

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：22304

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23591784

研究課題名(和文)急性期脳梗塞のMRI画像における表示階調自動統一化システムの開発

研究課題名(英文)Development of Computerized Scheme for Automated Adjustment of Display Conditions in Brain Magnetic Resonance Images with Acute Ischemic Stroke

研究代表者

長島 宏幸(NAGASHIMA, HIROYUKI)

群馬県立県民健康科学大学・診療放射線学部・講師

研究者番号：60352621

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円、(間接経費) 690,000円

研究成果の概要(和文)：脳梗塞の早期の画像診断にはMRI検査が実施される。MRI検査で撮像される拡散強調画像および見かけの拡散係数画像(以下、MR画像)は、虚血範囲の判定や発症からの時期判定に利用されている。しかし、虚血領域における信号の明暗や範囲は、画像の色合い調節によって大きく変化するため、診断の精度低下につながる可能性がある。本研究では、早期の脳梗塞に対する画像診断と治療適応の決定に携わる医師を支援するため、MR画像を自動的に適正表示するコンピュータシステムを開発した。その結果、装置および被検者間で変化するMR画像の色合いを正確且つ迅速に統一化できる自動調節システムの構築を実現できた。

研究成果の概要(英文)：Magnetic resonance imaging (MRI) is performed for diagnosis of acute ischemic stroke. The degree of signal intensity and the range of cerebral ischemia in diffusion-weighted magnetic resonance images (DWIs) and apparent diffusion coefficient (ADC) maps obtained by an MRI examination can provide important information regarding treatment options. However, the MR image information can change substantially depending on display conditions. Therefore, observing DWIs and ADC maps under improper image display conditions may result in detection errors of localized lesions and inaccurate delineation of the ischemic range. To assist radiologists and neurosurgeons to accurately interpret brain DWIs and ADC maps and make appropriate treatment decisions, we developed a computerized scheme for proper display of these images. Thus, we were able to construct a computerized scheme for accurate, prompt, and automated adjustment of display conditions in DWIs and ADC maps.

研究分野：医用画像工学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・放射線科学

キーワード：急性期脳梗塞 MRI 拡散強調画像 見かけの拡散係数画像 画像表示 統一化 システム開発 濃度ヒストグラム解析

1. 研究開始当初の背景

脳梗塞の急性期における画像診断には、CT 画像や、MRI 検査で撮像される拡散強調画像 (diffusion-weighted image: 以下、DWI)、見かけの拡散係数画像 (apparent diffusion coefficient map: 以下、ADC map) が利用されている。DWI は、CT 画像に比べ、虚血領域の感度・特異度が優れており、ADC map は、DWI の高信号領域が本来の拡散低下によるものなのか、組織の T2 値の延長によるもの (T2 shine through) なのかを鑑別できる特徴を有する。しかし、DWI において高信号、ADC map において低信号を示す脳虚血領域の程度および範囲は、画像表示条件の調節により大きく変化する。そのため、不適切な表示条件で画像診断を実施すると、急性期脳梗塞の存在診断や範囲判定の精度低下につながる。

厚生労働省研究班 Acute Stroke Imaging Standardization Group (以下、ASIST-Japan) は、DWI と同時に撮像される b 値を 0 にした画像 (以下、b0 画像) の視床の信号強度を利用して、DWI の表示条件を標準化する方法 (以下、ASIST-Japan 法) を考案した。この ASIST-Japan 法は、DWI の表示階調の変動を低減できると仮定されており、画像診断の精度向上と血栓溶解療法の正確な適応決定において有用な方法であると考えられる。しかし、モニタ上の画像を観察する医師の手動のもとで実施されるため、人的誤差が生じ、また、作業時間と労力を必要とする。

そこで、先行研究では、ASIST-Japan 法のすべてが自動化されたシステムを開発し、さらに、ASIST-Japan 法とは異なる、視床を利用しない新たな表示階調の自動調節システムを開発した。その結果、手動で実施する ASIST-Japan 法と変わらない画像を非常に短時間で出力できる自動化システムを開発でき、さらに、ASIST-Japan 法よりも更に安定した画像表示が行える、b0 画像の濃度ヒストグラム解析に基づく DWI の表示階調自動統一化システムもまた開発できた。

しかし、研究調査において、12bits 階調で構成されている DWI と b0 画像を画像サーバやワークステーションに転送する際、b0 画像のみを圧縮する施設が存在していることが明らかとなった。先行研究にて開発された 2 つのシステムは、ともに b0 画像を利用して DWI の表示階調を自動調節する方法を採用しており、両画像が同一な階調数でない場合は、ASIST-Japan 法はもとより、開発した両システムも利用することができない。また、DWI とともに急性期脳梗塞の画像診断に利用されている ADC map の画像表示法に関する推奨や基準については、これまで全く提唱されておらず、ADC map の表示階調を調節するシステムに関する既存研究も国内外ともに見当たらない。

2. 研究の目的

本研究では、上記の問題点を改善するため、まず、b0 画像を利用せずに DWI の表示階調を自動調節する新たなシステムを開発する。また、多数の症例を用いて、安定した表示階調の ADC map が出力できる、新規性のある自動調節システムを開発する。

3. 研究の方法

(1) これまでの研究における問題点を再検討することから始め、その後、DWI および ADC map の表示階調を自動的に統一化できるシステムを開発するため、群馬県内の桐生厚生総合病院および中央群馬脳神経外科病院の両施設にご協力いただき、2 施設で撮像された急性期脳梗塞の画像所見が含まれる DWI および b0 画像を収集していただき、画像データベースを構築した。

(2) 構築された画像データベースを用いて、ASIST-Japan 法を実際に試みた。その後、b0 画像を利用することなく、DWI の表示階調を自動に調節できる、新規性のある方法を考案した。具体的には、C 言語を用いたプログラミング技術を用いて、DWI の脳実質部の濃度ヒストグラムから最も頻度値が高くなる時の信号強度を求め、その信号強度を用いて DWI の表示条件を自動設定するシステムを開発した。

(3) ASIST-Japan 法と本システムにより調節されたそれぞれの DWI に対して、目視による視覚評価、および画質評価値を用いた定量的評価を行い比較検討して、本 DWI 表示階調自動統一化システムの精度について検証した。

(4) 構築した画像データベースを用いて ADC map を作成し、作成した ADC map を 2 名の医師に観察いただき、ADC map の表示条件を設定していただいた。

(5) 作成した ADC map を用いて、表示階調を自動に統一化できる、新規性のある方法を考案した。具体的には、プログラミング技術により、上記した内容と同様、脳実質部の濃度ヒストグラムから最頻値となる信号強度を求め、その信号強度を用いて ADC map の表示条件を自動設定するシステムを開発した。

(6) 医師により表示条件が設定された ADC map と、考案した本システムにより自動設定された ADC map に対し、目視による視覚評価と画質評価値を用いた定量的評価を行い比較検討して、本 ADC map 表示階調自動統一化システムの精度について検証した。

(7) これまで開発した手法とは異なる新たな DWI および ADC map の表示階調自動統一

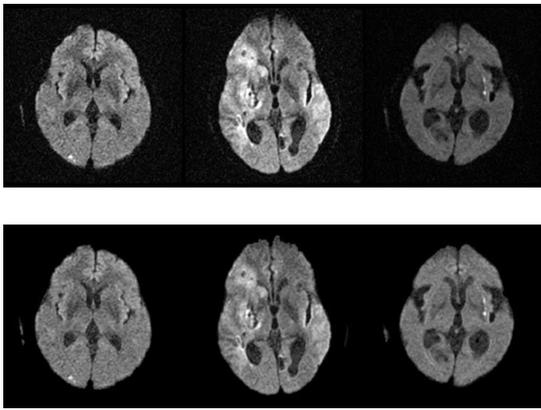


図1 3例のDWIの比較. 上段は手動であるASIST-Japan法により調節されたDWI. 下段は本自動システムにより調節されたDWIである.

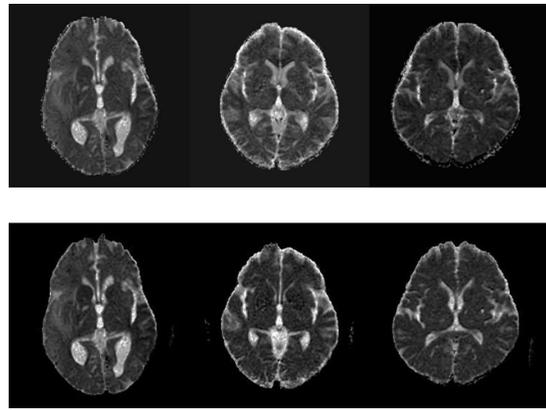


図2 3例のADC mapの比較. 上段は医師により手動で調節されたADC map. 下段は本自動システムにより調節されたADC mapである.

化法を考案した. 具体的には, 症例間の画像表示階調の統一化のための画像評価指標として, 濃度ヒストグラムに対する相互相関値を利用した.

4. 研究成果

(1) これまでの研究における問題点は, DWIの表示階調調節に際してb0画像を用いる点にある. b0画像は, 画像サーバや画像処理ワークステーションへの転送時に階調が圧縮されることがあり, その場合, DWIの階調と異なるため, これまでの手法を適用することはできない.

群馬県内の2施設から, 60症例のDWIとb0画像を提供していただき, 画像データベースを構築した. なお, 画像は, 施設長(病院長)及び画像管理責任者の許可を受け, 施設ごとの倫理規定に準じて提供された.

(2) b0画像上の視床部位の信号強度を利用してDWIの表示条件を設定する, ASIST-Japan法を, 構築した画像データベースに対して実施した.

本研究において, 以下のアルゴリズムを考案した. DWIの全スライス像を合成した3次元画像を作成する. 階調の線形化処理, しきい値処理, ラベリング処理を用いて脳実質部を抽出する. 脳実質部から濃度ヒストグラムを計算して最頻値となる信号強度を決定する. 決定された信号強度をDWIのウィンドウレベルに, 信号強度の2倍値をウィンドウ幅に設定して, 画像を出力する.

(3) 各方法により調節されたDWIの症例間における信号強度および画像コントラストの主観的類似性を2肢強制選択法を実施して評価した結果, 本システムを用いて調節されたDWIの選択率は75.1%であり, ASIST-Japan法と比べて高い値を示した. なお, 選択率は, 各手法が全ペア中でどの程度選択されたのかを百分率によって表したも

のである.

(4) 2名の脳神経外科医の観察の下, 44症例のADC mapを用いて手動により表示条件の調節が実施された.

(5) DWIおよびb0画像ともに全スライス像を合成して3次元画像を作成し, しきい値処理を適用して3次元DWIを2値化した. その後, 明らかに雑音と思われる候補を除去して脳実質部を抽出した. そして, DWIとb0画像の脳実質部の各ボクセル値に基づいて3次元ADC mapを作成した. 作成した3次元ADC mapから濃度ヒストグラムを計算し, 最頻値となる画素値を決定した. 最後に, ADC mapをコンピュータ内に入力し, 決定した画素値の3倍をADC mapのウィンドウレベルに, そのウィンドウレベルの2倍をウィンドウ幅に設定して, 画像で出力した.

(6) 医師によって手動で調節されたADC mapと本自動システムにより調節されたADC mapに対して, 2肢強制選択法を用いて比較評価した結果, 本手法で調節されたADC mapの選択率は, 平均92.7%および92.2%となり, 5名の全観察者において, 本手法を選択した割合が高くなった.

(7) 2肢強制選択法を実施した結果, ASIST-Japan法および本システムで調節されたDWIの選択率は, それぞれ平均9.9%および62.0%となり, 全観察者において本手法の選択率が高くなった. 図1に, ASIST-Japan法と本手法により調節された3症例のDWIを示す. 先行研究方法および本システムで調節されたDWIの選択率は, それぞれ平均8.6%および48.1%となり, 上記同様, 全観察者において本手法の選択率が高くなった.

医師および本システムにより調節されたADC mapの選択率は, それぞれ平均23.9%および53.3%となり, 全観察者において本手法の選択率が高くなった. 図2に, 医師と本手

法により調節された3症例のADC mapを示す。先行研究方法および本システムで調節されたADC mapの選択率は、それぞれ平均14.2%および33.7%となり、上記同様、全観察者において本手法の選択率が高くなった。この結果は、本自動システムを用いることにより、症例間で統一化された画像表示が可能であることを示している。

したがって、本研究において開発した自動調節システムは、DWIおよびADC mapの最適な画像表示を正確且つ迅速に行えることから有望な技術であり、アーチファクトによる不正確な判断の防止や虚血領域の判断誤差の減少、治療法の適切な判断の達成が可能となることから、放射線科医や脳神経外科医にとって有用であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

Hiroyuki Nagashima, Kunio Doi, Toshihiro Ogura, Hiroshi Fujita, Automated adjustment of display conditions in brain MR images: diffusion-weighted MRIs and apparent diffusion coefficient maps for hyperacute ischemic stroke, Radiological Physics and Technology, 査読有, Vol.6, No.1, 2013, pp.202-209

[学会発表](計5件)

Hiroyuki Nagashima, New Scheme for Automated Adjustment of Display Conditions in Brain Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Images and Apparent Diffusion Coefficient Maps with Hyperacute Ischemic Stroke Using Cross-Correlation Values for Density Histogram, The European Congress of Radiology 2014, 平成26年3月6日~10日, Austria Center

長島宏幸, ROC解析と視覚評価について, 日本放射線技術学会関東部会平成25年度MR研究会画像評価セミナー, 平成25年11月17日, 群馬県立県民健康科学大学

長島宏幸, 超急性期脳梗塞の画像診断支援に関する研究, 第17回北海道神経画像研究会, 平成25年3月16日, TKPガーデンシティ札幌

長島宏幸, 医用画像の濃淡情報に関する新たな画像評価指標の考案, 医用画像情報学会平成24年度秋季(第164回)大会, 平成24年10月13日, 東北大学医学部臨床講義棟

長島宏幸, 頭部CT・MRI画像の濃淡情報

に関する新たな画像評価指標の特性評価, 平成23年度関東甲信越診療放射線技師学会大会, 平成23年10月16日, コロニ文化ホール

6. 研究組織

(1)研究代表者

長島 宏幸 (NAGASHIMA HIROYUKI)

群馬県立県民健康科学大学・診療放射線学部・講師

研究者番号: 60352621