

論文内容の要旨

論文提出者氏名 永野仁美

論文題目

Whole-tumor histogram analysis of DWI and QSI for differentiating between meningioma and schwannoma: a pilot study.

論文内容の要旨

髄膜腫と神経鞘腫は頭蓋内脳実質外の腫瘍として頻度の高い2大疾患である。これらは治療法が異なるため鑑別が重要である。鑑別には核磁気共鳴画像法 (Magnetic Resonance Imaging; MRI) を用いた有用な形態学的特徴が多く知られているが、ときに非常に類似した形態を示す症例がある。より客観的な評価指標が鑑別診断に有用と思われる。

拡散強調画像 (Diffusion Weighted Image; DWI) とは MRI のシーケンスの一種であり、水分子の動きを定量化することができるツールである。この方法により、組織の微細構造や細胞密度の違いを示すことができるため、臨床画像診断において急性期脳梗塞をはじめとして広く用いられている。

DWI のさらに先進的な撮像方法として Q-space imaging (QSI) がある。DWI が水分子のみかけの移動面積を apparent diffusion coefficient (ADC) 値として表す一方で、QSI は水分子の実際の移動距離を示す平均変位 (mean displacement; MD) により表され、より詳細な組織の微細構造の情報を得ることができるとされている。いくつかの良性頭部疾患において、QSI を用いて病理学的な微細情報を検出することに成功した報告がある。しかし、脳腫瘍に応用した研究は少なく、髄膜腫と神経鞘腫の鑑別にこれを用いた報告はない。

ヒストグラム解析はこの数年で医用画像の分野でも利用されている統計解析手法である。対象領域に対する数値の連続データを扱うことができ、パーセンタイル、kurtosis、skewness を含めた複数の記述統計の評価法を得ることができる。腫瘍内部の組織の微細構造と詳細な分布を表すことにより、組織学的特徴をより反映できると期待されている。

本研究では、髄膜腫と神経鞘腫の MRI 画像による鑑別を目的として、QSI の有用性についてヒストグラム解析を用いて評価した。

対象は当院において 2011 年 4 月から 2013 年 3 月に 1.5T MR 装置を用いて QSI を撮像した、髄膜腫 11 例、神経鞘腫 4 例である。放射線科 1 名により対象とする腫瘍の全体積を囲むことにより 3-dimensional region of interest (3D-ROI) を設定した。QSI から MD 値を算出し、また、QSI の $b = 0$ および $b = 1000$ 画像から DWI を作成し ADC 値を算出した。これらを用いて腫瘍の 3D-ROI に対する MD 値および ADC 値を計測した。第一に、全ての症例の MD 値、および ADC 値を用いて、髄膜腫および神経鞘腫におけるヒストグラムを作成した。第二に、MD 値、ADC 値に対して、ヒストグラム解析として、それぞれの症例の平均値、および各パーセンタイル値 (5, 25, 50, 75, 95)、skewness、kurtosis を算

出し Mann-Whitney U 検定を施行した。多重検定のため Bonferroni 補正を使用し、 p 値 < 0.00625 ($0.05/8$) を有意とした。第三に、QSI の診断能力を評価するために、MD 値と ADC 値の平均値および各パーセンタイル値、skewness、kurtosis に対して ROC 解析を施行した (DeLong's test, $p < 0.05$)。

結果は、髄膜腫と神経鞘腫のすべての症例のヒストグラムにおいて、神経鞘腫は髄膜腫よりも ADC および MD 値が高い傾向にあった。髄膜腫と神経鞘腫の鑑別に対して、MD の 75 パーセンタイル値、ADC の 25 パーセンタイル値、50 パーセンタイル値、75 パーセンタイル値、kurtosis が有用であることがヒストグラム解析により示された。ADC kurtosis と MD 75 パーセンタイル値の ROC 解析により、それぞれの AUC は 1.0 と 0.96 であり、両者に有意差を認めなかった。

腫瘍の全体積を対象とした 3D-ROI を用いた DWI と QSI による拡散に対するヒストグラム解析の結果より、髄膜腫と神経鞘腫の鑑別が可能であることが示された。

既報では DWI を用いて、腫瘍の充実部分を対象としたヒストグラム解析を施行し、ADC の 90 パーセンタイル値において最も鑑別能が高いと報告されており、我々の結果もこれと一致した。ヒストグラム解析で鑑別能の高い項目は、ADC 値では kurtosis、25、50、75 パーセンタイル値の 4 項目であり、一方で QSI は 75 パーセンタイル値の 1 項目であった。しかし、ADC と MD 値の鑑別能に優劣は認められなかった。

全症例のヒストグラムの分布は、髄膜腫と神経鞘腫の拡散が有意に異なることをさらに支持する結果であった。神経鞘腫のヒストグラムは MD と ADC の両方において高い値の bin で頻度が高いことがわかった。

2 疾患における拡散の違いは組織学的な構造の違いによると考えられる。神経鞘腫の組織は 2-cell pattern が知られており、細胞密度の高い Antoni A と細胞密度の低い Antoni B から成る。MD と ADC の平均値が神経鞘腫でより高いのは Antoni B の細胞密度の低い組織を反映していると考えられている。

前述のように QSI および DWI は腫瘍内部の微細構造を非侵襲的に評価することができるが、QSI は撮像時間が長く臨床で用いることが難しい。この問題に対して、我々は QSI の撮像時間を短縮する手法を開発中である。しかし、現在の状況においては QSI を良性腫瘍の鑑別に適応する利点は少ないと考える。

本研究により QSI から導出された MD 値および ADC 値のヒストグラム解析は、髄膜腫と神経鞘腫の鑑別に対して同等に有用であると考えられた。