

AMCoR

Asahikawa Medical College Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

血圧 (2002.01) 9巻1号:115～119.

高血圧の画像診断 高血圧の診断に用いられる画像診断の進歩

秀毛範至、油野民雄

連載 一第1回一 高血圧の画像診断

高血圧の診断に用いられる画像診断の進歩

秀毛範至 油野民雄

旭川医科大学放射線科

はじめに

近年の各種医用画像撮像機器およびこれにかかわる周辺領域の進歩により、従来は画像化することが困難であった生態情報を、各種画像として臨床の場に供給しうることになった。とりわけ、CT、MRIにおいては、広範囲高速撮像が可能となり、空間的分解能のみならず、時間的分解能の向上もたらされた。これらの進歩は、従来は、心拍、呼吸による動きに追従できず適用が困難であった心、血管領域への適用を拡大しつつある。また、解剖学的情報のみならず、臓器の機能的情報の画像化も可能になりつつある。核医学、超音波においては、形態的情報ではCT、MRIに劣るものの、機能的情報が簡便に得られる点においてすぐれ、CT、MRIと相補的に使用されている。高血圧の診断におけるこれらの画像診断の役割は、2次性高血圧の診断、標的臓器障害の診断、および重症度評価であるが、非侵襲的に形態ならびに機能情報が得られる画像診断の臨床的意義は大きい。本稿では、各画像診断モダリティ（CT、MRI、核医学、超音波）の最近の進歩と高血圧における病態診

断への応用について概説する。

1. CT

従来からのスリッピング方式による螺旋軌道連続データ収集法にあわせて、多列検出器CTの出現により、広範囲を短時間でスキャンすることが可能となった。現存の機器では、スライス厚は最小で0.5 mm、1回転スキャン時間0.5秒が可能であり、4列の検出器を備えた機種の場合、1回転で2 cmの幅をカバーすることができる。体軸方向の分解能の向上により、画素サイズは、体軸方向と横断面で等しく設定することができ、MRIのような任意の斜断面画像を作成することが可能となった。また、空間分解能の向上に加えて、1回スキャン範囲の拡大と時間分解能の向上は、CT血管造影法の精度を向上させ、脳、頸動脈のみならず、心、大血管領域における有用性が増している（図1）。また、電子線CTを用いれば、数10ミリ秒でのスキャンが可能であり、とくに心臓領域での冠血管の評価や心筋の評価に有用性が報告されている。

2次性高血圧の診断におけるCTの

意義としては、副腎の評価ならびにCT血管造影による、大動脈、腎血管の評価があげられる。副腎腺腫の診断においては、副腎の形態、サイズのほか、腺腫内の脂肪の存在を検出することが重要であるが、これには、CT値による評価が有用である。しかし、機能に関する情報は少なく、クッシング症候群においてCT上の副腎脚サイズと副腎ホルモン値とのあいだには相関が認められるものの、30%は正常サイズであったという報告もある¹⁾。CT血管造影による腎血管の評価は、腎血管性高血圧のスクリーニングとして有用性が高い。CT血管造影による腎血管狭窄の評価では、50%以上の腎動脈狭窄の検出感度、特異度は、それぞれ90、97%であったという報告がある²⁾。また、時間分解能にすぐれる電子線CTを用いれば、腎血流を皮質、髄質に分けて評価可能であり、これらの血流パターン解析は、腎血管性高血圧の診断に有用性が期待されている³⁾。標的臓器障害の評価としては、虚血性心疾患、脳血管障害、頸部内頸動脈狭窄、大動脈病変など、おもに血管病変の評価におけるCT血管造影の有用性が報告されている。脳血管障害の診断においては、

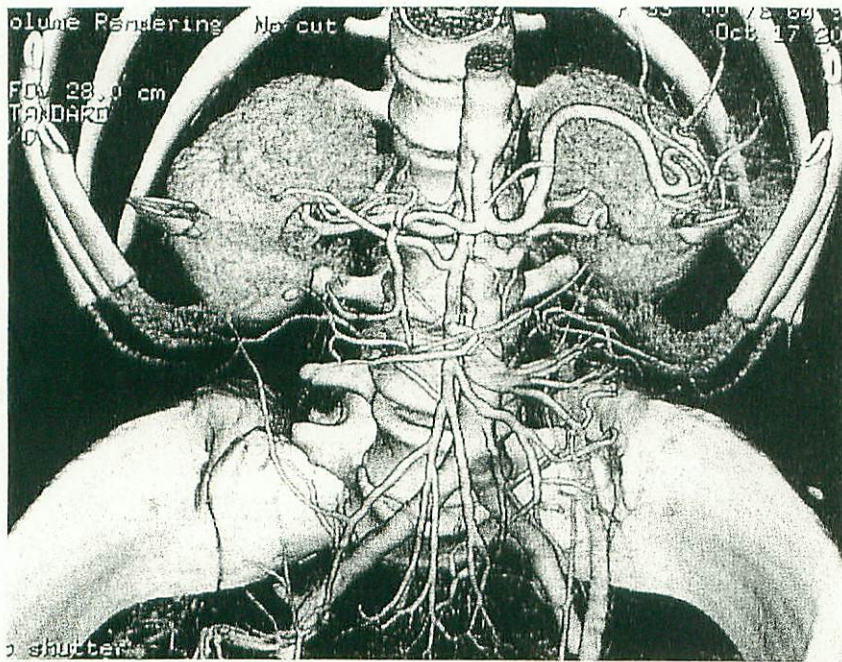


図 1. 多列検出器 CT による大動脈造影 3 次元画像

スライス厚 1.25 mm, ピッチ 7.5 mm, 1 回転スキャン時間 0.5 秒により収集された 3 次元データのボリュームレンダリングによる 3 次元画像 (GE Medical Systems 提供)

造影剤を使用した灌流 CT により脳血流の定量評価も可能である。頸部内頸動脈狭窄のスクリーニングとしての CT 血管造影の有用性は高く、50%以上の中～高度の狭窄の検出に関しては、感度、特異度は、ほぼ 100%であり、超音波検査、MR 血管造影よりもすぐれている⁴⁾。虚血性心疾患のスクリーニングには、電子線 CT や多列検出器型 CT による冠動脈の石灰化の検出が有用であるが⁵⁾、ヨード造影剤を使用した CT 冠動脈造影の精度も向上してきており、この領域における CT の役割は今後さらに拡大するものと思われる⁶⁾。

2. MRI

回転磁石の性質をもつプロトン (スピン) は、高磁場中においては、回転軸が磁場の方向に整列した状態にあ

る。この状態で、一時的にスピンと同じ周波数の電磁波を照射すると、回転軸の向きが変化し(核磁気共鳴)、やがてスピンの回転軸はもとの磁場の方向に戻る(緩和)。このとき、プロトンから放出される信号(電磁波)を受信し、その周波数、位相、振幅から画像を作成するのが MRI の画像作成原理である。画像上の組織のコントラストは、組織の性質、磁場の性質、照射する電磁波(パルス)により変化する。パルスの与え方、信号をとるタイミングを工夫することにより、緩和に要する時間を反映した画像や、プロトンの密度、拡散、流動を反映した画像を作成することが可能である。最近の MRI 撮像機器は、コイルの性能向上により、均一性の高い磁場や強い傾斜磁場の生成が可能となり、データ収集法やパルス系列の工夫とあいまって、画質の向上のみならず高速撮像が可能となった。

この撮像の高速化は、息止め撮像、心拍、呼吸同期撮像を可能にし、従来問題となっていた対象臓器の動きによるアーチファクトを低減させ、体幹部における MR 血管造影や造影剤を使用した動態撮像の画質を向上させた(図 2)。

MRI の 2 次性高血圧の診断における意義としては、副腎腺腫の診断、大動脈病変の診断、腎血管性高血圧における腎血管病変の診断における有用性があげられる。副腎腺腫の診断においては、腺腫内の脂肪成分の存在を証明することが重要であるが、少量の脂肪性分を、水と脂肪の共鳴周波数の差(ケミカルシフト)を利用して検出可能である。また、造影ダイナミック MRI における、はけ状の造影パターンが腺腫に特徴的であり、診断に有用と報告されている⁷⁾。腎血管性高血圧の診断においては、腎血管病変の検出に MR 血管造影がスクリーニング検査として有用である。従来の造影剤を用いない方法よりも、少量のガドリニウムキレート造影剤を用いて、動脈相にタイミングをあわせて高速撮像をおこなう方法のほうが血管描出能がよい。ガドリニウムキレート造影剤を使用した MR 血管造影は、通常の血管造影にかわる方法として期待されているが、現状では狭窄血管の検出感度は高いものの、狭窄部の過大評価が問題であり偽陽性に注意が必要である⁸⁾。このほかにも、本態性高血圧の原因の 1 部と考えられている延髄腹外側部の血圧調節中枢の脳血管による圧迫の検出に MRI の有用性が期待されるが⁹⁾、この種の高血圧のスクリーニング検査としての意義は MRI にはないという報告もあり¹⁰⁾、現状では必ずしも一致した見解は得られていない。標的臓器障害の評価としては、MRI は、脳血管障害の診断において、脳実質、血管病変の双方

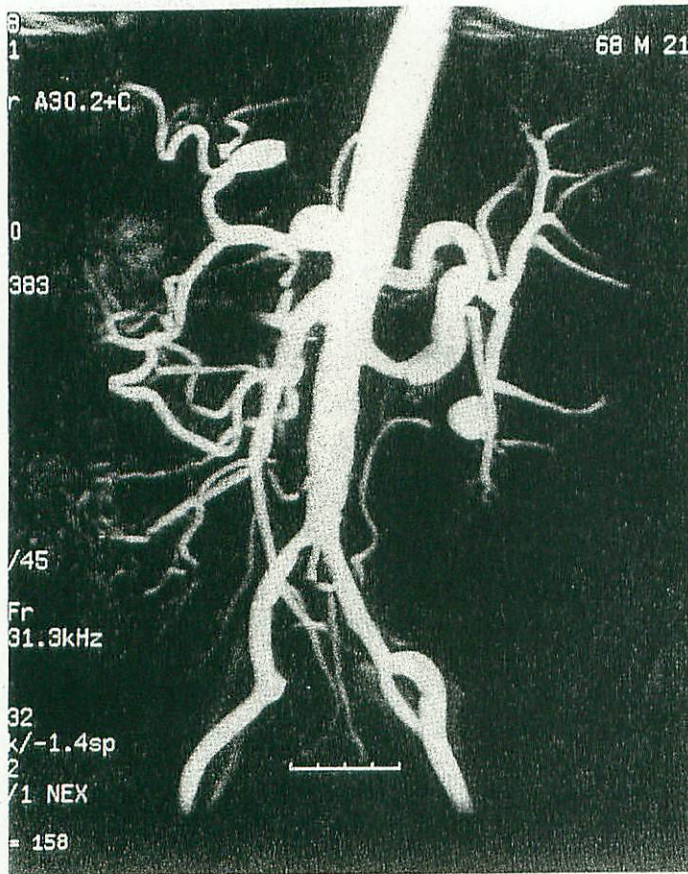


図 2. MR 大動脈造影

TR/TE=6.1/1.3, Flip angle=45°, 3 D gradient echo 法によるガドリニウムキレート造影剤使用, 息止め撮影による MR 血管造影画像 (GE Medical System 提供)

の評価にきわめて有用である。MR 血管造影による脳動脈、頸部動脈の狭窄程度の評価はもとより、ガドリニウムキレート使用による灌流画像や拡散強調画像による急性期脳梗塞巣の検出はとくに有用性が高い。拡散強調画像は、CT や MRI T2 強調画像よりも鋭敏に急性期脳梗塞巣を検出することができ¹¹⁾、灌流画像と組みあわせて急性期脳梗塞の再灌流治療の適応決定に役立つ¹²⁾。脳以外では、高速撮像が可能となったことから、CT 同様に心臓領域での応用が期待されている。MR 血管造影による冠動脈病変の評価のみなら

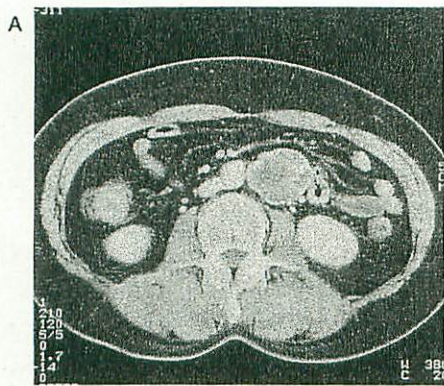
ず、心筋血流、心室壁運動評価や MR スペクトロスコピーによる心筋代謝の評価も可能である¹³⁾¹⁴⁾。このほか、MR 血管造影による末梢血管病変の評価にも有用性が期待されている¹⁵⁾。

3. 核医学

核医学は、画像の空間分解能では CT, MRI に劣るものの、各種放射性トレーサを用いて臓器機能に関する情報を画像化するものであり、非侵襲的かつ定量的に臓器機能の評価が可能である。核医学においても、撮像機器の性

能向上による分解能の向上、画像のコントラストや定量性に影響する散乱線、光子吸収の実用的な補正法の開発、動きによるアーチファクトの補正アルゴリズムの導入、SPECT 再構成アルゴリズムの工夫などにより、画質は向上している。

2 次性高血圧診断における核医学検査の意義は、副腎皮質機能異常の診断、褐色細胞種の診断、腎血管性高血圧の診断が上げられる。副腎皮質機能の評価には、従来よりヨードコレステロール製剤である I-131 アドステロールが、原発性アルドステロン症、クッシング症候群などの局在診断に使用されている。とくに、偶然種の評価では、集積が高いものは将来的に機能亢進症状を呈してくるものが多く、統計学的に有意なリスク因子となるという報告があり¹⁶⁾、偶然種の治療方針決定に有用と考えられる。褐色細胞種の診断には、CT, MRI による形態診断に加えて I-131 メタヨードベンジルグアニジン (MIBG) を用いると特異度の高い診断が可能である¹⁷⁾。MIBG は、ノルエピネフリンの類似物として交感神経終末に集積する性質をもち、副腎髄質腫瘍である褐色細胞種にはよく集積する(図 3)。腎血管性高血圧の診断には、カプトプリル負荷腎動態シンチグラフィが有用である。病態生理学的に有意な狭窄側の決定、腎血行再検術の治療効果予測を目的とする。本検査で陽性を示す症例の約 90% が血行再建術後に血圧改善を示すことが知られている。標的臓器障害の評価法としては、脳血管障害においては脳単一光子放出コンピュータ断層撮影 (SPECT)、虚血性心疾患や高血圧性心疾患においては各種心臓核医学検査が用いられている。脳 SPECT では、脳血流 SPECT による急性期脳梗塞における虚血の程度と



I-131 MIBG (48hr) POST. ABDOMEN B

図 3. 異所性褐色細胞腫

造影 CT 上、辺縁部濃染される傍大動脈の腫瘤 A に I-131 MIBG の高度の集積が認められる B

広がりの把握や、アセタゾラミド負荷による血行力学性脳虚血における血管予備能の評価が治療方針の決定に有用である¹⁸⁾¹⁹⁾。また、中枢性ベンゾジアゼピン受容体に対するリガンドを用いた神経細胞障害の評価も脳血管障害の治療方針決定に有用性が期待される²⁰⁾。心臓核医学検査では、血流のみならず、I-123 ヨードフェニルメチルペンタデカン酸 (BMIPP) を用いた心筋脂肪酸代謝や I-123 MIBG を用いた心交感神経機能 (I-123 MIBG) の評価が、一般臨床の場で可能となった。また、心拍同期 SPECT の普及により、血流と心機能の同時評価もおこなわれている。これらの心臓核医学の進歩は、虚血性心疾患や高血圧性心疾患の診断、病態の解明、治療方針の決定に役だっている²¹⁾²²⁾。

4. 超音波

超音波検査は、非侵襲的に解剖学的情報と血流情報がリアルタイムに得られる利点があり、おもにスクリーニン

グ検査として用いられてきた。最近の超音波診断装置は、機器の性能向上とともにハーモニックイメージング法や超音波造影剤の導入により、空間および時間分解能、組織コントラスト、血管描出能の向上が得られている²³⁾。これらの進歩により、従来のカラードプラーやパルスドプラー法と合わせて、より詳細な血流情報の解析が可能となった。超音波検査の 2 次性高血圧の診断における意義は、副腎腫瘍の検出、腎血管性高血圧の診断における腎血管の評価があげられる。これらの診断においては、描出能にすぐれる CT, MRI のほうが診断精度は高いものの²⁴⁾、簡便性、血流動態に関する情報が得られる点においては超音波検査がすぐれ、スクリーニング検査としての価値は高い。また、高血圧の標的臓器障害の評価においても頸部内頸動脈、心、腎の評価に利用されており、高血圧患者のリスクの層別化に有用性が報告されている²⁵⁾²⁶⁾。

おわりに

画像診断機器の進歩は、画像が提供する情報量の飛躍的な増加をもたらした。CT, MRI は、もはや形態的情報のみにとどまらず、機能的情報を提供するモダリティへと進化しつつある。今後、多列検出器 CT の検出器数のさらなる増加や高磁場 MRI の登場により、この傾向はいつそう強まるものと思われる。核医学は、従来より血流、代謝に関する機能的情報を提供してきたが、定性的情報に関しては、CT, MRI でもある程度得られる時代となり、今後はさらに機能的情報の定量精度向上が期待される。また、CT, MRI ではいまだ得られない受容体や各種代謝画像の一般臨床への普及が望まれる。超音波は、その簡便性からスクリーニング検査として用いられてきたが、画質の向上、高い時間分解能、そして超音波造影剤の登場により、その適用範囲はさらに広がると思われる。高血圧の診断におけるこれらの画像診断法の重要性は、今後ますます高くなると思われるが、1つの情報を複数のモダリティから得られる時代となり、今後は各モダリティの効率の良い使い分けを検討していかなければならないであろう。

文献

- 1) Sohaib SA *et al*: *Am J Roentgenol* 172: 997, 1999
- 2) Kim TS *et al*: *J Vasc Interv Radiol* 9: 553, 1998
- 3) Romero JC *et al*: *Semin Nephrol* 20: 456, 2000
- 4) Randoux B *et al*: *Radiology* 220: 179, 2001
- 5) Stanford W *et al*: *Radiol Clin North Am* 37: 257, 1999
- 6) Achenbach S *et al*: *N Engl J Med* 339: 1964, 1998

- 7) Chung JJ *et al* : *J Magn Reson Imaging* **13** : 242, 2001
- 8) Marcos HB *et al* : *Semin Nephrol* **20** : 450, 2000
- 9) Gajjar D *et al* : *Hypertension* **36** : 78, 2000
- 10) Johnson D *et al* : *Neuroradiology* **42** : 99, 2000
- 11) Beauchamp NJ *et al* : *Radiographics* **18** : 1269 (discussion 1283), 1998
- 12) Ozsunar Y *et al* : *Top Magn Reson Imaging* **11** : 259, 2000
- 13) Wielopolski PA *et al* : *Eur Radiol* **10** : 12, 2000
- 14) Lamb HJ *et al* : *Circulation* **99** : 2261, 1999
- 15) Ho KY *et al* : *Eur Radiol* **9** : 1765, 1999
- 16) Barzon L *et al* : *J Clin Endocrinol Metab* **84** : 520, 1999
- 17) Berglund AS *et al* : *J Intern Med* **249** : 247, 2001
- 18) Nakano S *et al* : *Neurosurgery* **47** : 68 (discussion 71), 2000
- 19) Kim JS *et al* : *J Nucl Med* **41** : 1836, 2000
- 20) Heiss WD *et al* : *Brain* **124** : 20, 2001
- 21) Kuwahara T *et al* : *J Nucl Med* **39** : 1486, 1998
- 22) Corbett JR : *Semin Nucl Med* **29** : 237, 1999
- 23) Grant EG : *Semin Ultrasound CT-MR* **22** : 25, 2001
- 24) Leung DA *et al* : *Hypertension* **33** : 726, 1999
- 25) Cuspide C *et al* : *J Hypertens* **19** : 375, 2001
- 26) Galesic K *et al* : *Angiology* **51** : 667, 2000