骨軟部腫瘍の MRI 画像三次元再構築

九州大学整形外科

岩 本 幸 英・小 田 義 直
津 村 弘・杉 岡 洋 一

Three Dimensional Reconstruction of Magnetic Resonance Images of Bone and Soft Tissue Tumors

by

Yukihide Iwamoto, Yoshinao Oda, Hiroshi Tsumura
and Yoichi Sugioka

Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine, Kyushu University,
Maidashi 3-1-1, Higashi-ku, Fukuoka 812, JAPAN

We have developed a new system for three-dimensional (3D) reconstruction of bone and soft tissue tumors from magnetic resonance images. Data from transverse T2 weighted images of MRI were transferred to a personal computer. Extraction of tumors, major vessels, nerves, and bones was performed manually. The 3D data were then processed into 3D display using a solid model. The 3D images of bone and soft tissue tumors were beneficial first for determination of chemotherapeutic effect, second for understanding of the relationship between tumors, major vessels and nerves and finally were of use in planning the operation.

Key words : magnetic resonance imagin (MRI), three dimentional reconstruction (3次元再構築), bone and soft tissue tumors (骨軟部腫瘍)

はじめに

近年のMRIの進歩はめざましく、骨軟部腫瘍の診断においても広く応用され、その有用性が確認されている^{2)-5), 9), 10)}。MRIの利点の一つは、横断、冠状断、矢状断など、多方面の任意のスライス画像がえられるので、対象を立体的に把握しやすい点にある。しかし、個々の画像は平面的なので、整形外科医はMRIの多数のスライス画像を見て、自分の頭のなかで再構成し、立体的なイメージを作り上げているのが現状である。もしもコンピューターによる立体画像がえられれば、患者への説明、手術計画立案、化学療法効果判定などに有用ではないかと考え、3次元再構築を試みた。

方 法

使用したMRIの機種は、日立MRP 0.2Tesla 永

久磁石型。画像の再構築には、パーソナルコンピューターNEC-PC9800を用いた。元画像としては、化学療法前後のT2強調画像を評価した。まず、MRIの横断画像をフロッピーに落とす。つぎに、パーソナルコンピューターに各スライスの画像を読み込み、マウスで腫瘍、主要血管神経、骨の輪郭線を抽出し、光ディスクに保存する。最後に、保存したデータをコンピューターで計算し、再構築する。見る方向を変えた立体画像は、リアルタイムで表示可能なので、今回は、前方、後方、内側、外側の4方向から見た画像を評価した。また、化学療法効果を判定するために、腫瘍の体積を算定した。具体的には、すでに3次元再構築の過程で腫瘍の輪郭線はコンピューターに読み込んであり、また、各断面間のスライス幅はおのずからきまっているので、コンピューターで積分値を計算することにより、腫瘍体積を算定するという方法をとった。

結 果

13歳の男性の左上腕骨のneuroectodermal tumor of boneの症例に、MRI 3次元再構築をおこなった結果を呈示する。初診時の単純X線で、左上腕骨骨幹部に骨膜反応を認め、生検標本の組織像では、未分化な小円形細胞の増殖とHomer wright rosettoを認めたので、neuroectodermal tumor of boneと診断された。術前療法としてVACA療法(vincristine, adriamycin, cyclophosphamide, actinomycin-D)による化学療法と、40Gyの放射線照射を行った後、広範切除術を施行した。図1に、化学療法前後のMRIのT2強調像の横断像を示す。化学療法前は、骨外腫瘍がきわめて大きく、とても患肢温存は不可能とされていたが、化学療法後は、骨外腫瘍の著明な縮小がみられた。3次元再構築画像を、図2に示す。前方から見た像では、化学療法前に骨外腫瘍は最も大きいところでは、上腕動脈と接しているが、化学療法後は離れた。後方から見た像でも同様に、上腕動脈の骨外腫瘍からの分離が確認できた。内側から見た像では、後方に突出していた腫瘍の著明な縮小が確認された。外側からみた像では、化学療法後も腫瘍の全長にわたって、橈骨神経が腫瘍と接している像が描出されている。また、腫瘍体積の算定結果は、化学療法前は 131.1cm^3 であるのに対し、化学療法後は 61.4cm^3 で、実に化学療法前の46%にまで縮小しており、著明な化学療法効果を実数値として確認することができた(図3)。本症例に対して、化学療法により患肢温存が可能になったと判断し、広範切除(ただし、橈骨神経は切断)のち、autoclaved bone graftを用いた再建を行った。広範切除を行った後のautoclaved bone作製の前に、病巣を搔爬し、えられた標本を組織学的に検索した結果では、すべて壊死組織であり、まったく腫瘍細胞は見当たらず、著明な化学療法効果が再確認された。

考 察

MRIによる3次元再構築は、すでに脳表面⁸⁾、肝臓⁶⁾、半月板病変¹⁾⁷⁾などの診断に応用されている。脳表面への応用例では、従来の断層像のみでは困難であった脳回や脳溝といった脳表構造の同定が、3次元画像により可能になったと報告されている⁸⁾。また、

図1 Neuroectodermal tumor of boneのMRI-T2強調画像の横断像。化学療法前(A)に比べ、化学療法後(B)は、著明な骨外腫瘍の縮小がみられる。

図2 化学療法前後のMRI 3次元再構築画像。
A: 前方から見た化学療法前の画像。
B: 前方から見た化学療法後の画像。
C: 後方から見た化学療法前の画像。
D: 後方から見た化学療法後の画像。
T=Tumor, BA=Brachial artery, RN=Radial nerve

肝臓への応用例では、腫瘍の位置の容易な理解、手術術式の決定、術後肝再生動態の評価、残存肝予備能の推測などに威力を発揮することが予想される⁶⁾。整形外科領域の疾患では、円板状半月¹⁾や半月板断裂⁷⁾の描出能が3次元画像では、2次元画像よりもはるかに優れていたと報告されている。しかし、骨軟部腫瘍へ

図3 化学療法による腫瘍体積の著明な減少。
化学療法後の腫瘍の体積は、化学療法前の46%になった。

の応用例は、われわれが涉猟しうるかぎり報告がみられない。

今回われわれが、骨軟部腫瘍へ応用してみたところ、1) 化学療法による腫瘍の縮小が、立体的に、かつ明瞭に把握できる、2) 腫瘍と主要血管神経との関係の全体像が明確になり、手術計画立案に有用である、3) 3次元画像はあらゆる方向から観察できるので、いろいろな方向からの手術的アプローチの参考になる、などの多くの利点が確認できたので、きわめて有用な方法だと思われた。2次元画像を3次元画像に再構築する作業は、現段階ではかなり手間がかかるので、T1かT2のいずれかの画像を再構築の材料として選択するのが实际的である。今回われわれは、元画像としてT2強調画像を選択したが、その理由は、悪性骨腫瘍の骨外腫瘍および軟部腫瘍の描出にはT2強調画像が最も優れているので、MRIによる化学療法効果判定の最も良い指標である骨外腫瘍の縮小、あるいは腫瘍と主要血管神経との関係のいずれを見るにせよ、T1強調画像よりT2強調画像のほうが、より適切だと考えたためである。実際に、T2強調画像では、骨外腫瘍や軟部腫瘍と筋肉とのコントラストが明瞭なため、マウスをもちいて抽出する作業が容易であった。ただし、反応層の出現が強い場合には、T2強調画像では反応層と腫瘍が同様の intensity で描出されるので、腫瘍の輪郭をマウスで抽出しにくい場合があるかもしれない。また、皮下の軟部腫瘍や骨髓内に局限している骨腫瘍では、おのおの皮下脂肪、骨髓内の脂肪と同

様の高信号を呈するので輪郭が判定しにくいことが予想され、T1強調画像のほうが、むしろT2強調画像よりも有用かもしれない。

化学療法効果が、3次元画像にどのように反映されるかという点もわれわれの大きな興味であった。図2に示したように、3次元画像では、化学療法による腫瘍の縮小の全体像が、手にとるようにわかった。われわれは、切除標本から横断面と冠状断面あるいは矢状断面の histological map を作成し、術前化学療法効果判定の指標として壊死率を算定しているが、腫瘍のなかで化学療法が効いている領域と効いていない領域は、まだらに存在するようである。よって、MRIの2次元画像の一断面から化学療法効果を判定するのは危険である。腫瘍の縮小を体積で評価する方法が理想的であろう。われわれの3次元再構築の手法では、マウスで腫瘍の輪郭線を抽出する作業が含まれており、また断面間の距離も最初から規定されているので、計算式をコンピューターに組み込み、積分値を計算することにより、容易に腫瘍体積を算定することができた(図3)。今後は、骨軟部腫瘍の立体画像の構築だけでなく、腫瘍体積の変化が、化学療法効果判定の指標として、どの程度有用なのかという点について、histological map 作成による壊死率算定のデータと比較することにより、検討を加えていきたいと考えている。

われわれの方法の現時点での欠点は、マウスで腫瘍、主要血管神経、骨の輪郭線を抽出する過程で、1) データの入力に時間がかかる、2) マウスで入力するため画像の辺縁が不整になりやすい、3) 非常に小さな構造物は入力が困難という点である。この欠点が改善されれば、所要時間が短縮され、再構築画像の精度も向上するので、さらに有用性が増すものとおもわれる。

結 語

骨軟部腫瘍のMRI画像3次元再構築を試みた。本法では、1) 化学療法による腫瘍の縮小が、立体的に、かつ明瞭に把握できる、2) 腫瘍と主要血管神経との関係の全体像が明確になり、手術計画立案に有用である、3) 3次元画像はあらゆる方向から観察できるので、いろいろな方向からの手術的アプローチの参考になる、などの多くの利点が確認できたので、きわめて有用な方法だと思われた。

参 考 文 献

- 1) 荒木 裕, 他: MR 3 次元 volume scan 横断像による膝円板状半月板の診断. 日本放会誌, 51: 182-184, 1991.
- 2) 岩本幸英, 他: 骨軟部腫瘍 MRI. 医学のあゆみ, 152: 696-699, 1990.
- 3) 岩本幸英, 他: 骨軟部腫瘍の診断における MRI の有用性—CT および単純 X 線との比較—. 整形外科と災害外科, 37: 1237-1247, 1989.
- 4) 岩本幸英, 他: 骨軟部腫瘍の MRI—質的診断の可能性—. 整形外科と災害外科, 39: 1714-1717, 1991.
- 5) 奥山清隆, 他: 骨肉腫の MRI について. 整形外科と災害外科, 38: 1579-1582, 1990.
- 6) 松尾導昌, 他: 肝三次元画像と肝癌の手術シミュレーションシステムの問題. 日本臨床, 49: 172-176, 1991.
- 7) 三次元画像処理装置を用いた膝関節 MRI—半月板断裂描出能の評価. 日本放会誌, 51: 1201-1209, 1991.
- 8) 玉井 仁, 他: パーソナルコンピュータによる MRI 脳表 3 次元表示法の開発. 日本放会誌, 51: 168-172, 1991.
- 9) 田仲和宏, 他: 骨軟部腫瘍の MRI—軟骨系腫瘍について—. 整形外科と災害外科, 39: 638-642, 1990.
- 10) 山本卓明, 他: 悪性腫瘍の MRI—化学療法効果について—. 整形外科と災害外科, 40: 1667-1671, 1992.