

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 24 年 4 月 1 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2010

課題番号：19591396

研究課題名（和文） 欧米人、日本人での Adamkiewicz 動脈術前 MDCT, MRI 評価法の最適化

研究課題名（英文） Preoperative evaluation of the artery of Adamkiewicz of Japanese and European patients using MDCT and MRI

研究代表者

高瀬 圭 (KEI TAKASE)

東北大学・病院・准教授

研究者番号：60361094

研究成果の概要（和文）：

胸部下行大動脈、胸腹部大動脈の開胸手術およびステントグラフト留置術前には基本的に全例で MDCT による Adamkiewicz 動脈描出を行い、肋間動脈再検および手術法選択に応用した。MDCT での Adamkiewicz 動脈描出能が良好であり、日本人では MRI は MDCT 描出不良例に補助的に使用することが妥当と考えられた。大動脈瘤、解離症例では Adamkiewicz 動脈を栄養する肋間、腰動脈は狭窄、閉塞を合併していることが多く CT、MRI にて同定された Adamkiewicz 動脈近傍の分節動脈が責任血管となっている場合があることが分かった。胸部大動脈瘤手術時に術中冷却液環流と脊髄温度測定により脊髄動脈への側副血行動態が評価できるようになり、これらの情報を追加しさらに研究を発展させる予定である。

研究成果の概要（英文）：

Accurate localization of the artery of Adamkiewicz (AKA) is important in planning treatment of patients with thoracoabdominal aortic disease. We assessed the usefulness of three-dimensional imaging devices such as multi-detector-row helical computed tomography (MDCT) and 3 Tesla (T) MRI in the preoperative evaluation of the artery of Adamkiewicz (AKA) and its parent artery. 3T-MRA was also performed in patients whose AKA was difficult to visualize because of artifact from bony structures.

The entire length from the trunk of the intercostal/lumbar arteries to the AKA, and finally to the anterior spinal artery could be traced using cine-mode display or on curved planar reconstruction images in most of the Japanese patients. These patients were treated by open surgical treatment based on a consideration of the vascular supply to the AKA or treated by stentgraft insertion. Collateral vascular supply to AKA could be also evaluated. 3T-MRA increases success rate of visualizing AKA. MRA should be used when MDCT fails to visualize AKA.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 19 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
平成 20 年度	700,000	150,000	850,000
平成 21 年度	500,000	210,000	710,000
平成 22 年度	500,000	150,000	650,000

年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：医歯薬学

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：Adamkiewicz artery、Keyhole technique、MDCT、MRI、Radiculomedullary vein

1. 研究開始当初の背景

術後脊髄障害の予防の根幹は脊髄の循環維持であるが、このためには胸腰部の脊髄血管支配に最も貢献している Adamkiewicz 動脈の術前同定が有用である。我々は、世界に先駆けて 2002 年に Multi-detector Computed Tomography (以下 MDCT) による非侵襲的な Adamkiewicz 動脈の描出の報告を行い (Takase K et.al. Radiology 2002; 223:39-45.)、その描出能と大動脈手術における有用性を検討して来た。

2. 研究の目的

我が国で発達し、有用性が証明されつつある Adamkiewicz 動脈の MDCT, MRI による術前描出を世界的に普及させるために、日本人、欧米人での Adamkiewicz 動脈描出の差異につき検討し、画像診断に最適なプロトコル確立を目指す。

3. 研究の方法

(1) 1年目は MRI の 3T (テスラ) 装置への更新さを踏まえ、3T-MRI での最適撮像条件の設定をファントムスタディーにて決定するために細血管模擬ファントムを作成した。ファントムは、血管を模した細径チューブを配置し、その周囲をガドリニウム、食塩、寒天にて T1 値、T2 値を筋と等価に調整したゲルにて覆った

(2) 2年目から開始した臨床応用においては、造影 MRI による合併症である NSF (腎性全身性線維症) が世界的に問題となり、腎機能不良症例に倍量の造影剤を必要とする MRI による Adamkiewicz 動脈評価を多数例で行うことが困難となったため、MDCT の評価を主体として評価せざるを得なくなり、MDCT での描出不良例に MRI は限定することにした。

(3) MDCT による、胸腹部大動脈瘤症例での術前 Adamkiewicz 動脈評価は描出能の検討に加え、大動脈瘤置換術後、ステントグラフト留置術における Adamkiewicz 動脈描出の意義、手術成績への寄与を解析した。

(4) 胸部下行大動脈、胸腹部大動脈の開胸手術およびステントグラフト留置術前には基本的に全例で MDCT による Ada

mkiewicz 動脈描出を行い、肋間動脈再検および手術法選択に応用した。

術後の Adamkiewicz 動脈評価も引き続き可能な限り行い、術前後の脊髄血流につき評価した。

微細血管描出技術が副腎静脈、気管支動脈、食道動脈等の微細血管にも応用可能なことが発見され、東北大学 global COE (ナノ医学) のプログラムにも組み入れて、それらの臨床応用の解析も並行して行うこととなった。

4. 研究成果

細径血管には 40%以上の Keyhole factor が適当の結論を得、国際学会にて発表した。ボランティアでの画像化にも成功した。

ステントグラフト留置術後は、側副路により Adamkiewicz 動脈への血流が保たれ、脊髄血流が保たれることが多数例で確認された。

胸腹部大動脈 36 名での解析結果は以下の通りである。

対象

36 人の連続した手術ないしステントグラフト挿入により治療された胸腹部大動脈病変を有する患者 (胸部大動脈瘤 14 名、動脈解離 22 名) を対象とした。大動脈置換術は 25 名で施行され、stentgraft 挿入は 11 名で施行された。男性 32 名、女性 4 名、34-77 歳、平均 56.1

歳であった。全例から造影 CT へのインフォームド・コンセントを事前に得た。

放射線画像

CT は Aquilion の 16 列検出器の MDCT (東芝、東京、日本) でした。以下のパラメタでスキヤンを行った：0.5 秒/1 回転、0.5mm コリメーション、合計スキヤン時間 20 秒間。

130-150ml の造影剤 (Iopamiron、シェーリング、ベルリン、ドイツ; 370 mgI/ml) を 4.0-4.5ml/s の注入 rate で前腕皮静脈から注入しながらスキヤンを施行した。適当な前腕皮静脈を見つけることができない場合は、右の外頸静脈を確保した。スキヤン開始は automated triggering system を (SureStart、

東芝 Medical Systems)を使用した。大動脈内に設定したROI内のCT値を低投与量CT透視(120kV、50mA)にてモニターし、ROI内のCT値を1秒に3回測定した。そして、CT値が3回連続して閾値(85HU)に達したとき、スキャンが開始する設定とした。

短軸画像は0.3mm間隔、0.5mmスライス厚で再構成されました。Adamkiewicz動脈の評価において、大動脈と脊椎周囲に絞った拡大再構成を行った。

画像評価は独立したワークステーション(Zio M900Quadra、アミン、東京、日本)を使用した。拡大しない再構成画像は大動脈全体の評価に使用した。曲面再構成画像(CPR)は、前脊髄動脈、Adamkiewicz動脈、およびその親動脈である肋間または腰動脈をできるだけ長い距離にわたってたどることができるように再構成した。また、3T-MRAはAdamkiewicz動脈が骨からのartifactのために骨組織と分離するのが難しかった症例で実行された。(図1)

以下のポイントを評価した。:

1. Adamkiewiczの動脈の高さと左右の区別。
2. 前方の背骨の動脈、肋間部/腰動脈、後枝からAdamkiewiczの動脈の連続性。
3. Adamkiewiczの動脈から分岐する肋間部/腰動脈の開存性。

結果

36人の患者(91.7%)のうち33人では、脊柱管内のAdamkiewiczの動脈は明確に描出されました。起始部のレベルと動脈の起始動脈の左右側の同定が可能であった。胸部大動脈瘤を伴う3人の患者では、Adamkiewiczの動脈は描出されなかった。これらの症例では、前脊髄動脈の描出も不十分だった。36人の患者のうち29人(80.1%)では、肋間/腰動脈とその後枝からAdamkiewiczの動脈、さらに前脊髄動脈への連続性を追跡することができた。その他の7人の患者のうち2人では、連続性はMRI(図1)によって描出された。その他、患者では、明確に肋間部/腰動脈の後枝とAdamkiewicz動脈の連続を描出できなかった。13例では、AKAの親動脈は閉塞していた(図2)。

大動脈置換手術を受けた25人の患者では、肋間動脈はAdamkiewiczの動脈のCT情報に基づいて再建された。動脈解離の2人の患者が不全対麻痺を呈した

AKAの起始部はstentgraft挿入を受けた11名の患者のうち8人ではstentgraftにより完全にcoverdされたが、ステントグループでは脊髄合併症は生じなかった。これらの8人の患者では、AKAはstentgraft挿入の後にMDCTにより、側副路経由で描出されていた(図3)。

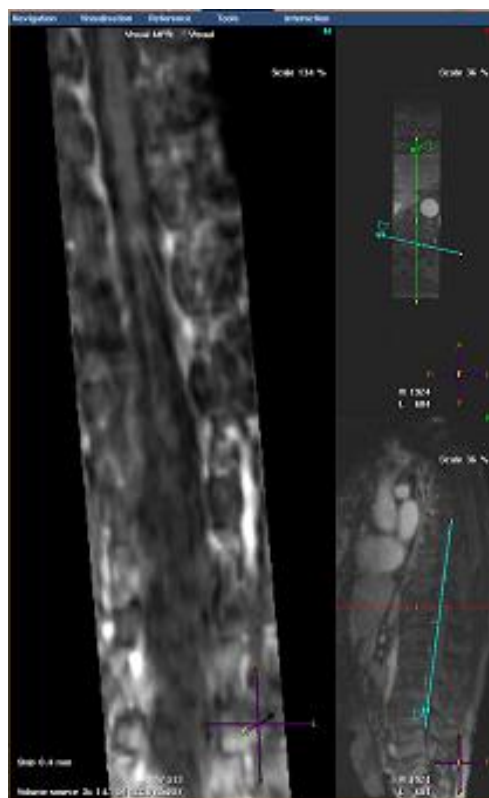


Figure 1. MRI image using Keyhole technique demonstrates the artery of Adamkiewicz and the anterior spinal artery. Because of the high temporal resolution, the artery of Adamkiewicz can be distinguished from the radiculomedullary vein.



Figure 2. Curved planar image along the intercostal artery through anterior spinal artery shows the intercostal artery, its posterior branch, the artery of Adamkiewicz and the anterior spinal artery. The origin of the intercostal artery is occluded due to thick mural thrombus of thoracoabdominal aortic aneurysm.

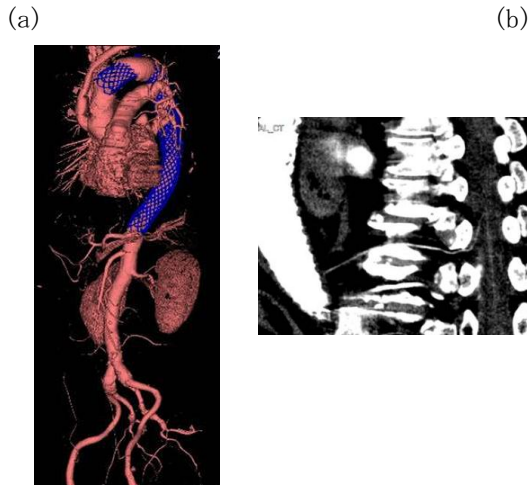


Figure 3. MDCT after stentgraft insertion to thoracic aorta. (a): Stent graft can be seen from the aortic arch through the thoracoabdominal aorta by volume rendering image. (b): Curved planar reformation image shows the intercostal artery, its posterior branch, the artery of Adamkiewicz, and the anterior spinal artery. Although the origin of the intercostal artery is covered with the stentgraft, the blood flow to the spine is maintained by collateral circulation to these arteries.

考察

術前に再建すべき肋間動脈を同定できることは、手術計画をたてる上でも手術遂行上でも有利である。選択的血管造影による Adamkiewicz 動脈の術前同定の有用性も報告されているが、選択的血管造影による合併症の可能性も少なからずあり、胸腹部大動脈瘤

や解離等を有する症例では肋間動脈、腰動脈の造影自体が実際的にはほぼ不可能である。術前に血管造影にて Adamkiewicz 動脈の同定を行っている施設はごく少数であった。最近、MRI や MDCT による非侵襲的な Adamkiewicz 動脈の描出の報告がなされ、その手術に対する有用性の報告も見られるようになり、Adamkiewicz 動脈術前評価の意義が再び検討されている。

術後対麻痺発生には、Adamkiewicz 動脈再建の有無だけでなく、術中の動脈遮断時間、術中還流方法、脊髄血流動態の個人差等多数の要因が関係していると考えられる。しかし、Adamkiewicz 動脈の起始部を術前に知っておき、その支配血管である肋間あるいは腰動脈のみを再建することは術中遮断時間の短縮にもなるし、術後の Adamkiewicz 動脈の確実な血流保存にもつながる有効な方法と思われる Adamkiewicz 動脈が動脈置換範囲外にあることがわかっているならば、肋間動脈の再建を省略して手術時間を短縮できる。また、その動脈のレベルに術中灌流を行うことで術中の脊髄虚血を最小限に抑えることも検討されている。動脈置換範囲内から Adamkiewicz 動脈が起始していれば予め再建すべき肋間動脈が分かっているため、可及的に多くの肋間動脈を再建する術式に比べて手術時間を短縮できる。術中動脈遮断時間が術後合併症に影響するため、これを短縮できることは大きな merit である。

上記のような利点があるが、実際に同一施設で、術前に MRA による Adamkiewicz 動脈同定ができ、そのレベルの肋間動脈のみを再建した症例では、術前同定を施行せずにも可及的に多くの肋間動脈を再建した症例よりも、有為に合併症を低下できたとする報告も見られる。

これらとは対照的に Griep らは、somatosensory-evoked potentials の術中モニタ下に、問題のない肋間動脈を結紮し、他を再建する方針で手術を進めていくと、結果として肋間動脈を再建の必要な症例は無かったとしている。それでも 10 分節以下の置換では脊髄合併症は無く、10 分節以上置換の 21 例中 2 例で対麻痺が起り、全体の対麻痺発生率は 2% だったとしている。この結果から前脊髄動脈は血行動態的に 1 本の Adamkiewicz 動脈には依存していないのではないかと彼らは考察している。

Adamkiewicz 動脈の術前診断と手術成績との関連は未だ controversial である。非侵襲的な Adamkiewicz 動脈評価法が確立して日が浅いことも原因であろう。Griep らでさえも MDCT 登場前の 1996 年の上記報告の discussion で安全な Adamkiewicz 動脈術前同定法の登場を望んでいる。

MRI に先行して撮影する MDCT での Adamk

iewicz動脈描出能が良好なため、MRIの臨床応用件数は64列MDCTの進化により日本人では大部分がMDCT評価にて十分ではないかと考えられ、MRIは補助的な検査と考えられる。しかし、体格の違いから欧米人ではCTによる描出率は依然不良で、CTによる術前大動脈全体像評価に加えAdamkiewicz動脈描出を目的としたMRI検査を別個に行う必要があると考えられた。

今後は、他施設共同研究の、「脊髄障害防止の観点から見た胸部下行・胸腹部大動脈瘤外科治療ないしはステントグラフト治療体系の確立」JASPER; Japanese study of Spinal cord Protection in descending and thoracoabdominal Aortic Repairのプログラムに当院心臓血管外科と共に参加しさらに研究を発展させる予定である。

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7件)

1. Kei Takase Simultaneous Evaluation of the Whole Aorta and Artery of Adamkiewicz Annals of Vascular Diseases 2011;4:271-285 査読有
2. Morita Y, Takase K. Preoperative three-dimensional simulation of bronchial artery anatomy using multi-detector row computed tomography. Radiology 2010 ;255:934-943 査読有
3. 高瀬 圭 CT・MRI の読影に必要な局所解剖 —Adamkiewicz 動脈—臨床画像 2009 25. 424-427 査読無
4. Matsuura T, Takase K. Ota H, Yamada T, Sato A, Satoh F, Takahashi S. Radiologic anatomy of the right adrenal vein: preliminary experience with MDCT. AJR Am J Roentgenol. 2008 ;191:402-408. 査読有
5. Itou D, Takase K [Use of the keyhole technique for 3.0T MRI dynamic imaging]. *Nippon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi* 2008 64 : 1562 - 1567 査読有
6. 森田佳明, 高瀬圭, 心臓大血管のCT診断 12-31 : In 血管イメージング-大動脈末梢血管- 天沼誠編 2008 羊土社 査読無
7. 高瀬 圭, 大平未佳. 高齢者における画像診断、脈管系—大血管、末梢血管—. *日独医報*. 2007 :42; 135-138. . 査読無

[学会発表] (計8件)

1. Takase K. Development of new adrenal venous catheters based on bio-imaging of fine adrenal veins. --For successful management of primary aldosteronism patients. "SMART-Tohoku GCOE joint Workshop on Micro & Nano Bioengineering 2010. 1. 12 Singapore
2. Takase K. Multidetector-row computed tomographic evaluation of the fine vascular structures 9th International symposium of gCOE 2009. 12. 28 Sendai
3. 高瀬 圭 副腎静脈サンプリング 第68回日本医学放射線学会 シンポジウム 2009. 4. 18 横浜
4. Takase K. Evaluating spinal vessels and the artery of Adamkiewicz using 3-dimensional imaging International congress of biomedical Engineering 2008. 12. 7 Singapore
5. 高瀬 圭 MDCTによる胸痛 triple rule out : 大動脈解離 : 44回日本医学放射線学会秋季臨床大会 教育講演 2008. 10. 23 郡山
6. 高瀬 圭 術前術後における画像診断のポイント : 大血管 : 東京 heart imaging club 教育講演 2008. 10. 11 東京
7. 高瀬 圭 大動脈解離の画像診断第67回心臓血管放射線研究会 教育講演 2008. 7. 5 札幌
8. Takase K. How to Use Keyhole Technique for 3T MR Angiography: Basic Principles, Optimization of Scanning, and Clinical Application RSNA 2007 Chicago 2007. 11. 25

[図書] (計2件)

1. Yamaguti T, Takase K. et.al Nano-biomedical engineering 2012 P211-221, Imperial College Press
2. Takahashi S, Takase K. Nijenhuis R et.al. Neurovascular Imaging MRI & Microangiography :Springer 2010 P451-463

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

http://www.radiol.med.tohoku.ac.jp/Diagnostic_radiology/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高瀬 圭 (TAKASE KEI)
東北大学・病院・准教授
研究者番号：60361094

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者