

MR Iによる股関節軟高精密画像の獲得と関節軟骨三次元再構成

大阪大学医学部整形外科

西井 孝

[伊丹] 次は大阪大学医学部整形外科の西井先生、どうぞよろしく。

[西井] はじめに研究助成をいただきました日本股関節研究振興財団理事長伊丹先生に感謝いたします。

変形性股関節の軟骨評価は変股症の病期判定、治療指針、骨切り術等の手術の決定には非常に重要な役割を果たすと考えられます。一般的には正面レントゲン像から関節裂隙を観察し股関節軟骨の評価をしておりましたが、股関節の臼蓋側および大腿骨の軟骨を分離して評価することや、変性像等の評価はこれでは不可能です。われわれはMRIを用いて臼蓋および大腿骨頭軟骨を分離評価することを目的とし、また二次元を三次元に拡張して評価するために計算機を用いた三次元再構成を行いました。

われわれは以前に股関節下肢持続牽引下造影MR法を用いて股関節の関節唇の評価をしました。こちらが牽引をする前で、こちらが牽引をしながらMRIを撮像した画像です。これを行いますと股関節部の関節唇と関節軟骨間に隙が生じ、関節唇の評価が非常に容易となっております。これによって関節唇断裂判定の感受性が82%、特異性が100%と向上し断裂評価に非常に有用であることがわかりました。

今回われわれはこの持続牽引下MRI法を用いて軟骨評価を、臨床症例に対し施行しました。変形性股関節症患者は25例27股関節。

対象群として正常例は10例15関節。全例女性です。平均年齢は変股症患者が約40歳、正常例が30歳でした。

X線のgrade分類としてはLaneの分類を用いました。これは関節裂隙の狭小化とosteophyteの有無によってgrade分類をしております。grade 0はosteophyteもなく、joint space narrowingもないという症例で、これは10股関節です。grade 1はjoint space narrowingがmild、またはosteophyteがmildにあらわれている症例で12股関節です。さらにgrade 2はjoint space narrowingがmoderateからsevere、またosteophyteがmoderateかsevereにあらわれている症例で5股関節でした。これらはLaneのatlasというshemaをもとに分類しております。

使用したMRIの撮像方法は、GE社Signaの1.5Teslaを用いTORSO表面コイル装着下に3D-SPGR法で撮像しました。coronal断面像を用いてfat-suppression下に施行しました。FOVが16センチ、3ミリ厚で撮像しました。

撮像中に下肢持続牽引下装置として患肢の足部にこのような装具をつくりまして尾側方向に約15kg、特製のズボンを作成し頭側方向に10kgと牽引し、撮像中に股関節に牽引力がかかるようにしながらMRIを撮像しました。MRIの撮像時間は約16分でした。

MRIの評価としては、Dislerが提唱しますMRI grade分類を使用しました。MRIのgrade 0が正常、grade 1が信号異常、信号強度が低下しているものです。grade 2が厚み減少で

50%以下。grade 3が50%から100%未満の厚み減少、grade 4は軟骨消失としました。レントゲン評価とMRI評価との相関性を検討しました。

代表的な画像ですが、正常股関節等のMRIです。牽引がないときに比べて牽引を施行しますと両関節軟骨間に介在する関節液が低信号に映りまして、それぞれの軟骨の描出が正常例全例で可能となりました。

レントゲン分類のgrade 0の変形性股関節症のMRI画像です。この例では白蓋軟骨、および大腿骨頭軟骨とも信号異常および厚み異常は認められません(図1)。

レントゲン分類、grade 1のMRI像です。この例では白蓋側の軟骨の荷重部に信号異常が認められます。それに比べて大腿骨頭軟骨に信号異常などは認められませんでした。

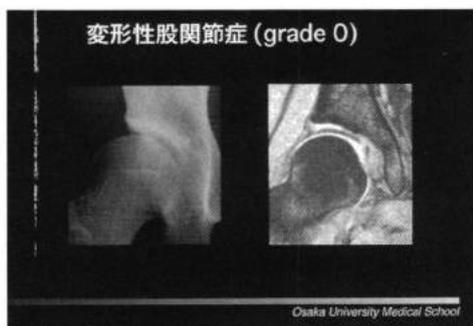


図1

全症例のレントゲンの分類とMRIの分類を比較したグラフで、赤がレントゲン分類0、緑がレントゲン分類1、青がレントゲン分類2となっております。大体それがMRI分類でどのように分布するかといいますと、レントゲン分類0ではMRI評価が白蓋側および骨頭側軟骨それぞれ10例中9例に正常像を示しております。それに対してレントゲン分類1では白蓋側の軟骨評価と骨頭側の軟骨評価が分かれました。すなわち白蓋軟骨では1

2例中10例、83%がMRI grade 2以上の異常を認めるのに対して骨頭側軟骨は12例中4例、33%しかMRI grade 2以上の異常を認めませんでした。また白蓋側軟骨のgrade分類が骨頭側軟骨のgrade分類よりも大きい異常度を示したのが約83%に認められました。レントゲン分類2の股関節に関してはほぼ全例がMRI grade 2以上の異常を認めました。

(図2)

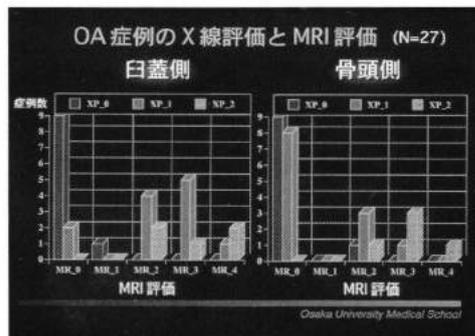


図2

以上まとめますと、白蓋形成不全症例の正常例全例で持続下牽引下にそれぞれの軟骨の分離評価は可能でした。また、初期の股関節症では大腿骨頭軟骨よりも白蓋側軟骨に損傷が生じやすい傾向を認めました。

次にMRIによる軟骨測定の精度評価として、計算機を用いて二次元の軟骨厚み測定を行いました。摘出骨頭及び患者股関節をMRI撮像計測して、それぞれの摘出標本の軟骨実計測と比較してその精度を検定しました。

MRIにおける軟骨の厚みの計測法ですが、MRI画像で骨頭中心を決定し、中心からの放射状方向、すなわち軟骨に対して垂直になる方向にそれぞれガウシアン方向2次微分フィルターという計算処理を行います。これは濃淡値が急激に変化している軟骨境界部を抽出する目的です。X軸のゼロ点が骨頭中心、X軸正方向が軟骨に向かう放射状方向の距離、Y軸が放射状方向の角度としてグラフで表示

しますと、黒く映った部分が軟骨としてきれいに抽出されます。この黒く分離された部位を用い軟骨厚みを算出しました。

この画像処理を用いて、MRI画像ではかった軟骨の厚みと摘出骨頭標本での軟骨の実厚み計測をそれぞれ中心から10度方向ずつポイントをとりまして比較しました。

軟骨測定精度比較の結果です。摘出骨頭をMR撮像したものと、その実計測とを比較したグラフです。横軸がMRI計測の値、縦軸が実計測の値です。平均誤差が約0.3ミリ、相関係数は0.96と高い相関性を示しました。

次に患者さんの生体内のMRI像と、手術して得られた骨頭標本の実計測とを比較しました。平均誤差が0.4ミリ、相関係数は少し低いですが0.49と有意な相関を示しました。

まとめますと、コンピュータ画像処理を用いた摘出骨頭および患者股関節MRIの関節軟骨測定は標本実計測に対して良好な測定精度が得られました。

このような二次元の厚み測定精度をもとにして、今度は二次元から三次元に評価を拡張し骨頭の三次元再構成画像を作成しました。摘出骨頭1股と患者白蓋形成不全症例4股に対して行いました。

方法はmatrix過程で256×256で、Fast 3DのSPGR法を用いMR撮像を施行しました。画像処理過程で三次元フィルタリング施行し軟骨部分を抽出して、二値化、ラベリング処理し、抽出した軟骨にそれぞれ厚み情報等を与えて、volume renderingして三次元再構成表示をしました。

(図3) 画像処理の実例を示します。

MRI原画像で、フィルター後に二値化処理した像、ラベリングして、軟骨部と骨部を抽出して、軟骨部に関しては軟骨厚みの情報を与えた各像です。

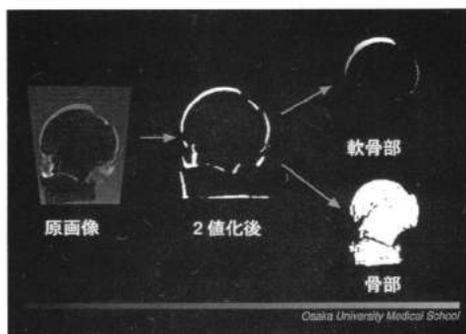


図3

図4は摘出標本で三次元再構成した画像です。頭頂部及び前方から見た図ですが、軟骨厚い部分は赤色、薄い部分は青色でコントラスト表現をしました。再構成画像は実標本の外観状態をきれいに表現していると考えられます。

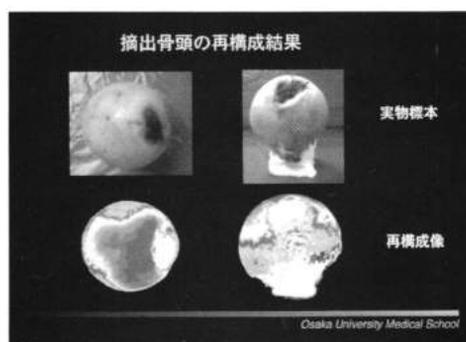


図4

次に患者股関節症例です。前股関節症で24歳女性です。

かなり実軟骨に即した三次元軟骨表現が可能となりました。なお、coronal画像の方向画像を今回使っておりますので、前方及び後方の一部の軟骨に関してはpartial volume effect等の影響がありまして、正確には表現できておりません。

以上まとめますと、摘出骨頭および患者股関節MRIを用いた関節軟骨の三次元再構成画像は実形態を良好に描出していると考えられました。

以上を踏まえまして今後の課題としては、先ほどのようなpartial volume effectの影響を緩和するためにcoronal画像およびsagittal画像等の2方向のMRI画像を位置合わせして統合し、表現する方法を考えるということ

と、実標本の軟骨三次元分布と比較下に再構成による厚み分布の精度検定を行いたいと考えています。

【伊丹】 ありがとうございます。