

論文要旨

Adamkiewicz動脈同定におけるSequential K-space充填法を用いたSlow-infusion
造影MRAとCTAとの比較

Comparison of slow-infusion magnetic resonance angiography with sequential k-space filling and computed tomography angiography to detect the Adamkiewicz artery

【背景】

Adamkiewicz 動脈 (Artery of Adamkiewicz ; AKA) は肋間・腰動脈と前脊髄動脈との間を結ぶ脊髄栄養における重要な連結路であるが、胸部大動脈瘤や胸部大動脈解離の手術の際には、AKA の母血管である肋間・腰動脈を閉塞する可能性がある。予め AKA の分岐する肋間・腰動脈が同定できていれば、手術範囲の再検討・術中の血行再建・術後の髄腔圧のコントロールなどの対麻痺発生回避の策を講じることで、脊髄虚血のリスクを軽減することができる。従って、術前の画像検査で正確に AKA を描出することは術後の機能予後を保つために大きな助けとなるが、細径かつ解剖上の個人差が大きい AKA の画像評価の標準化はなされてこなかった。

AKA を同定するための画像診断法として CTA が主流であるなか、造影 MRA の有用性も報告されてきた。造影 MRA 撮像法として用いられることが多かった Time resolved 法は時間分解能が高いが AKA のような細径動脈の描出には必ずしも優れない。今回我々は空間分解能を重視する Slow infusion 法を用いた造影 MRA での AKA 描出の撮像条件の確率を試み、CTA との精度比較を行ってその有用性を検討した。

【対象と方法】

2018 年 4 月から 2022 年 2 月に AKA 同定用プロトコルにより CTA と Slow infusion 造影 MRA で撮像された大動脈病変の 63 例を対象とした。

CTA は 64 列 Aquilion (Canon 社) を使用し、ヨード造影剤をポーラストラッキングで注入しながらの Dynamic 撮像を行なった。1 相目は横隔膜レベルに関心領域を設定し、2 相目は最短インターバルで撮像した。

MRI は 3.0T Discovery 750 (GE 社) を使用し、撮像 sequence は Fast 3D-Time-Of-Flight

Spoiled Gradient Recalled Echo (TOF SPGR)にて行い、以下の撮像条件を用いた [repetition time(TR)/echo time (TE) 7.1/2.3 ms、flip angle 14 度、field of view 320 × 320mm²、image matrix 388 × 388、resulting pixel size 0.8 × 0.8 mm、slice 厚 0.8 mm]。K-space 充填法は sequential 法を用いた。造影は、ガドリニウム造影剤を 0.1–0.2 mL/秒で注入しながら 3-5 分かけて撮像を行う slow infusion 法を用いた。

得られた画像は SYNAPSE Vincent を用いて解析した。AKA の同定の指標として、Bley が先述した指標を用いた。AKA が同定されないものは I、脊柱管内の血管描出のみ確認できるものは II、AKA と母血管との連続性が一部不鮮明なのが III、全て明瞭なものを IV とした。このうち、Grade III または IV で AKA が同定出来ていると認定した。

【結果】

全 63 例中、疾患内訳は大動脈解離 30 例、大動脈瘤 33 例であった。AKA 同定可能率は全症例においてそれぞれ CTA ; 71.4% 対 MRA ; 92.1% であり有意に MRA の方が高かった ($p=0.003$)。疾患別では、大動脈瘤では CTA ; 75.8% 対 MRA ; 90.9% ($p=0.099$) と有意差はなかったが、大動脈解離では CTA ; 66.7% 対 MRA ; 93.3% と有意に MRA の方が高かった ($p=0.01$)。特に、大動脈解離症例のうち AKA の母血管である肋間・腰動脈が偽腔から分岐している 7 例では、MRA では 7 例全例で同定できたが、CTA では 1 例も同定できなかった。

これらの 63 例のうち、54 例で全弓部置換・弓部部分置換術または胸部ステントグラフト内挿術による外科的治療介入を行った。大動脈瘤症例では 4 例、大動脈解離症例では 6 例で術前に AKA を同定できたために、治療範囲を縮小変更した。外科的治療介入をした 54 例のうち 1 例で不全対麻痺を生じたが、その他の症例では麻痺の出現は認めなかった。

【考察】

今回の撮像 sequence である Fast 3D-TOF SPGR は、従来の Time resolved 法とは K-space 充填法が異なる。Time resolved 法では関心領域のコントラスト中心部分から螺旋状に K-space を充填していく elliptical 法を用いる。他方、Fast 3D-TOF SPGR では収集した信号を連続性に配列して K-space を充填する sequential 法を用いる。elliptical 法では高コントラストの信号が強調され、大きな血流が明瞭に描出されるという利点があり、時間分解能が高く Dynamic 撮像に優れるが、低コントラスト領域の信号が不明瞭となる懸念がある。sequential 法では、微細領域の信号も全て明瞭化するために空間分解能が高くなるが、造影剤が十分に分布してから撮像するため、静的な画像しか描出できない。AKA は細径な血管であるため、sequential 法による空間分解能の利点が奏功した。

造影剤投与法は、緩徐に注入する slow-infusion 法を用いることで、高い Signal/Noise(S/N)比と周波数分解能を得ることができ、空間分解能のさらなる向上を得ることができた。ハード面である撮像コイルにおいては、可能な限り脊椎用コイルを用いた。

脊椎用コイルでは背中から遠ざかる上行大動脈の情報が不正確になるという不利点があるが、脊椎近傍を走行する AKA の描出においては、より境界明瞭な信号を得ることができた。

症例の臨床経過においても、術前に適した診断を得ることにより術式の変更や対麻痺予防策を追加できた症例が少なくなく、AKA の画像描出の有用性が示唆された。

いくつかの課題も考察された。Fast 3D-TOF SPGR および sequential 法は Dynamic な撮像では無いため、微細な静脈構造も全て明瞭化される。特に AKA と同様に脊髓前面に分布する大前根髄質静脈は、画像上も AKA と類似しており、診断に苦慮することがしばしば見られた。また、症例数が少なく十分なサブグループ解析が出来なかったこと、Time resolved 法と Slow-infusion 法を比較出来ていないことなども課題として残った。

【結語】

Sequential k-space 充填法を用いた Slow-infusion MRA は胸腹部大動脈疾患の術前の AKA 同定において有用性が高く、さらなる探究が望まれる。