

論 文 要 旨

Electron Density and Effective Atomic Number as Quantitative Biomarkers for Differentiating Malignant Brain Tumors: An Exploratory Study with Machine Learning

悪性脳腫瘍の鑑別における定量指標としての
電子密度および実効原子番号について
—機械学習による探索的研究—

中野 翼

【序論及び目的】

転移性脳腫瘍・膠芽腫・中枢神経原発悪性リンパ腫はいずれも成人において頻度の高い代表的な悪性脳腫瘍である。術前の画像診断は鑑別や治療方針の決定に必須であり、特に MRI は非常に重要な役割を担っている。それに対して CT は脳腫瘍の術前検査として行われるルーチンの一部ではあるが、腫瘍の鑑別における役割は限定的である。近年 Dual-energy CT (DECT) 撮影により通常の CT 値に加え電子密度および実効原子番号の画像の取得が可能となり、様々な領域で臨床応用されているが、脳腫瘍の診断における有用性は明らかでない。本研究の目的はこれらの新しい CT 画像が転移性脳腫瘍・膠芽腫・中枢神経原発悪性リンパ腫の鑑別に有用であるかを調査することである。

【材料及び方法】

鹿児島大学病院で病理診断された転移性脳腫瘍・膠芽腫・中枢神経原発悪性リンパ腫患者（合計 136 症例）の CT・MR 画像を後方視的に検討した。腫瘍の造影領域における CT 値、電子密度、実効原子番号、および拡散強調 MRI から得られた ADC 値を腫瘍間で比較した。またこれらの画像パラメータの相関関係を検証した。さらに、これらの画像パラメータを用いた機械学習モデルを構築し、診断精度の向上を試みた。

【結 果】

悪性リンパ腫の CT 値・実効原子番号は転移性脳腫瘍や膠芽腫と比較して有意に高値であり、逆に ADC 値は有意に低値であった。転移性脳腫瘍と膠芽腫の比較では実効原子番号のみが有意差を示し、膠芽腫において高値であった。電子密度は腫瘍間で有意差を認めなかった。CT 値と電子密度は ADC 値との間に相関を認めたが、実効原子番号と ADC 値との間に相関は認めなかった。また CT 値と電子密度は強い相関を認めたのに対し、実効原子番号と CT 値や電子密度との間の相関は非常に弱いものであった。DECT パラメータを用いた機械学習モデルでは、いずれの 2 群間鑑別においても高い診断能を示した（転移性脳腫瘍 vs 膠芽腫：AUC=0.83、転移性脳腫瘍 vs 悪性リンパ腫：AUC=0.91、膠芽腫 vs 悪性リンパ腫：AUC=0.82）。また、DECT と ADC を組み合わせたモデルでは悪性リンパ腫を含む鑑別において非常に高い診断能を示した（転移性脳腫瘍 vs 悪性リンパ腫：AUC = 1、膠芽腫 vs 悪性リンパ腫：AUC = 0.93）。

【結論及び考察】

悪性リンパ腫の CT 値は転移性脳腫瘍や膠芽腫と比較して有意に高値、ADC 値は有意に低値であり、悪性リンパ腫の高い細胞密度を反映した所見と考えられた。一方で実効原子番号は転移性脳腫瘍と膠芽腫の間でも有意差を認め、CT 値や ADC 値と異なる傾向を示した。また、実効原子番号は ADC 値と相関せず、CT 値との相関も非常に弱かったことから、腫瘍の細胞密度とは異なる組織特性を反映している可能性が示唆された。しかしながら、実際にどのような組織特性を反映しているのかは、切除検体による裏付けが無く、今後検証すべき課題と考えられる。DECT パラメータを用いた機械学習モデルでは、いずれの 2 群間鑑別においても高い診断能を示した。臨床応用には多くの課題が残るが、DECT の悪性脳腫瘍鑑別における定量指標としての可能性が示唆された。

(Tomography 2025 ; 11(11) : 120 掲載)