

拡散強調 MRI の bi-exponential パラメーターと低酸素イメージングパラメーターとの関連性 [大会長賞記録]

今泉 晶子^{1,2}, 小島 隆行¹, 犬伏 正幸³, 小泉 満⁴,
吉川 京燦⁵, 張 明榮⁶, 谷本 克之⁷, 原田 倫太郎⁸,
宇野 隆⁸, 佐賀 恒夫⁹

¹量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所分子イメージング診断治療研究部医工連携画像研究チーム

²東京歯科大学歯科放射線学講座 ³川崎医科大学放射線医学(核医学)教室

⁴がん研究会がん研有明病院核医学部 ⁵放射線医学総合研究所分子イメージング診断治療研究部

⁶同標識薬剤開発部 ⁷同臨床研究クラスター病院

⁸千葉大学大学院医学研究院画像診断・放射線腫瘍学 ⁹京都大学放射線医学講座

背景と目的

低酸素腫瘍は、悪性度が高く、放射線治療や化学療法に対して抵抗性を示す。腫瘍の低酸素状態を評価できれば、治療効果の予測や治療方法の選択において役立つことが期待される。また、腫瘍内の低酸素領域を特定できれば、低酸素領域を標的とした治療も可能となる。非侵襲的な低酸素イメージング法として、¹⁸F-fluoroazomycin arabinoside (FAZA) positron emission tomography (PET) の有用性が報告されているが、臨床的に広く普及するには至っていない。低酸素状態では細胞の構造に変化が生じることから¹⁾、水分子の拡散にも変化が生じると予想される。本研究は、頭頸部癌の低酸素イメージング法としての拡散強調 magnetic resonance imaging (MRI) の有用性を検討することを目的とし、拡散強調像のパラメーターと FAZA-PET のパラメーターとの相関を評価した。

対象と方法

頭頸部癌患者 11 名 (原発腫瘍 8 例, 壊死を伴わない転移リンパ節 5 例) (過去に行われた FAZA に関する研究²⁾の対象患者のうち、拡散強調 MRI が施行されたものを対象とした。

拡散強調像は 3.0T の MRI 装置を用いて撮像し、b 値は 0 から 3000 s/mm² までの 16 段階とした。Bi-exponential モデルを用いて、速いコンポーネントと遅いコンポーネントの拡散係数 (D_{fast} , D_{slow}) および fraction (F_{fast} , F_{slow}) を求めた。Apparent diffusion coefficient (ADC) も低 b 値 (0 および 900 s/mm²) および高 b 値 (1500 および 3000 s/mm²) で求めた (ADC_{lowb} , ADC_{highb})。FAZA-PET では、腫瘍と筋の FAZA の集積比 tumor-muscle ratio (T/M) を求めた。拡散強調像のパラメーターおよび FAZA-PET の T/M の相関係数 (スピアマンの順位相関係数, $P < 0.05$) を求めた。

結 果

D_{slow} と T/M との間には正の相関がみられた ($\rho = 0.63$, $P = 0.022$)。他のパラメーターと T/M との間に相関はみられなかった (Table, Fig. 1)。

考 察

拡散強調 MRI の bi-exponential モデルは、水分子の拡散を速いコンポーネントと遅いコンポーネントに分けるモデルで、遅いコンポーネントには細胞内の水分子が含まれる。さらに、

キーワード diffusion-weighted imaging, ¹⁸F-fluoroazomycin arabinoside positron emission tomography, bi-exponential model, head and neck carcinoma

Table. Correlation between FAZA-PET T/M and DWI parameters

	D _{fast}	D _{slow}	F _{fast}	F _{slow}	ADC _{lowb}	ADC _{highb}
Spearman's rank correlation coefficient (ρ)	0.31 (P=0.30)	0.63 (P=0.022)	-0.24 (P=0.42)	0.24 (P=0.42)	0.42 (P=0.16)	0.22 (P=0.47)

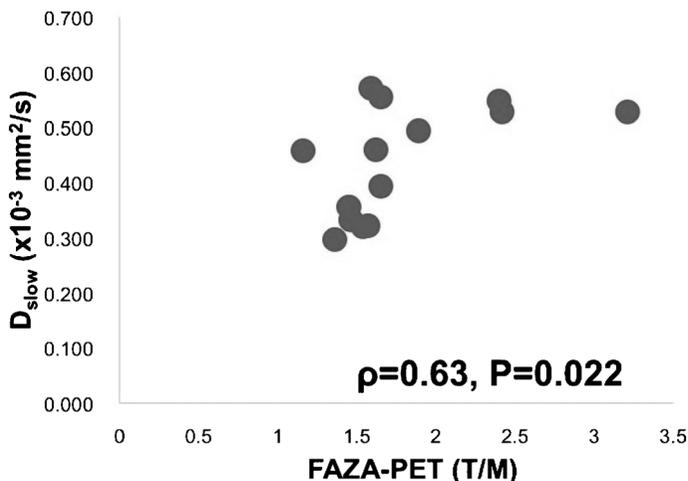


Fig. 1. Correlation between FAZA-PET T/M (tumor-muscle ratio) and DWI estimate D_{slow} (diffusion coefficient of the slow compartment). There is a positive correlation between T/M and D_{slow} ($\rho=0.63$, $P=0.022$).

細胞膜の透過性も遅いコンパートメントの拡散に影響すると考えられている³⁾。低酸素状態の組織では、細胞の腫大、細胞膜の透過性の亢進、および細胞膜の破壊が生じている¹⁾。 D_{slow} とFAZA-PETのT/Mとの相関は、低酸素による細胞膜の透過性の亢進および細胞膜の破壊を反映していると考えられる。いっぽう、 F_{slow} とT/Mの相関はみられなかったことから、細胞の腫大の影響は少なかったものと考えられる。

結 論

拡散強調MRIのパラメーターのうち、 D_{slow} のみFAZA-PETのパラメーターと相関がみられ、低酸素の指標となる可能性が示された。

文 献

- 1) Kumar V, Abbas AK, Fausto N, Mitchell RN. Cell injury, cell death, and adaptations. In: Kumar V, Abbas AK, Fausto N, Mitchell RN, ed. Robbins basic pathology 8th ed. Philadelphia, USA: Saunders Elsevier, 2007; 1-30
- 2) Saga T, Inubushi M, Koizumi M, et al.: Prognostic value of PET/CT with (18)F-fluoroazomycin arabinoside for patients with head and neck squamous cell carcinomas receiving chemoradiotherapy. Ann Nucl Med 2016; 30: 217-224
- 3) Tachibana Y, Obata T, Yoshida M, et al.: Analysis of normal-appearing white matter of multiple sclerosis by tensor-based two-compartment model of water diffusion. Eur Radiol 2015; 25: 1701-1707

Correlation between DWI Bi-exponential Estimates and PET Hypoxia Imaging Activities in Head and Neck Carcinoma [Presidential Award Proceedings]

Akiko IMAIZUMI, Takayuki OBATA, Masayuki INUBUSHI,
Mitsuru KOIZUMI, Kyosan YOSHIKAWA, Ming-Rong ZHANG,
Katsuyuki TANIMOTO, Rintaro HARADA, Takashi UNO,
Tsuneo SAGA

*Applied MRI Research, Molecular Imaging and Theranostics, National Institute of Radiological Sciences,
National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology
4-9-1 Anagawa, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba 263-8555*

To investigate the usefulness of diffusion-weighted imaging (DWI) for visualizing hypoxia in head and neck carcinoma, the correlation between DWI bi-exponential parameter estimates and ^{18}F -fluoroazomycin arabinoside (FAZA) positron emission tomography (PET) activity was evaluated. Eleven patients with head and neck carcinoma (8 primary tumors and 5 lymph nodes without necrosis) were included in this study. The diffusion coefficients and fractions of the fast and slow compartments according to the bi-exponential model (D_{fast} , D_{slow} and F_{fast} , F_{slow}) were estimated. Amongst the DWI estimates, only D_{slow} was significantly correlated with FAZA-PET activity, which suggests D_{slow} might be a useful indicator of hypoxia.