

定量的磁化率マップ QSM の多施設比較試験

群馬県立県民健康科学大学¹⁾、伊勢崎市民病院²⁾、桐生厚生総合病院³⁾
○高橋哲彦¹⁾、高橋雅彦²⁾、藤生敦哉³⁾

はじめに

定量的磁化率マップ QSM (Quantitative Susceptibility Mapping) は、認知症の発症前診断を非造影の MRI 検査でできると期待されている。QSM 検査により、認知症の高リスクである脳実質の鉄沈着やアミロイドβの蓄積を経時的に把握できるようになり、地域の健康寿命の延長を促進できる。健常者～軽度認知障害を有する方々の QSM 検査をいろいろな施設で実施するためには、検査の基礎データの蓄積が大切である。本研究は多施設の MRI 装置を使った QSM の再現性を実験的に検証する。

方法

本研究では、静磁場強度 1.5T の MRI 装置と 3T の MRI 装置、異なるメーカーの MRI 装置が混在する多施設の MRI で、ヒト健常例の QSM の比較検証をした。本研究の MRI 撮像は 3D の GRE シーケンスを用いた。これは、1.5T 以上の装置であればほぼどの装置でも可能な汎用的な撮像プロトコルである。撮像時間は、5分～7分程度とし、実用化や臨床普及がしやすい形とした。DICOM 形式で出力した画像を専用の解析ソフトウェアを使い QSM の演算を行った。QSM 値の評価は、脳幹などの複数部位（淡蒼球、尾状核、被殻、黒質、赤核、白質他）に ROI (region of interest) を選びその値を調べた。被検者は、基準となる群馬県立県民健康科学大学（コア施設）の 1.5T MRI 装置と比較となる他施設の MRI 装置で撮像した。被検者総数は 75 例以上、撮像合計数を 180 例以上とした。研究に使用する QSM 解析アプリケーションソフトウェアは QSM 解析用の専用ソフトウェアで、解析に要する時間は 5 分

程度であった。撮像は仰臥位、撮像断面は axial 撮像 (AC-PC ライン) の 3D 撮像とした。ヒト撮像は、施設毎に健常ボランティアを募集し行った。結果は、画像の確認、部位ごとに統計的な手法を使った平均値の確認、装置間の相関解析、Bland-Altman 分析とした。統計解析には R version 4.2.1 を使った。倫理委員会許可済。

結果

被検者総数は、79 例^{*1}、年齢は 19 歳から 55 歳で平均は 25.3 歳、中央値は 21 歳、標準偏差は 8.75 歳、男 32 例、女 39 例、撮像総数は 217 例^{*2}であった。QSM の例を図 1 に示す。

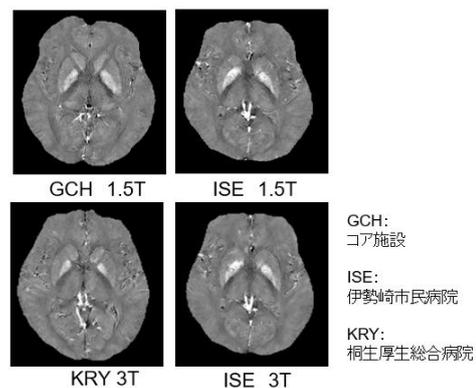
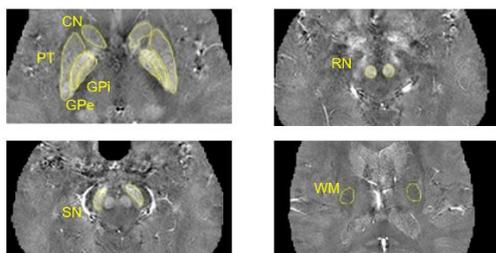


図 1 QSM の例

QSM を評価するための Region of Interest (ROI) の例（尾状核 (CN)、被殻 (PUT)、淡蒼球外節 (GPe) 淡蒼球内節 (GPi)、赤核 (RN)、黒質 (SN)、白質 (WM) を図 2 に示す。各部位の QSM の平均値は、尾状核は 32.4 [ppb]、被殻は 32.1 [ppb]、淡蒼球外節は 117.1 [ppb]、淡蒼球内節は 107.6 [ppb]であった^{*3}。赤核は、81.9

[ppb]、黒質は 131.8 [ppb]、白質は-26.0 [ppb]であった*4。コア施設の 1.5T 装置と伊勢崎市民病院の 3T 装置の QSM について、部位ごとの相関分析の結果を図 3 に示す*5。大脳基底核の 4 部位をまとめた相関分析の結果を、コア施設 (GCH) -伊勢崎 1.5T、伊勢崎 1.5T-3T、GCH-伊勢崎 3T について図 4 に示す*5。三種類の装置で撮像した被検者 26 人について相関分析を行った結果、



尾状核: caudate nucleus : CN
 被殻: putamen : PUT
 淡蒼球外節: external segment of globus pallidus : Gpe
 淡蒼球内節: internal segment of globus pallidus : Gpi
 赤核: red nucleus : RN
 黒質: substantia nigra : SN
 白質: white matter : WM

図 2 ROI の例

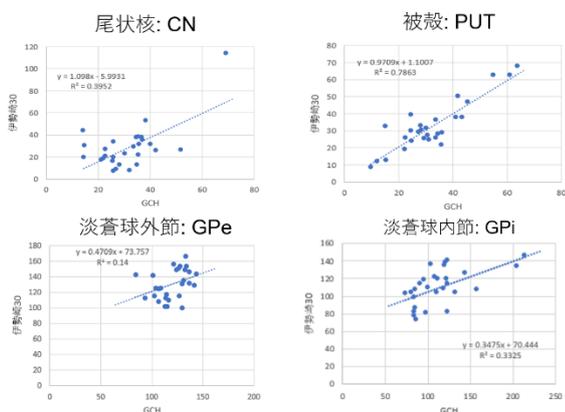


図 3 1.5T と 3T の部位ごとの相関分析の結果

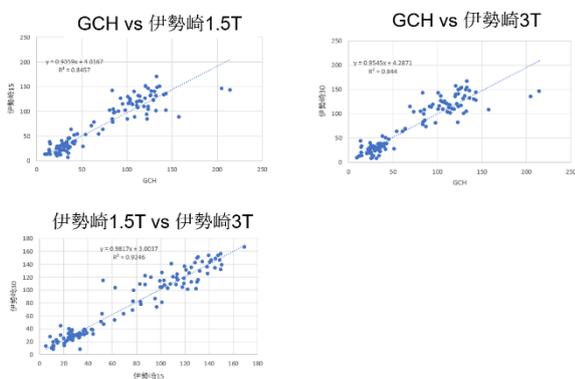


図 4 装置間の相関分析結果

全部位の QSM 値の相関は、すべての組み合わせで相関係数が 0.88 以上で強い相関があった。また、Bland-Altman 分析にて、すべての施設間の QSM 値の差の平均値は、3.8 [ppb]以下で標準誤差は、1.9 [ppb]以下であった。

*1 コア施設の令和 6 年 2 月 10 日時点の実績。

*2 コア施設: 79 例、群大: 60 例 (30×2)、伊勢崎: 58 例 (29×2): 桐生: 20 例の合計数。

*3 コア施設で取得した 37 例の解析結果。

*4 桐生厚生総合病院で取得した 14 例の解析結果。

*5 伊勢崎市民病院とコア施設で取得した 14 例の解析結果。

考察

1.5TMRI 装置 3 台と 3TMRI 装置 3 台、計 6 台の装置で QSM を取得した。大脳基底核を含む 6 部位の QSM 値は、3 T の先行研究と矛盾しなかった[1-3]。また、装置間の QSM 値の相関は静磁場強度によらず 0.88 以上と高かった。

まとめ

静磁場強度 1.5 T と 3 T を含む複数施設間で取得したヒト脳 QSM は、相関が高く誤差が小さいことから、再現性に優れ互いに比較できる可能性が示唆された。

文献

- [1] Gong N, Wong C, Hui ES et al: Hemisphere, gender and age-related effects on iron deposition in deep gray matter revealed by quantitative susceptibility mapping, *NMR Biomed* **28**: 1267-1274, 2015
- [2] Acosta-Cabrero J, Williams GB, Cardenas-Blanco A et al: In vivo MRI mapping of brain iron deposition across the adult lifespan, *J of Neuroscience* **36**: 364-374, 2016
- [3] Hinoda T, Fushimi Y, Okada T et al: Quantitative Susceptibility Mapping at 3 T and 1.5 T: Evaluation of Consistency and Reproducibility, *Investigative Radiology* **50**: 522-530, 2015