

腎血管筋脂肪腫の画像診断における India ink artifact の有用性

高松赤十字病院泌尿器科¹⁾ 伊月健診クリニック²⁾

徳島大学大学院医歯薬学研究部泌尿器科学分野³⁾

堀 克仁^{*1)}・泉 和良¹⁾・山 中正人¹⁾・堀 安裕子²⁾・古川 順也³⁾

(受付日: 2025 年 10 月 29 日, 受理日: 2025 年 12 月 17 日)

抄録:

【緒言】MRIにおけるIndia ink artifact (別名: black boundary artifact) は、脂肪と水の共鳴周波数の差によって生じるchemical shift artifactの一種であり、T1強調画像で腫瘍と臓器の境界に黒い線として出現する。この特性を利用して腎血管筋脂肪腫(angiomylipoma; AML)の診断に応用した報告がある。本研究では、ロボット支援腹腔鏡下腎部分切除術(Robot-Assisted Laparoscopic Partial Nephrectomy; RAPN)を施行した症例を対象に、術前MRIにおけるIndia ink artifactの診断的有用性を再評価した。【対象と方法】2016年4月から2024年4月までの期間、当院でRAPNを施行した症例のうち術前にMRIを施行した症例を対象とした。AMLにおけるIndia ink artifactの感度と特異度を調査した。【結果】期間内にRAPNは270例施行され、そのうち術前にMRIを施行していた症例は154例であった。India ink artifactは7例で陽性、147例で陰性であった。病理診断ではAMLが13例、非AMLが141例であった。AMLにおけるIndia ink artifactの感度は13例中6例で46.2%, 特異度は141例中140例で99.3%であった。【結論】特異度が99.3%と高値を示したことからIndia ink artifact陽性所見はAMLを強く示唆する有力な指標となる可能性がある。これを重視することで、不要な手術を回避できる症例が存在する可能性があり、鑑別が困難な腎腫瘍の診断において考慮すべき所見の一つと考えられる。(西日泌尿, 88: 133-136, 2026)

キーワード: India ink artifact, AML

緒 言

India ink artifact は、MRI における chemical shift artifact の一種であり、T1 強調画像の opposed-phase にて、腫瘍と臓器の境界に黒い線として出現する (図 1)。この性質を利用して AML の診断に応用した報告がある¹⁾。近年、ロボット支援手術の普及により、小径腎癌に対する腎部分切除術の数は増加している²⁾。しかし、手術の安全性が向上したとはいえ、依然として一定のリスクを伴う侵襲的手技であり、良性腫瘍、特に小径の AML に対する不要な手術は避けなければならない。今後さらに腎部分切除術の適応が拡大すると予想される中、術前画像による的確な良悪性の鑑別がこれまで以上に重要になると考えられる。

MRI は磁場強度が 1.5T から 3T へと向上したことで、chemical shift artifact がより明瞭に描出されるように

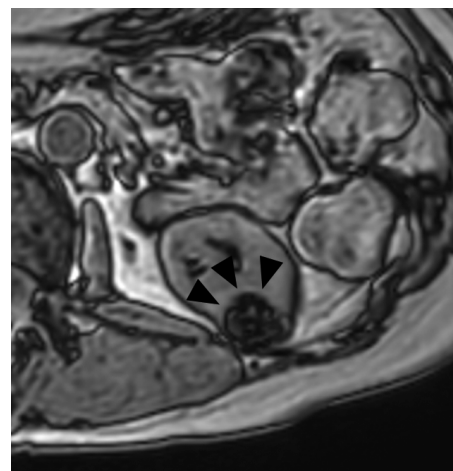


図 1 MR T1 強調画像, opposed-phase において AML の輪郭に見られる India ink artifact

* 〒790-0024 愛媛県松山市春日町 83 番地新職員宿舎 812 号
TEL 090-5142-0076
E-mail katsul018ponmarutako@gmail.com

なった。その結果, India ink artifact が術前画像診断において有用である可能性が高まっていると考え, 改めてその臨床的意義を検証することとした。

本研究では, RAPN を施行した症例を対象に, 術前 MRI 検査における India ink artifact の出現の有無を調査し, その診断的有用性について検討した。

対 象 と 方 法

2016 年 4 月から 2024 年 4 月までの期間に, 当院で RAPN を施行した症例のうち, 術前に MRI 検査を施行した症例を対象とした (表 1)。使用した MRI 装置は, Philips Ingenia Elition 3.0T であった。術前の MRI 検査は主治医の判断で実施され, 腫瘍の偽被膜の確認や良性疾患の除外を目的として実施された。

病理組織学的診断を基準として, AML の診断における India ink artifact の感度, 特異度, 陽性的中率, 陰性的中率, 精度を評価した。

結 果

期間内に RAPN は 270 例施行され, そのうち術前に MRI を施行された症例は 154 例であった。India ink artifact は 7 例で陽性, 147 例で陰性であった。病理組織学的診断では, AML が 13 例, 非 AML が 141 例であった (図 2)。非 AML の内訳は, 淡明細胞型腎細胞癌 99 例, 乳頭状腎細胞癌 21 例, 嫌色素性腎細胞癌 9 例, 淡明細胞乳頭状腎細胞癌 5 例, 乳頭状線種 2 例, オンコサイトーマ, MiT family 転座型腎細胞癌, 良性嚢胞性腫瘍, 悪性リンパ腫, 黄色肉芽腫性炎症がそれぞれ 1 例ずつであった。AML における India ink artifact の感度は 13 例中 6 例で 46.2%, 特異度は 141 例中 140 例で 99.3% であった (表 2)。陽性的中率は 7 例中 6 例で 85.7%, 陰性的中率は 147 例中 140 例で 95.2%, 精度は 154 例中 146 例で 94.8% であった。

表 1 患者背景

	全症例 (N=154)	Indian ink artifact		P 値
		＋ (N=7)	－ (N=147)	
年齢 (median, IQR)	67 (54-75)	52 (47-60)	67 (54-75)	0.026
性別, 男 (%)	103 (66.9)	2 (29.6)	101 (68.7)	0.040
BMI (kg/m ² , median, IQR)	23.2 (21.5-25.5)	21.9 (19.9-22.9)	23.3 (21.5-25.7)	0.136
腫瘍径 (mm, median, IQR)	24 (17-34)	32 (21-41)	24 (17-32)	0.367
左右, 左 (%)	62 (40.3)	2 (28.6)	60 (40.8)	0.702
eGFR (ml/min/1.73m ² , median, IQR)	71.0 (57.3-81.5)	70.7 (64.6-75.4)	71.2 (57.0-81.8)	0.965
AML (n, %)	13 (8.4)	6 (85.7)	7 (4.8)	
非 AML (n, %)	141 (91.6)	1 (14.3)	140 (95.2)	
淡明細胞型腎細胞癌	99	0	99	
乳頭状腎細胞癌	21	1	20	
嫌色素性腎細胞癌	9	0	9	
オンコサイトーマ	1	0	1	
淡明細胞乳頭状腎細胞癌	5	0	5	
その他	6	0	6	

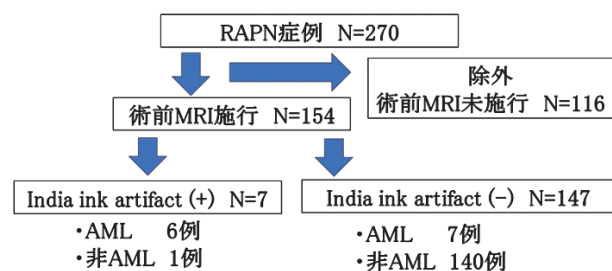


図 2 研究のフローチャート

表 2 India ink artifact と AML についての分割表

	India ink artifact (+)	India ink artifact (-)	合計
AML	6	7	13
非 AML	1	140	141
合計	7	147	154

考 察

MRIにおいて、水分含有量の高い組織が脂肪に囲まれて存在する場合、脂肪分子と水分子のプロトン共鳴周波数の差により、chemical shift artifact と呼ばれる低信号の線が出現する³⁾。この原理を応用し、MRIT1強調画像のopposed-phaseにおいて、AMLと正常な腎との境界に低信号の線が認められる場合がある。この線をIndia ink artifactと呼び、AMLにおける出現率が100%であったとする報告がある¹⁾。

India ink artifactの判別の際に注意すべき点は、腎細胞癌に認められる偽被膜構造もMRIでは類似した低信号の線として描出されることがあるという点である(図3)。しかし、India ink artifactは脂肪と臓器の境界と同程度のより明瞭な黒い線で現れるのが特徴であり、偽被膜との識別は比較的容易である。

本研究におけるIndia ink artifactのAML診断に対する感度は46.2%、特異度は99.3%、精度は94.8%であった。一般に、特異度が高い検査は確定診断に有効とされており⁴⁾、今回の結果から、India ink artifactが陽性であることはAMLを強く示唆する所見であると考えられる。一方で、感度が既報よりも低値であった理由としては、本研究は手術に至った症例を対象にしているため、非典型的な画像所見を呈するAMLが多く含まれていた可能性が影響していると考えられる。

本研究でAMLの症例をレトロスペクティブに検討したところ、India ink artifact陽性の6例中5例はCTでもAMLの可能性を指摘されており、陰性の7例はCT

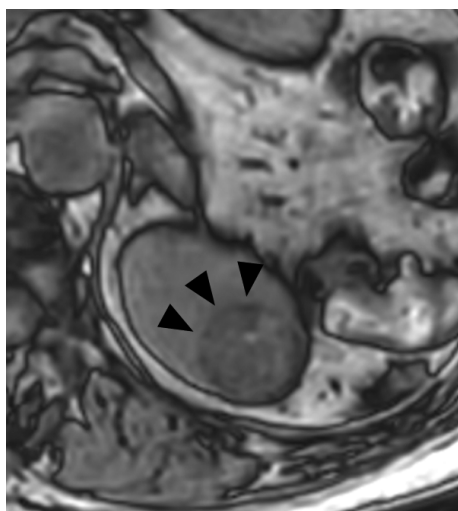


図3 MRIT1強調画像, opposed-phaseにおいて淡明細胞型腎細胞癌の偽被膜構造に見られる低信号領域

では腎細胞癌を疑う所見であった。陰性の7例は、病理組織での脂肪成分量については言及していないが、画像上ははっきりとした脂肪成分を認めず、非典型的なAMLであったと考えられる。すなわちIndia ink artifactはCTで分かる程度の脂肪成分の多い腫瘍に出現し、脂肪成分の少ないfat poor AML等の判別には向かないと考えられる。ではIndia ink artifactの活用方法についてだが、CTによる評価を補助する形がよいと考える。臨床現場ではCTでAMLの可能性を指摘されていても、腎細胞癌の可能性が否定しきれずに手術に至る症例は少なからずあり、本研究では5例手術に至っており、CTのみの評価に頼るのは心もとない現状である。India ink artifactは比較的容易に判別可能であり、これを重視することで、例えばCT所見で腎細胞癌の可能性を完全に否定できなかったとしてもIndia ink artifactが陽性であれば経過観察を選択する、といった戦略があれば、これらの症例は手術を回避できた可能性がある。腫瘍生検を術前に行う選択肢もあるが、出血や播種のリスクに加え、小径腎癌では診断が困難な場合も多く、一般的には積極的に行われていない。AMLは小径であれば基本的には手術適応とはならず、RAPNは血流の多い腎臓に切り込むリスクの高い手術である。したがって、不要な手術を避けるために、術前にMRIを施行し、India ink artifactの有無を確認することは臨床的に大きな意義を有すると考えられる。

結 語

India ink artifactは、陽性であればAMLの存在を強く示唆するであり、India ink artifactの有無を術前MRIで確認することにより、不要な手術を回避し得る可能性があり、腎腫瘍の鑑別診断において有用な指標となると考えられる。

文 献

- 1) Israel, G. M. et al.: The use of opposed-phase chemical shift MRI in the diagnosis of renal angiomyolipomas. *AJR Am. J. Roentgenol.* **184**: 1868-1872, 2005.
- 2) Doolittle, J. et al.: Evolving trends for selected treatments of T1a renal cell carcinoma. *Urology.* **132**: 136-142, 2019.
- 3) Saifuddin, A. et al.: The incidence and diagnostic relevance of chemical shift artefact in the magnetic resonance imaging characterisation of superficial soft tissue masses. *Br. J. Radiol.* **93**: 1108,

2020.

2004.

4) 阿部信一 : Q & A. 医学図書館. 51 : 387-388,

THE USEFULNESS OF INDIA INK ARTIFACT IN THE IMAGING DIAGNOSIS OF RENAL ANGIOMYOLIPOMA

KATSUHITO HORI, KAZUYOSHI IZUMI AND MASAHITO YAMANAKA

Department of urology, Takamatsu redcross hospital, Kagawa, Japan

AYUKO HORI

Department of radiology, Itsuki health examination clinic, Tokushima, Japan

JUNYA FURUKAWA

Department of Urology, Tokushima University Graduate School of Biomedical Sciences,
Tokushima, Japan

Abstract :

Introduction

The India ink artifact on T1-weighted opposed-phase magnetic resonance imaging (MRI) is a chemical shift artifact that occurs due to the frequency difference between fat and water, appearing as a black line at the tumor-organ interface. Several studies have utilized this feature for diagnosing angiomyolipoma (AML). This study re-evaluated the usefulness of the India ink artifact in preoperative MRI among patients who underwent robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy (RAPN).

Materials and Methods

We assessed the sensitivity and specificity of the India ink artifact for detecting AML by reviewing cases with preoperative MRI data among patients who underwent RAPN at our hospital between April 2016 and April 2024.

Results

Among 270 patients who underwent RAPN, 154 underwent preoperative MRI. The India ink artifact was positive in 7 cases and negative in 147 cases. Pathologically, 13 cases were diagnosed as AML and 141 as non-AML. The artifact demonstrated a sensitivity of 46.2% (6 of 13 cases) and specificity of 99.3% (140 of 141 cases) in identifying AML.

Conclusion

Given its high specificity (99.3%), a positive India ink artifact may serve as a strong indication of AML. If this finding had been emphasized, unnecessary surgery might have been avoided in six cases. Therefore, the India ink artifact should be considered a valuable imaging sign when differentiating between renal masses with indeterminate features. (Nishinoh J. Urol. 88 : 133-136, 2026)

key words : India ink artifact, AML
