

4. 骨軟部領域における臨床応用と最近のトピックス

坂井 上之 東千葉メディカルセンター放射線部

骨軟部領域における最近のトピックスは、bone imaging やさまざまな疾患に対して定量指標を用いる quantitative MRI、ディープラーニングなどが挙げられる。MRIでのbone imagingは長年研究されているが、ここ数年の技術開発は目覚ましい。また、fast field echo resembling a CT using restricted echo-spacing (以下、FRACTURE)¹⁾ という撮像法の提案により、新たな骨の形態描出手法の臨床応用が進んでいる。一方で、MRIでの定量評価も注目されている。特に、複数の定量指標を一つの撮像法から取得できる multi-parametric quantitative MRIは、骨軟部領域においても研究が進んでおり、取得される膨大なデータ量の解析にディープラーニング技術を活用した取り組みもある。本稿では、これらの撮像技術や解析手法について臨床応用を含めて紹介する。

骨の形態描出手法 (MR bone imaging)

近年、MR bone imagingの話題を耳にする機会が増えている。きっかけは、multi-echoタイプの3D T2*強調画像を用い、白黒反転表示することで骨の観察ができるという FRACTUREが発表されたことだろう。従来のMRIでは、海綿骨内の骨髄の情報を反映したコントラストは得意であるものの、骨表面の硬い皮質骨(カルシウム、リン、コラーゲンを主成分とする)は、T2*値が20 μ s以下²⁾とときわめて短く、また、プロトン

密度も低い(水の約20%)のために、正確な描出が困難である。もしMRIで海綿骨だけではなく皮質骨の情報も取得できれば、骨折時に生じる海綿骨の炎症や浮腫の範囲、加えて皮質骨のズレや破壊像など、正確な解剖構造が把握できる。また、CTと同様に、骨画像の多断面再構成や手術前に重宝されるボリュームレンダリングとしても活用できる。何よりも被ばくを伴わずに皮質骨を観察できるメリットは大きい。

MR bone imagingには、大きく分けて以下の2つの手法がある。

- ① 皮質骨の描出に重きを置いた zero TEやultrashort TE (以下、uTE) サンプリングを用いた3Dグラディエントエコー (以下、GRE) 法
- ② short TEに設定したT2*強調画像やT1強調画像の3D GRE法
それぞれの撮像法の特徴について解説する。

1. 皮質骨の描出に重きを置いた zeroTEやuTE サンプリングを用いた3D GRE法

3D GRE法では、3D center-out radial samplingとzero TEの組み合わせ、もしくはinversion recovery (以下、IR) pulseと3D stack of stars golden-angle samplingとuTEの組み合わせによる極短TEを用いて皮質骨の形態描出を可能とする。筋肉や脂肪などの背景信号や海綿骨の信号も抑えられたフラットなプロトン密度コントラストになるた

め、CTの骨条件と似たコントラストとなる(図1)。一部のメーカーではすでに販売ベースとなっており、極短TEであることから、手術後のインプラント挿入患者においても金属アーチファクトを抑制した骨情報の描出が期待される。

2. Short TEに設定した T2*強調画像やT1強調画像の3D GRE法

本手法では、前述のzero TEやuTEほどではないが、比較的短いTE(1.5Tで4.6ms、3Tで2.3ms程度)に設定されたT2*強調画像やT1強調画像の3D GRE法を用いるため、特別なオプションを必要としない。T2*減衰の早い皮質骨は低信号に描出され(正確な皮質骨の情報をとらえているわけではない)、取得した画像を白黒反転表示することで皮質骨を高信号として観察できる(図2 a)。骨折の検出において、short TEの3D T1 spoiled GRE法とCTの骨条件の一致度はかなり高いことが示されている³⁾。骨の観察を目的とした撮像条件のポイントは、FA 8°以下、TR 25~30ms程度に設定することで、筋組織、脂肪、脳脊髄液などの背景信号抑制が可能となり、ボリュームレンダリングも作成できる(図2 b)。また、設定されるTEが靭帯や腱組織のT2*値に近い⁴⁾ことから、皮質骨だけでなく靭帯や腱も描出されやすい。そのため、手関節や足関節などにおいては、骨だけでなく靭帯や腱の走行も観察が可能である(図2 c)。この手法