低下があることや、今後のさらなる増大による放射線治療の局所制御率低下の可能性も考えられたため、患者・家族希望もありサイバーナイフ治療（辺縁総線量 2,750 cGy, 5分割）を実施した (**Fig. 2**)。照射から3カ月後に頭痛が出現し当院外来を受診した。

来院時現症：JCS 3、軽度の頭痛があった。発熱はなく、項部硬直、Jolt accentuation は陰性であった。四肢に明らかな麻痺はなかったが廃用が進行しており、mRS 4 であった。

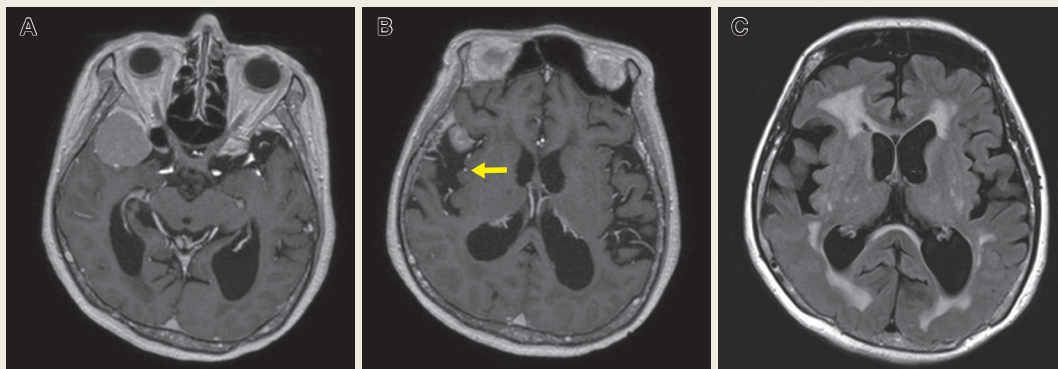


Fig. 1 Pre-irradiation MRI images in the axial plane

A : A contrast-enhanced T1-weighted image shows a tumor along the right sphenoid ridge, highly suggestive of meningioma.

B : A contrast-enhanced T1-weighted image shows a slight dilatation of the right Sylvian fissure (arrow). No cystic components suggestive of a cystic meningioma were identified.

C : A T2 FLAIR image shows no apparent abnormal signal within the right Sylvian fissure.

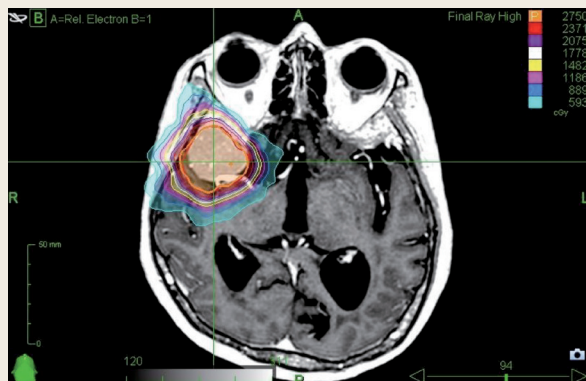


Fig. 2 Dosimetry in stereotactic radiotherapy

An MRI in the axial plane showing the dose distribution of CyberKnife-based intensity-modulated radiotherapy (IMRT) for a meningioma located at the right sphenoid ridge. A marginal dose of 2,750 cGy was prescribed, delivered in five fractions.

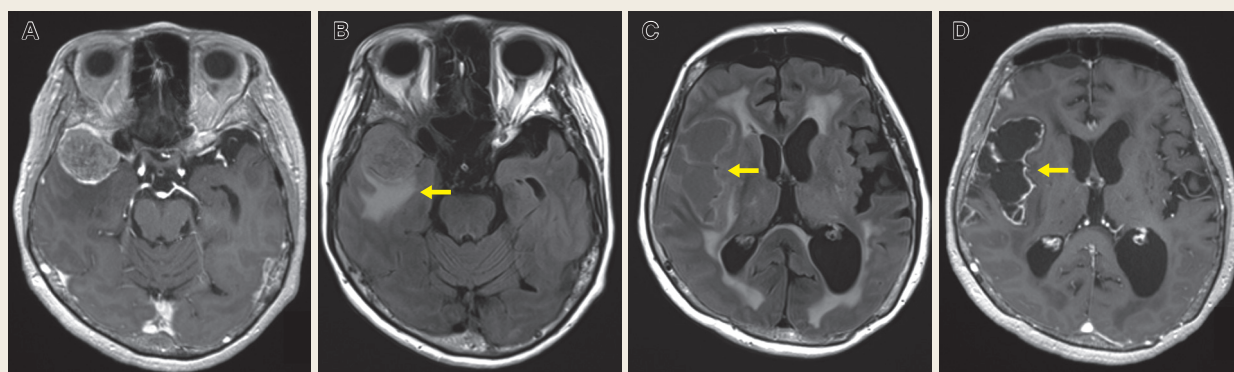


Fig. 3 Axial plane MRI scans at 3 months post-irradiation

A : A contrast-enhanced T1-weighted image shows a tumor with non-uniform contrast enhancement.
B : On the T2 FLAIR image, edema is observed in the right temporal lobe posterior to the tumor (arrow).
C : The T2 FLAIR image shows a high-signal fluid within the dilated right Sylvian fissure (arrow).
D : A contrast-enhanced MRI reveals leptomeningeal enhancement within the right Sylvian fissure (arrow).

画像所見：頭部造影 MRI で右蝶形骨縁に髄膜腫を疑う脳実質外腫瘍を認め、腫瘍サイズは変化を認めなかったが、内部の造影効果は不均一に変化していた (Fig. 3A)。腫瘍は右側頭葉を圧排しており、一部に浮腫性変化を認めた (Fig. 3B)。同側のシルビウス裂内は T2-FLAIR で高信号であり、腫瘍外側の軟髄膜に造影効果を認めた (Fig. 3C, D)。脳血管撮影では、右外頸動脈撮影で中硬膜動脈からの腫瘍濃染を認めた。

その他の検査：髄液検査 (腰椎穿刺) は、無色透明で初圧 25 mmH₂O、細胞数 22/μL、糖

72 mg/dL、蛋白 42 mg/dL で、腫瘍細胞や菌体は検出されなかった。

術前診断：同側シルビウス裂の軟髄膜造影効果に関しては腫瘍崩壊に伴う炎症性変化、放射線壊死、播種を鑑別に挙げた。同側シルビウス裂内の液貯留に関しては、腫瘍により髄液循環が障害されている可能性があった。グリセオール、ステロイドを点滴投与したが頭痛や右側頭葉の浮腫性変化は改善せず、粒子径 300 ~ 500 μm のエンボスフィア (メリットメディカル・ジャパン) で右中硬膜動脈より腫瘍塞栓を行った後に腫瘍摘出術を

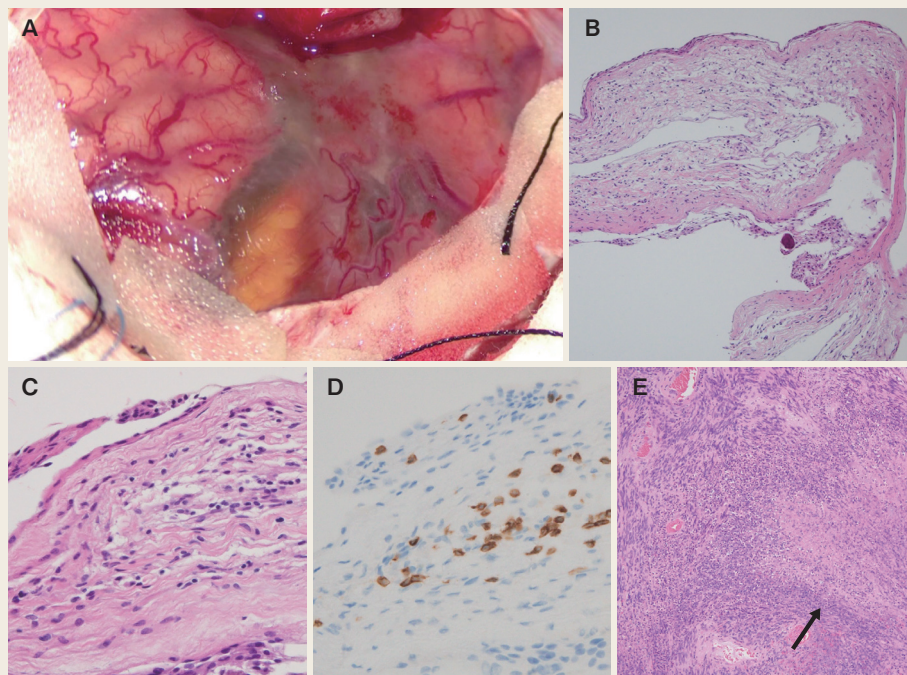


Fig. 4 Intraoperative findings and histopathological findings

- A** : An intraoperative image shows a thickened arachnoid surrounding the tumor with prominent vessels, and pooled cloudy brown cerebrospinal fluid.
- B-D** : The histopathological examination of the arachnoid tissue revealed no definitive neoplastic lesions in the resected arachnoid. Only a mild infiltration of CD3-positive lymphocytes was observed.
- B** : Hematoxylin and eosin (H&E) staining at original magnification $\times 100$.
- C** : H&E staining at original magnification $\times 400$.
- D** : CD3 immunostaining at original magnification $\times 400$.
- E** : The microscopic image of the resected tumor demonstrates spindle-shaped tumor cells proliferating in bundles, consistent with the characteristics of fibrous meningioma. Geographic necrosis (arrow) and mild infiltration of inflammatory cells are also observed within the tumor (hematoxylin and eosin stain, $\times 100$). The MIB-1 labeling index was 3.7%.

行う方針とした。

手術所見および病理所見：全身麻酔下に右前頭側頭開頭で腫瘍摘出術を施行した。腫瘍外側のシルビウス裂内のくも膜は肥厚し血管が目立ち (**Fig. 4A**)，肥厚したくも膜およびシルビウス裂内に貯留していた髄液を採取した。摘出したくも膜には明らかな腫瘍性病変は指摘できず，膠原線維の増生による肥厚と微小血管の拡張はあるものの，好中球の浸潤はなく間質に軽度の CD3 陽性リンパ球の浸潤を認めるのみであり (**Fig. 4B-D**)，単純な

炎症性変化を示した。シルビウス裂内に貯留していた髄液は褐色で濁っており，蛋白は 3,744 mg/dL と著明に高値だったが，わずかに炎症細胞が存在するのみで腫瘍細胞や菌体は検出されなかった。シルビウス裂を開放して腫瘍を発生母地の蝶形骨縁硬膜から凝固離断し，中大脳動脈，前頭葉，側頭葉から剥離して肉眼的に全摘出した (Simpson grade II)。髄液循環を改善するために基底槽を開放して手術を終了した。基底槽のくも膜には目立った肥厚や炎症所見は認めなかった。摘出標本の

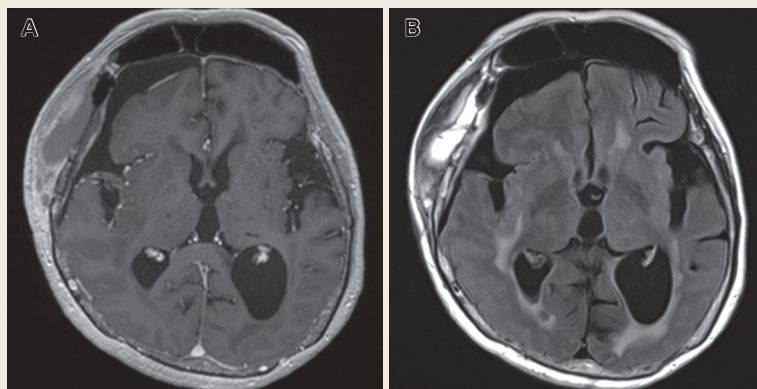


Fig. 5 MRI findings on postoperative day 16

- A**: In the contrast-enhanced T1-weighted image, the enhancement in the right Sylvian fissure has almost completely resolved.
B: On the T2 FLAIR sequence, the previously noted high signal in the right Sylvian fissure has disappeared.

病理診断は線維性髄膜腫（WHO grade 1）であり，内部に地図状壊死を伴っていた（Fig. 4E）。

術後経過：右シルビウス裂内の T2-FLAIR 高信号や開大所見，および軟髄膜の造影効果は経時的に消退し（Fig. 5），頭痛も消失した。術後 23 日目に mRS 4 で回復期リハビリテーション病院へ転院した。術後 6 カ月が経過した時点で mRS 2 まで回復し，外来通院している。

Ⅲ. 考 察

本症例では，蝶形骨縁髄膜腫に対して定位放射線治療を行った後，同側シルビウス裂内の軟髄膜に局所性の radiation-induced peritumoral inflammation を呈した。その成因と治療法について考察する。

1. 定位放射線治療の適応と合併症

髄膜腫に対する定位放射線治療の有効性は確立されており，治療成績に関しても 5 年間，10 年間の無増大率はともに 90% 前後と報告されている^{2,3)}。そのため，摘出困難な部位の腫瘍や何らかの理由で手術が困難な場合において有効な治療選択肢と

なり得るが，一方で症候性脳浮腫といった合併症が報告されている⁴⁾。特に腫瘍容積が 4.5 mL より大きいこと，腫瘍／脳境界が狭小であることがリスク因子として示されており⁵⁾，本症例はそれらの該当リスクを有していることから，症候性脳浮腫を発症する危険性があった。しかし，定位放射線治療後に同側シルビウス裂内の軟髄膜に局所性の peritumoral inflammation を生じた髄膜腫の症例は我々が文献検索した範囲では認められず，本症例がその第 1 例である。

2. 髄液循環障害と radiation-induced peritumoral inflammation

本症例は，腫瘍同側のシルビウス裂が開大している印象を受け，腫瘍により局所的な髄液循環障害が生じていた可能性があった。加えて放射線治療後に脳浮腫が生じ，さらに循環障害が増悪したものと想定する。

先行報告では，定位放射線治療後の髄膜腫 2 例で髄液蛋白濃度上昇を示し，腫瘍壊死や血管破綻との関連が指摘されている^{6, 7)}。本症例では，先

述したとおり局所性の髄液循環障害があり、放射線治療後の腫瘍壊死や血管破綻により漏出した蛋白などの物質が同側のシルビウス裂内に漏出したことで、同側シルビウス裂内に局所性の radiation-induced peritumoral inflammation を発症したと考えられた。

3. 髄膜腫と軟髄膜炎

髄膜腫において、血管腫性髄膜腫や髄膜皮性髄膜腫で腫瘍周囲の軟髄膜炎を合併した例が示されている^{8, 9)}。髄膜皮性髄膜腫に軟髄膜炎を合併した例では、IgG4 陽性形質細胞や好酸球の著明な腫瘍内浸潤が誘因と推察されている⁹⁾。本症例では形質細胞や好酸球などの著明な腫瘍内浸潤は指摘されなかったが、腫瘍内部に壊死および炎症細胞浸潤を認めた。腫瘍内部の壊死に関しては塞栓術の影響の可能性は否定できないものの、放射線治療に伴う腫瘍壊死が同側シルビウス裂内の炎症に関与している可能性があると考えられる。

4. 髄液循環障害を伴う可能性のある腫瘍の治療

先述のとおり、本症例は元々局所的な髄液循環障害を伴っていた可能性があり、そこにさらに放射線治療後の腫瘍壊死や血管破綻により漏出した蛋白などの物質が同側のシルビウス裂内に漏出したことで、同側シルビウス裂内に局所性の radiation-induced peritumoral inflammation を発症したと考えられた。シルビウス裂内の炎症に関しては、放射線照射により直接的に発症した可能性は否定できないが、放射線照射範囲と比較して腫瘍外側にも目立ったことから、髄液循環障害が複合的な要因として影響した可能性が高いものと想定する。

先述した放射線治療後脳浮腫を合併した髄膜腫例では、腫瘍摘出により浮腫は消失し⁵⁾、軟髄膜

炎を合併した髄膜腫症例に関しても、摘出により軟髄膜所見の改善が得られている⁸⁾。本症例も腫瘍摘出後に局所性の炎症所見は改善したが、髄液循環障害を伴う可能性がある場合は、定位放射線治療後に髄液循環障害がさらに悪化することで radiation-induced peritumoral inflammation を発症する可能性を考慮し、初回の治療法選択に際しては外科摘出を優先すべきであった。

ただしこれらは1症例から得られた示唆であるため、今後、症例集積により、髄液循環障害に伴う radiation-induced peritumoral inflammation の成因や自然史のさらなる検討が必要と思われる。

IV. 結 語

髄液循環障害を伴う腫瘍に対して定位放射線治療を行った場合、髄液循環障害に関連した radiation-induced peritumoral inflammation を合併し得る。脳腫瘍に対して定位放射線治療を検討する際には、髄液循環障害に伴う radiation-induced peritumoral inflammation を合併する可能性を考慮して適応を検討するべきである。

COI

著者らは本論文に関して開示すべきCOIはありません。

文献

- 1) 青山英史, 川口弦: 神経鞘腫・髄膜腫の定位放射線治療. 脳外誌 28: 499-504, 2019
- 2) Kondziolka D, et al: Long-term outcomes after meningioma radiosurgery: physician and patient perspectives. J Neurosurg 91: 44-50, 1999
- 3) Rogers L, et al: Meningiomas: knowledge base, treatment outcomes, and uncertainties. A RANO review. J Neurosurg 122: 4-23, 2015
- 4) Ding D, et al: Radiosurgery for parasagittal and parafalcine meningiomas. J Neurosurg 119: 871-7, 2013
- 5) Conti A, et al: Post-Treatment Edema after Meningioma Radiosurgery is a Predictable Complication. Cureus 8: e605, 2016
- 6) Kajiwara M, et al: Normal pressure hydrocephalus after radiosurgery for sphenoid ridge meningioma. J Clin Neurosci 16: 162-4, 2009
- 7) Fujimoto A, et al: Normal pressure hydrocephalus after gamma knife radiosurgery for cerebellopontine angle meningioma. J Clin Neurosci 11: 785-7, 2004
- 8) Nakajima H, et al: Angiomatous meningioma associated with rapidly aggravated peritumoral leptomeningitis: A case report. Surg Neurol Int 14: 159, 2023
- 9) Kuranari Y, et al: Severe headache in a patient with meningioma showing extensive dural tail correlates with IgG4-positive plasma cells and eosinophils: A case report and review of literature. Surg Neurol Int 9: 202, 2018

Radiation-induced peritumoral inflammation associated with cerebrospinal fluid circulation disorder following stereotactic radiotherapy in a case of sphenoid ridge meningioma

Joji KUNIHITO¹⁾, Kiichiro ZENKE¹⁾, Kengo ASO¹⁾, Saya OZAKI¹⁾, Daisuke SHOUDA¹⁾,
Osamu NISHIZAKI²⁾

1) Department of Neurosurgery, Municipal Uwajima hospital

2) Department of Neurosurgery, Saiseikai Imabari hospital

Stereotactic radiotherapy is recognized as a minimally invasive and effective treatment modality for brain tumors. However, it is important to anticipate complications and carefully consider indications for treatment. We report a case of radiation-induced peritumoral inflammation associated with cerebrospinal fluid circulation disorder following stereotactic radiotherapy for a meningioma. The patient, a 69-year-old woman, underwent stereotactic radiotherapy at her request for a growing right sphenoid ridge meningioma. The ipsilateral Sylvian fissure was slightly dilated, suggesting a potential cerebrospinal fluid (CSF) flow disturbance caused by the tumor. Three months post-treatment, she presented with headaches. Contrast-enhanced MRI revealed leptomeningeal enhancement and abnormal fluid accumulation within the ipsilateral Sylvian fissure. Surgical resection was performed following preoperative tumor embolization. Histopathological analysis confirmed the tumor as a fibrous meningioma with significant necrosis, surrounded by peritumoral leptomeningitis. The cerebrospinal fluid within the ipsilateral Sylvian fissure demonstrated a marked increase in protein concentration. Postoperatively, both the leptomeningeal enhancement and the abnormal fluid accumulation resolved. This case suggests that surgical resection may be preferable to radiation therapy for tumors that may cause disruption of CSF circulation after radiotherapy.