

論 文 概 要

○論文題目

三次元 MRI・CT 合成画像

-上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対する新しい
病変部評価方法の確立と、その有用性の評価-

○指導教員

人間総合科学研究科 疾患制御医学専攻 山崎正志 教授

(所属) 筑波大学大学院人間総合科学研究科

疾患制御医学専攻

(氏名)

神山 翔

要 旨

目 的：

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎(以下 OCD)は、成長期野球選手に好発する関節内骨軟骨病変である。病変部の状態により治療方法が異なるが、現状では手術以外に病変部を正確に評価する方法がない。本論文では、OCD 病変部の軟骨下骨と関節軟骨を同時かつ三次元的に評価できれば、従来よりも高い精度でその重症度を判定できると仮説を立て検証した。本論文の目的は、OCD に対し MRI と CT を三次元的に合成した画像（以下 3D MRI-CT 合成画像）の作成方法を確立し、病変部評価における 3D MRI-CT 合成画像の有用性を検証することである。

対象と方法：

研究 1 では、仮説検証の指標とするため、独自の MRI 分類（以下本 MRI 分類）による OCD の病変部重症度の評価精度を検証した。MRI 撮像と手術を行なった OCD 症例 81 例を対象とした。平均年齢は 13.9 ± 1.9 歳であった。術前に撮像した MRI から本 MRI 分類を判定し、術中に判定した International Cartilage Repair Society 分類（以下 ICRS 分類）との一致率を調査した。また、本 MRI 分

類の感度、特異度、陽性的中率、陰性的中率も検証した。

研究 2 では、肘関節 MRI における牽引の有用性を検証した。対象は健常ボランティア 10 名で、平均年齢は 36.7 ± 8.6 歳であった。通常の MRI 撮像後、肘関節に 7kg の牽引を加えて MRI を撮像した（以下牽引 MRI）。撮像条件は 3D water selective cartilage scan、スライス厚 0.4 mm とした。腕橈関節、腕尺関節外側 1/3、腕尺関節内側 1/3 において、関節裂隙距離の計測と上腕骨関節軟骨輪郭の可視性の判定を行い、通常の MRI と牽引 MRI で比較した。牽引 MRI 時の疼痛と不快感を visual analogue scale（以下 VAS）で評価した。

研究 3 では、研究 2 の知見を基に 3D MRI-CT 合成画像作成手法を構築するとともに、OCD の病変部評価における 3D MRI-CT 合成画像の有用性を検証した。対象は 3D MRI-CT 合成画像で病変部を評価し、手術を実施した OCD 症例 12 例である。平均年齢は 13.7 ± 1.1 歳であった。MRI は 3-Tesla の装置を用い、3D-double echo steady state sequence、スライス厚 0.4 mm で撮像し、上腕骨と関節軟骨の 3D-MRI モデルを作成した。撮像の際上肢を 7kg で牽引した。CT は 320 列の装置を用い、スライス厚 0.5 mm で撮影し、上腕骨 3D-CT モデルを作成した。これら 3D モデルから 3D MRI-CT 合成画像を作成し、病変部の状態を評価

し、検者 2 名が ICRS 分類を予想した。評価項目は、病変部の状態（関節軟骨の亀裂と欠損、関節面の変形、分離した軟骨下骨、それぞれの有無と局在）、病変部の縦径と横径、ICRS 分類とし、3D MRI-CT 合成画像から判定した結果と術中に判定した結果を比較した。また、予想した ICRS 分類の検者間信頼度を interclass correlation coefficient (ICC) で評価した。

結 果：

研究 1 では、本 MRI 分類と術中 ICRS 分類の一致率は 88.9 %であった。本 MRI 分類の感度は 98.4 %、特異度は 84.2 %、PPV は 95.3 %、NPV は 94.1 %であった。

研究 2 では、牽引により腕橈関節の関節裂隙距離は有意に開大し、同関節の上腕骨関節軟骨輪郭の可視性も有意に改善した。疼痛の VAS 値は平均 1.7 ± 1.2 、不快感の VAS 値は平均 2.0 ± 0.9 であった。

研究 3 では、3D MRI-CT 合成画像は、病変の状態を正確に反映していた。予想 ICRS 分類は術中に判定した ICRS 分類と全例一致した（class II 1 例、III 5 例、IV 6 例）。予想 ICRS 分類の検者間信頼度は ICC 1.0 であった。

考 察：

MRI 撮像条件の工夫と牽引 MRI の応用により、3D MRI-CT 合成画像作成手法を確立した。3D MRI-CT 合成画像は、CT による軟骨下骨の評価と MRI による関節軟骨の評価を、同時かつ三次元的に可能とした世界初の技術である。本技術は低侵襲であり、病変部の軟骨下骨と関節軟骨の位置関係が正確に把握でき、病変部を多角的に評価できる。今後は、技術の簡便化と適応の拡大を目指して研究を継続していく必要がある。

結 論：

上腕骨小頭離断性骨軟骨炎に対し 3D MRI-CT 合成画像を作成し、有用性を評価した。3D MRI-CT 合成画像を用いた OCD の病変部重症度の評価精度は、研究 1 で検証した精度を上回り、仮説を裏付ける結果であった。3D MRI-CT 合成画像は OCD において、病変部の軟骨下骨と関節軟骨の立体的な構造と位置関係を正確に描出しうる画期的な技術であり、病変部の重症度評価に有用である。