第74回総会学術大会シンポジウム3　座長集約

開催日：2018年4月14日(土)15:00〜17:00
会　場：パシフィコ横浜会議センター503会議室

MRIに求めるtechnical innovation

錦　成郎
天理よろづ相談所病院

1．画像診断医の視点　佐々木真理　岩手医科大学医歯薬総合研究所

2．臨床に携わる技術者の視点　内田幸司　えだクリニック整形外科リハビリテーション科

3．研究に携わる技術者の視点　松田　豪　岩手医科大学医歯薬総合研究所

4．前臨床に携わる技術者の視点　疋島啓吾　沖縄科学技術大学院大学

はじめに

Magnetic resonance imaging(MRI)の撮像技術の変遷の中で，これまで取り上げられてきた主要なテーマは，検査時間の短縮と画像コントラストの改善に集約されると考えています．撮像時間の短縮については，gradient echo法，echo planar imaging(EPI)に代表される撮像シーケンスの開発，kスペースの充填法の開発，parallel imaging，画像再構成法，compressed sensing(CS)に代表される画像計算方法の開発などを挙げることができます．画像コントラストに関しては，基本である3画像(プロトン強調画像，T_1強調画像，T_2強調画像)に加えて，位相，拡散，還流や流れの情報などを如何に目的に合わせて表現するかが問われてきました．

本シンポジウムは，上記の各分野のエキスパートの先生方にお集まりいただき，これまでの技術や考え方を整理しながら，これからMRIというモダリティが進化していく方向性や，進歩していくうえで大切な要件を明確にするとともに，これからの技術革新のあり方について参加者の皆さんを含めて議論したいと考えて企画しました．本稿では講演の要点を座長集約という形式で取りまとめて報告します．

1．画像診断医の視点

佐々木先生には「画像診断医の視点」から，これまでのMRIが歩んできた歴史を振り返りながら，MRIの特性と臨床応用する段階での注意点をまとめていただき，過去の事例を具体的に示しながら今後の医療技術者に求められる技術革新への取り組み方についてのご意見をいただきました．特に強調されていた論点は，MRIは多彩な生体情報と高い技術的自由度があるためバラエティに富んだ技術開発が可能である反面，生体指標としての信頼性は必ずしも高くないことを十分に理解して臨床応用することが求められるということです．過去にはFLAIR, diffusion weighted image(DWI)-perfusion weighted imaging(PWI) mismatch, plaque imagingのように，誤診を誘発する可能性がありながら安易に臨床応用され，後に，その技術的課題が再認識された事例が散見されるがゆえに，理論的かつ技術的な検証および着実な臨床研究と臨床試験などを経て精度や信頼性を担保してから，一般臨床に用いることが大切であることを強調されました．新しい技術は，ともするとそうした確実な検証作業を経る前に臨床応用されてしまうことに警鐘を鳴らされました．われわれも情報に過度に流されることのないように慎むべきご意見であると考えます．また，これからは新薬や新しい治療法に関するイノベーションにおいて，各種指標としてMRIが用いられる場面が増えると思われるが，その臨床試験を実施するに当たっては，専用の統一撮像プロトコルを設けていることが多い．しかし，それは新しい技術(製品)を多施設で正しく評価するために設定された必要要件であり，各施設の撮像プロトコルと異なっていたとしても，柔軟かつ積極的に多施設臨床試験へ協力して欲しいという要請をいた

だきました．多種多様な施設がある中，地域限定から全国規模の臨床研究の成果を確実に得るためにも，基本をしっかり理解して協力関係を構築することが大切であるというご意見であると受け止めました．

2．臨床に携わる技術者の視点

内田先生には「臨床に携わる技術者の視点」から，短時間撮像や画質改善技術を振り返りながら，これらの技術が被験者やMRオペレータにいかに還元されているかを俯瞰し，今後MR装置をオペレーションしていく立場として必要になるであろう，もしくは強く関連するであろう革新技術についてご意見をまとめていただきました．まずは，MR撮像技術の進化を時間短縮という観点からそれぞれの技術について集約した後に，最新技術であるsynthetic MRにおける撮像の可能性に言及されました．更に，CS技術の特徴に触れてから，今後は単に撮像時間の短縮技術だけでなく，検査全体のワークフローを見直すことが重要であることを強調されました．特にphased array coil技術が気付かせてくれた作業フローの改善や，表面コイルの軽量化がもたらす効能，操作室まで戻ることなく寝台に横たわる被験者の目の前で各種操作ができるユーザインターフェース設計といった考え方，また人体からの生体情報を，特に何の付加作業もなしに撮像に利用できるセンサ技術の進歩など，ワークフローの改善に役立つシステム設計や関連技術がたくさん提案されてきていることを指摘されました．これからはartificial intelligence（AI）が医療界にも広く導入されてくることは間違いなく，オペレータにとっても多種多様な利便性が供与されることが予測されますが，この技術革新で最も注意しなければならない点は「AIの最終目的は自動化ではない」という意識であり，巷で噂されているように人間がロボットに取って代わられるというような，極端な例示に惑わされることなくAIをうまく使いこなしていくことが重要であること，人間の役割は，AIが導き出した結果を判断して決断をするところにあることを強調されました．更に，この役割を確実に成し遂げるためには，これまでにも増して知識と経験の蓄積が重要になるという力強いメッセージをいただきました．

3．研究に携わる技術者の視点

松田先生には「研究に携わる技術者の視点」から，三つの題材を例示して臨床研究を行うにあたっての注意点や目的意識の大切さなどを中心に話題を提供していただきました．特にMR画像はMR信号という物理現象の理解から始まること，信号の発生から収集に関わる技術を創意工夫することで理想に近づけることができることを実証した講演は，これから研究したいと思われている方にとって参考になる内容であったと感じました．Proton MRSのpoint-resolved spectroscopy（PRESS）法を使用したMEGA-PRESS法では，データ収集時の周波数ドリフト，ベースライン歪，ノイズを減少する手法を解説しながら，問題点を解決するためのアイデアを導く過程を詳細に解説されました．非造影の血流定量法であるarterial spin labeling（ASL）では，各手法の特徴を述べた後に，特にperfusionの信号変化が脳内信号の1%以下であることに起因する課題を整理しました．そのうえで，目的である正しいcerebral blood flow（CBF）計測のために必要となる血管内信号の除去方法であるDANTE法を改良した松田先生らにより開発された手法（DANTE-ASL）を解説していただきました．一方で，ラベル到達時間の推定と補正方法については，hadamard encodingを使って理論式にフィッティングすることでラベル到達時間とCBFの算出が可能になったというアイデアを提示されました．また，最近では一般的になったradio frequency（RF）のparallel transmitにおいては，calibration scanと呼吸位相が画像に影響することを示した後に，それらを改善するアイデアについて解説されました．松田先生の講演の中で一貫していたことは，画像を評価する場合であっても元データから分析することの重要性と，臨床に近い研究者という立場を有効に活用して，臨床現場が何を求めていて，何を改善すれば臨床に貢献できる情報を提供できるのかを敏感に嗅ぎ分け，有効な研究成果を残してほしいということでした．この根底には理論に裏打ちされた思考法と広い専門知識があることは間違いないのですが，解決策の多くは多種多様な技術の組み合わせであることが多いと感じたのは座長である私だけでしょうか．技術者として最近忘れがちな大切なことを再確認した講演内容であったと思います．

4．前臨床に携わる技術者の視点

疋島先生には「前臨床に携わる技術者の視点」として，実験動物を対象とした基礎研究に関する考え方やその有用性についてお話いただいたうえで，前臨床研究の有用性について講演していただきました．MRIを用いた前臨床研究は，取得した画像のコントラストが持つ意味を細胞レベルで比較検討することが可能であり，したがって新しい技術を開発する時点から画像診断へ応用するための基礎検討を行うことが可能であ

るため，比較的有用性の高い検査法として早期に臨床に落とし込むことができるというメリットに言及されました．また，過去に行われてきた多くの前臨床研究は，最適な疾患モデルやすばらしい研究デザインがあってこそ達成されてきたものであることを強調されました．今回は疋島先生の研究テーマである q-space imaging（QSI）を用いた髄鞘可視化法の前臨床研究を中心に紹介していただきましたが，この中で QSI の解析値の一つである尖度画像が組織切片の髄鞘染色像と酷似していることに気付き，髄鞘を画像化する手法として myelin map と名付けたという研究成果を紹介されました．生体のマーモセットの脊髄後索を人工的に損傷したモデルを用いて，myelin map が経時的に脱髄と再髄鞘化を画像化できることを確認するとともに，神経幹細胞移植治療の効果判定にも有効であることを証明しました．更に多発性硬化症の T_2 強調画像の高信号域と脱髄，再髄鞘化が必ずしも一致しないというパラドックスも myelin map を用いると見事に表現できることが明らかになったと報告されました．このような輝かしい成果の根本にあるのは，まさに前基礎研究と臨床研究の融合であり，これからの医学の発展になくてはならないアプローチであることを強調されました．やはり，研究を進めるうえで最も重要な過程が，綿密な研究計画にあることを体感できたとともに，結果を客観的な観点から対比・分析する姿勢の重要性を学ばせていただきました．今後の学際化を発展させるうえでも重要な研究分野であると強く感じました．

最後に

「MRI に求める technical innovation」というテーマでシンポジウムを開催して感じたことは，イノベーションが重要なのではなく，万人にやさしい放射線医学の実現に向けて，慌てず流されることなく着実に新しい技術開発に努め，得られた技術を適切に提供していくことが，われわれに求められる最重要課題であると考えました．会員の皆様も質の高い研究を目指して是非チャレンジを継続してください．ありがとうございました．