

## 第 28 回埼玉放射線学術大会 優秀賞受賞者論文

80 列 CT 装置における心臓 CT 被曝低減に向けた基礎的検討

所沢ハートセンター 柴 俊幸

2 管球システムを用いた撮影プロトコルの物理特性評価

埼玉県済生会川口総合病院 豊田 奈規

## 「80列 CT 装置における心臓 CT 被曝低減に向けた基礎的検討」

所沢ハートセンター

柴 俊幸

### 1. 背景

#### 1-1 はじめに

心臓 CT は、1998 年に登場した 4 列の検出器を持つ Multi Detector-row CT (MDCT) から 8 列を経て、16 列 MDCT が登場したことで臨床での撮影が可能となった。2004 年に 64 列への発展を遂げた MDCT の普及や、様々な心臓 CT 関連アプリケーションおよびワークステーションの開発により、検査数は増加の一途を辿り、検出器の列数増加を求める時代を経て、各機器メーカーは心臓領域に向けた発展を進めた。

#### 1-2 心臓 CT の被曝

心臓 CT は従来冠動脈評価に用いられていた冠動脈造影に比べ、外来検査で行えることから低侵襲な検査とされるものの、被曝線量に関しては冠動脈造影が 3～6mSv と報告されているのに比べ、64 列 MDCT による心臓 CT では男性で 13～15mSv、女性で 18～21mSv と多いことが指摘できる。被曝線量は機器や撮影条件により大きく変わるものの、現在広く普及している 64 列 MDCT での心臓 CT の被曝線量は高い現状にある。

#### 1-3 心臓 CT における被曝低減機構

心臓 CT の被曝低減機構は機器により様々である。撮影方法においては広い Coverage を生かした機種による Conventional Scan や、再構成に必要な心位相だけに高線量を照射する Modulation 機能、事前の心電図を元に、不要な心位相に照射を行わない Prospective Gated Scan などがある。再構成方法では、近年開発が進んでいる逐次近似再構成 (iterative reconstruction : IR) 法や、それを応用した再構成方法が被曝低減に有用であると考えられ、臨床応用に期待ができる。しかし従来より、画質安定化に用いられ被曝低減にも有用とされてきた CT 用自動露出機構 (CT Auto Exposure Control:CT-AEC) が心電同期撮影という特異性を持った心臓 CT には使用できない現状があった。

#### 1-4 心臓 CT における CT-AEC と AIDR3D

東芝メディカルシステムズ社製 CT では IR 法応用再構成法を Adaptive Iterative Dose Reduction 3D (AIDR 3D) と呼ぶが、同社製 80 列 MDCT Aquilion PRIME において、この AIDR 3D が心電同期および CT-AEC を併用し使用することが可能となり、心臓 CT における更なる被曝低減に期待ができる。

#### 1-5 AIDR 3D の連動 Scan 方法

AIDR 3D の設定は Scan の前後で任意に設定することが可能である。

##### (a) Prospective 法

Scan 前に、再構成時に使用する任意強度の AIDR 3D の設定を行う。これにより、CT-AEC は AIDR 3D を加味した画像 SD を目指して動作する。Prospective 法により、被曝線量の低減は可能であるが、Original 画像の画質は従来より低下する。

##### (b) Retrospective 法

Scan した Original 画像に対して任意強度の AIDR 3D を選択し再構成を行う。CT-AEC は従来通りの使用方法となるが、AIDR 使用により画質を向上させることが可能となる。

### 2. 目的

心臓 CT の被曝低減を目的とし、CT-AEC と AIDR 3D を使用した場合に画質への影響とその動作特性は事前に把握する必要がある。今回の検討ではまず、非心電同期時の AIDR 3D の画像 SD の変化を検討した後、心電同期下において CT-AEC を用い、非心電同期時と同等の画像 SD 得られるかを検討し、今後、被曝低減を目的とし、AIDR 3D 及び心電同期下 CT-AEC を用いたプロトコルが心臓 CT 検査で構築可能かの基礎的検討を目的とする。

表1：非心電同期下 AIDR 3D 評価の撮影条件

Scan Protocola	
kV	120
SD setting AEC (+)	10.0
s/rot	0.35
Kernel	FC13
Pitch Factor	1.02
Image Slice	5.0mm
Recon Interval	5.0mm
DFOV	200

表2：心電同期 CT-AEC 評価の撮影条件

Scan Protocol	
kV	120
SD setting AEC (+)	15.0
s/rot	0.35
Kernel	FC13
Pitch Factor	1.02
Image Slice	5.0mm
Recon Interval	5.0mm
DFOV	200

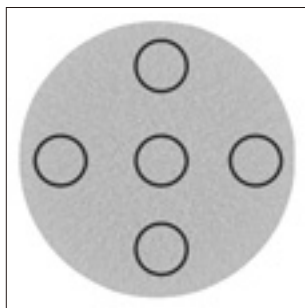


図1：画像 SD 測定方法

### 3. 方法

#### 3-1 非心電同期下での AIDR 3D の評価

Prospective 法、及び Retrospective 法による AIDR 3D の基礎的な評価を行う。

##### 3-1-1 使用機器

CT 装置は Aquilion PRIME（東芝メディカルシステムズ社製）を用い、円形水ファントム（直径 250mm）を撮影する。

##### 3-1-2 撮影条件および測定方法

表1に示す撮影条件下において撮影したファントム画像を Original 画像（ORG）とし、以下の(a)～(c)の条件で画像 SD を測定、比較する。なお、画像 SD の測定は5点測定法とし、その平均値を測定値として用いる（図1）。また Prospective 法において ORG に対する AIDR 3D（WEAK、MILD、STD）の CTDI vol. を比較し線量低減率を求める。

#### 3-1-3 画像 SD の比較対象

##### (a) Prospective 法の画像 SD 比較

CT-AEC の設定は SD10 のまま、Prospective に AIDR 3D（WEAK、MILD、STD）を設定し撮影を行う。

##### (b) ORG に対する Retrospective 法の画像 SD 比較

ORG に対し、Retrospective 法にて AIDR 3D（WEAK、MILD、STD）を設定し再構成を行い、画像 SD を比較する。

##### (c) STD に対する Retrospective 法の画像 SD 比較

Prospective 法にて STD を設定し、円形水ファントムを表1と同条件下で撮影を行ったものを STD-ORG とし、この画像に対し AIDR 3D（WEAK、MILD、STD）を Retrospective 法にて設定し画像 SD の比較を行う。

#### 3-2 心電同期下の CT-AEC の動作評価

CT-AEC の評価とし、非心電同期下にて撮影したファントム画像に対し、心電同期下にて撮影したファントム画像の画像 SD を測定し比較、検討を行う。

##### 3-2-1 使用機器

CT 装置は Aquilion PRIME（東芝メディカルシステムズ社製）を用い、凸型アクリルファントムを撮影する。

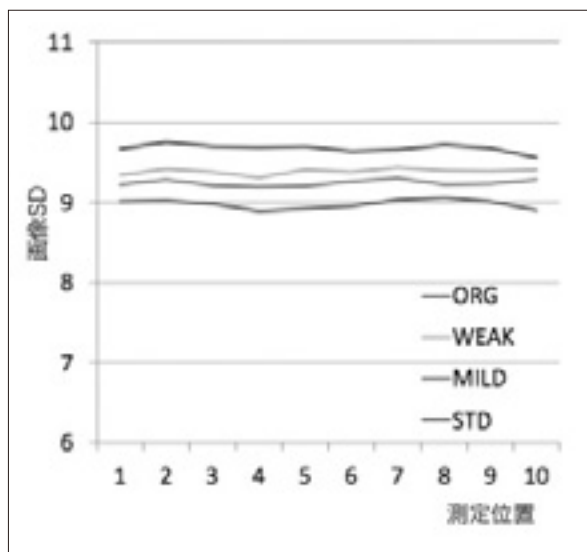


図2：Prospective法の画像SD

表3：Prospective法の画像SD改善率

AIDR 3D	画像SD	改善率
ORG (-)	8.98	0%
WEAK	9.39	- 4.6%
MILD	9.24	- 2.9%
STD	9.67	- 7.6%

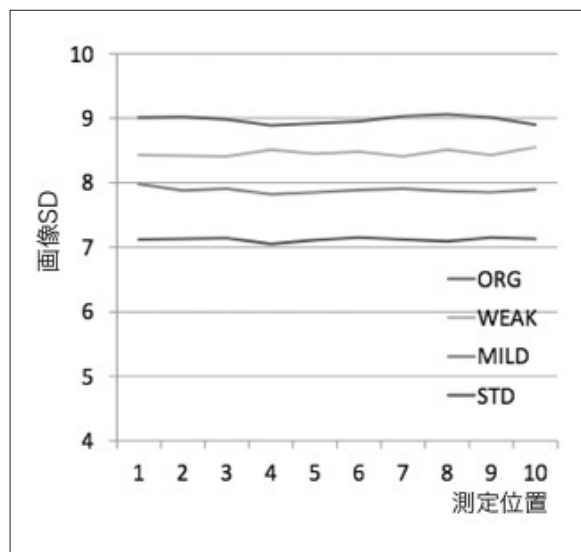


図3：ORGに対するRetrospective法の画像SD

表4：ORGに対するRetrospective法の画像SD改善率

AIDR 3D	画像SD	改善率
ORG-ORG	8.98	0%
ORG-WEAK	8.46	5.8%
ORG-MILD	7.89	12.1%
ORG-STD	7.12	20.7%

### 3-2-2 撮影条件及び測定方法

表2に示す撮影条件下にて行う。画像SDの測定は図1の5点測定法を用い、平均値を測定値とする。なお、同期は60bpmにて行う。

## 4. 結果

### 4-1 非心電同期下のAIDR 3Dの評価

#### 4-1-1 Prospective法の画像SD比較

それぞれの測定値を図2に、ORGに対する画像SDの改善率を表3に示す。いずれもCT-AECの画像SDを10に設定し撮影を行ったが、ORGに対し若干高値を示す結果となった。

#### 4-1-2 ORGに対するRetrospective法の画像SD比較

それぞれの測定値を図3に、ORGに対する画像SDの改善率を表4に示す。画像SD改善率はORG-ORGに対し、ORG-WEAKでは5.8%、ORG-

MILDでは12.1%、ORG-STDでは20.7%とAIDR 3Dの強度に応じて画像SD値は低値を示した。

#### 4-1-3 STDに対するRetrospective法の画像SD比較

それぞれの測定値を図4に、STDに対する画像SDの改善率を表5に示す。画像SD改善率はSTD-STDに対し、STD-ORGでは-85.1%、STD-WEAKでは-53.5%、STD-MILDでは-25.9%となり、AIDR 3Dの強度低下、および解除により画質は著しく低下した。

#### 4-1-4 Prospective法におけるORGに対する線量低減率

撮影時のCTDI vol. 値及び、ORGに対するそれぞれのAIDR 3Dの線量低減率を表6に示す。CT-AECの設定SDを10にした時、CTDI vol. はWEAKでは27.5%、MILDでは53.5%、STDでは73.0%の低減を認めた。



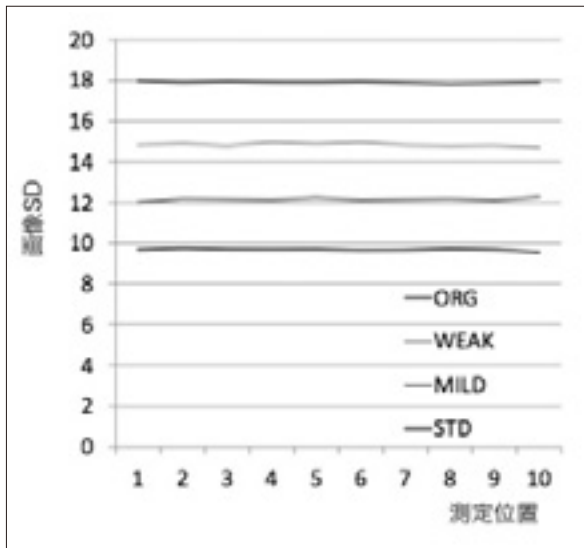


図4：STDに対するRetrospective法の画像SD比較

表5：STDに対するRetrospective法の画像SD改善率

AIDR 3D	画像SD	改善率
STD-ORG	17.90	- 85.1%
STD-WEAK	14.84	- 53.5%
STD-MILD	12.17	- 25.9%
STD-STD	9.67	0%

4.2 心電同期下のCT-AECの動作評価

非心電同期、心電同期それぞれの測定値を図5に、CTDI vol.を表7に示す。なお、図5内の破線はファントムの形状を模したものとなる。非同期、同期共にCT-AECは画像SD15にて撮影を行ったが、測定値はそれぞれ14.0、13.7と同等の値を示し、CTDI vol.においてもほぼ差は認められなかった。

5. 考察

5.1 Prospective法におけるAIDR 3D

Prospective法を用いても設定したCT-AECの画像SDを得ることができることから、被曝低減を目的としたプロトコル構築の臨床応用への期待ができる。しかし、AIDR 3Dによる空間分解能や低コントラスト分解能などの画像特性への影響は不明な点が多く、またそれらの検討方法も確立されているとは言いがたく、安易にノイズ低減だ

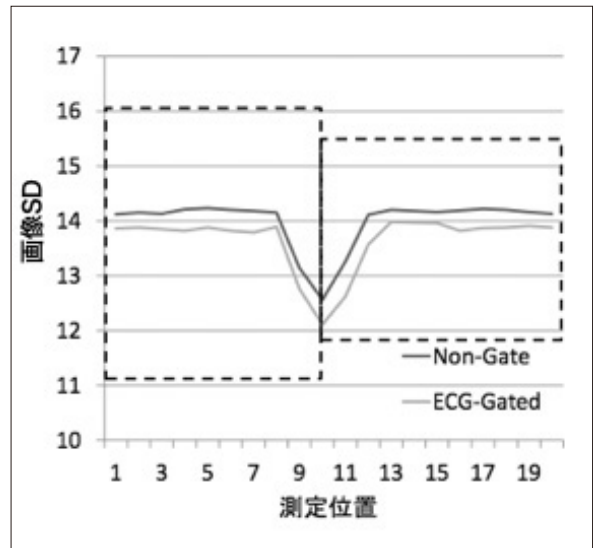


図5：同期の有無によるCT-AECの画像SD

表6：同期の有無による撮影時CTDI vol.の比較

Gate Scan	CTDI vol.	画像SD
Non-Gate	48.8	14.00
ECG-Gated	49.4	13.72

けを求めて臨床応用することは、診断能への影響が懸念される。またRetrospective法の検討結果から、Prospective法を用いた撮影の後、強度の弱いAIDR 3Dもしくは、AIDRを解除して再構成を行った場合では、著しく画像SDは劣化していることから、撮影された元画像が低画質であることは明白であり、腹部領域などの低コントラスト領域においては、より詳細な検討なく臨床応用を行うべきではないと考えられる。しかし、CT-Angiographyや肺野領域などの高コントラスト領域においては必要とされる画像SDの考慮した上でProspective法を用いることで診断能を保ちつつ、被曝低減へ繋がる可能性が期待できる。

5.2 心電同期時のCT-AECの動作

本検討においては心電同期を行ってもCT-AECは設定画像SDを得ることが可能であり、心臓CTのみならず、上行大動脈などの心臓のモーションアーチファクトが影響する部位や、撮影中にPitch Factorを可変させるVariable Pitch Helical Scan Systemにおいても被曝低減が可能であると考えられる。従来の心臓CTの被曝低減

機構は低心拍数症例を目的としたものが多く、収縮末期再構成が必要な高心拍数症例では使用が不可能であったり、効果が薄いものがほとんどであったが、心電同期下でCT-AECを用いることが可能であれば、症例に限らず適切に線量コントロールできる可能性が示唆される。しかし、心臓CTは症例によりハーフ再構成とセグメント再構成を使い分ける必要があり、またセグメント再構成の中でも使用セグメント数は変化するため、これらがCT-AECの動作にどう作用するかは今後の検討が必要であると考えられる。

### 6. 結語

本検討により、新たなソフトウェアの特性を知ることができ、今後の臨床応用への初期検討となった。しかし、先述した心臓CTの特異的な再構成方法と AIDR 3D、CT-AEC を組み合わせて撮影を行った場合にどのような動作を示すかは未だ疑問が残るため、今後も検討していきたい。

執筆者写真



**【執筆者紹介】**

技師歴 7 年  
 X 線 CT 認定技師  
 埼玉県診療放射線技師会第二支部役員  
 埼玉 CT テクノロジーセミナー実行委員

- 巻頭言
- 会告
- お知らせ
- 学術大会
- 技術解説
- 報
- 告
- 本会の動き
- 各支会情報部報勉
- 各支会掲示板
- 自由投稿
- 議事録
- 会員の動向
- 年間ニュースルケ
- 役員名簿
- 投稿規程

## 「2管球システムを用いた撮影プロトコルの物理特性評価」

埼玉県済生会川口総合病院

豊田 奈規 城處 洋輔 志藤 正和 富田 博信

### 1. 要旨

SIEMENS 社製 SOMATOM Definition Flash のプロトコルとして、150kg 以上の被写体に適応が推奨されている DS XXL モード（以下、XXL）がある。XXL についての先行論文は無く、詳細な検討は未だされていない。そこで本研究では、XXL（2管球）と腹部ルーチン（1管球）においてそれぞれの物理特性を測定し、撮影プロトコルの特性を明らかにした。その結果、XXL を選択した場合にオフセンター 17cm より外側で SD が劣化し、10%MTF 値も低くなった。臨床においての使用は、B-システムより外側に実質臓器や関心領域を配置しないことが望ましい。また骨用関数の B60 は低下が大きいので注意が必要である。

### 2. 諸言

SIEMENS 社製 SOMATOM Definition Flash は Dual source CT で、XXL は 2管球から同エネルギーの X 線が出力される。FOV が 332mm までは A と B 両方のシステム、それより外側は A-システムのみからの投影データを使用していると推測されるが、XXL について、画像再構成に使用されている投影データの詳細な検討は未だされていない。そこで本研究では XXL（2管球）と腹部ルーチン（1管球）においてそれぞれの物理特性を測定し、XXL の FOV332mm より外側の評価を行った。初めに当院使用の装置概要を概説する。

### 2-1 SOMATOM Definition Flash の概要

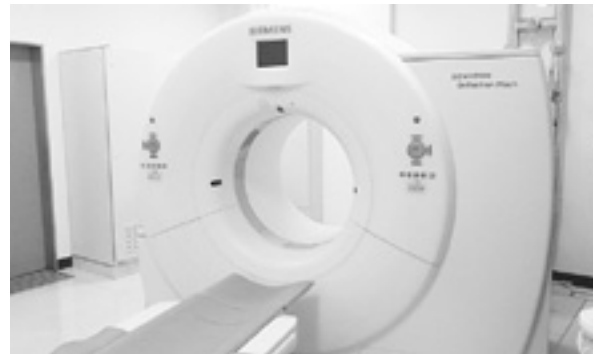


図1：装置外観

### 2-2 Dual source CT

2つの X 線管と、それぞれに対応する検出器がガントリに搭載されている。2組の X 線管と検出器は約 95° オフセットされ、それぞれ A-システム、B-システムと名前が付けられている。A-システムは FOV500mm、B-システムは FOV332mm まで撮影が可能である。Dual source CT は当初 64 スライスの第 1 世代型が普及したが、現在は 128 スライスの第 2 世代型が普及しつつある。第 2 世代型では、さらなる高速撮影が可能となり、Dual energy imaging においても FOV の拡大や、DECT 専用の X 線フィルタである Selective photon shield 導入などの改良点がみられる。

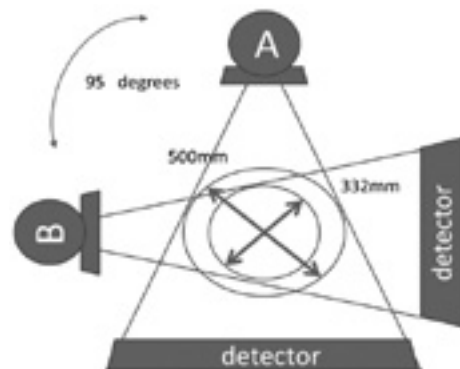


図2：Dual source CT  
(シーメンス社 HP より引用)

### 3. 目的

本研究では、XXL (2管球) と腹部ルーチン (1管球) において、それぞれの物理特性を測定し、撮影プロトコルの特性を明らかにした。

### 4. 使用機器・方法

CT装置はSIEMENS社製SOMATOM Definition Flashを使用。X-Y平面空間分解能測定用ファントムとして自作ワイヤファントムを作成し、作成方法は先行研究者資料<sup>1)</sup>を参考とした。ノイズ特性評価用ファントムは水ファントムを使用した。得られたDICOMデータの処理には画像解析ソフトとしてctpsf v13<sup>2)</sup>、Image J ver.1.46rを用いた。



図3：自作ワイヤファントム

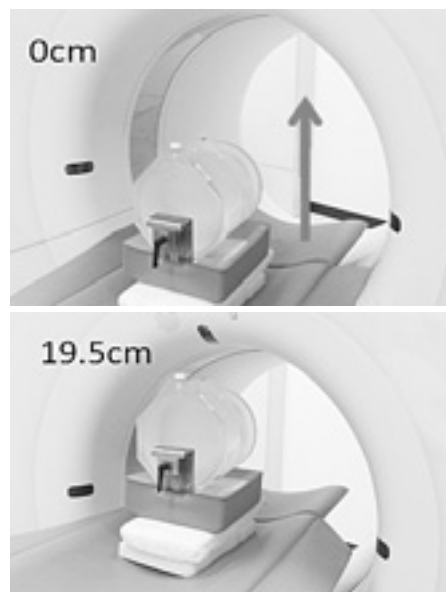


図4：配置風景 (水ファントム)

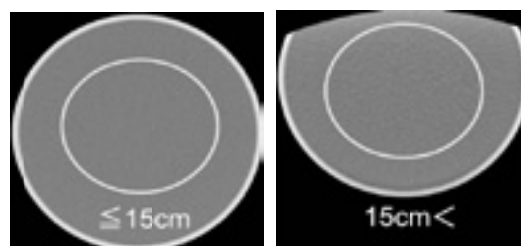


図5：SD測定 (黄丸：ROI設置位置)

#### 4-1 SDとNPSの測定

Y軸方向にオフセットさせながら水ファントムをスキャンし、SDとNPSを測定した。

撮影条件は表1に示す通りである。

オフセンター15cm以上になるとファントム形状が丸にならなかったため、NPSは0cm～15cmの範囲で測定した。またSDは5点平均ではなく1つの大きな円で0cm～19.5cmの範囲を測定した。

表1：撮影条件 (SD、NPS測定)

収集プロトコル: Abdomen_DSXXL
kV: 120kV
Eff mAs: 160mAs
Rot Time: 0.5s
Pitch: 0.5
CTDIvol: 13.2mGy
kernel: B25 (軟部用)
Slice: 5.0mm

収集プロトコル: Abdomen Routine
kV: 120kV
Eff mAs: 200mAs
Rot Time: 0.5s
Pitch: 0.5
CTDIvol: 13.36mGy
kernel: B25 (軟部用)
Slice: 5.0mm

4-2 MTF 測定

Y 軸方向にオフセットさせながら自作ワイヤファントムをスキャンし、MTFを測定した。(0cm ~ 22.5cm)

撮影条件は表 2 に示す通りである。

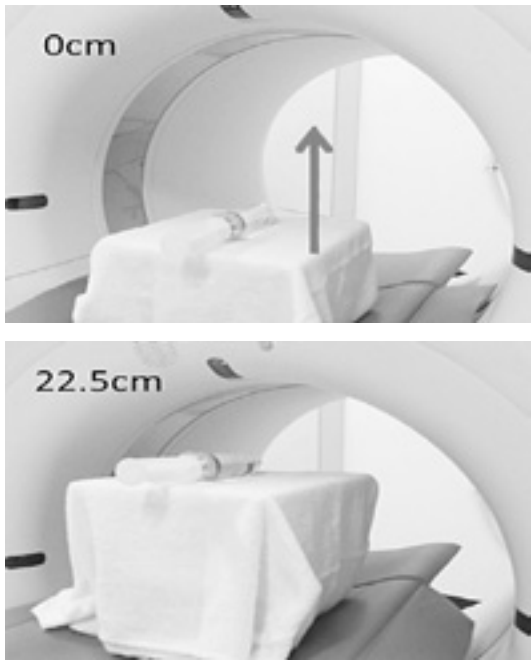


図 6：配置風景（自作ワイヤファントム）

表 2：撮影条件（MTF 測定）

収集プロトコル: Abdomen_DSXXL
kV: 120kV
Eff mAs: 200mAs
Rot Time: 0.5s
Pitch: 0.5
CTDIvol: 16.54mGy
kernel: B25(軟部用) B60(骨用)
Slice: 1.0mm
収集プロトコル: Abdomen Routine
kV: 120kV
Eff mAs: 200mAs
Rot Time: 0.5s
Pitch: 0.5
CTDIvol: 13.43mGy
kernel: B25(軟部用) B60(骨用)
Slice: 1.0mm

5. 結果

5-1 SD と NPS の測定

XXL モードでは 17cm より外側で SD の劣化が大きくなる傾向にあった。

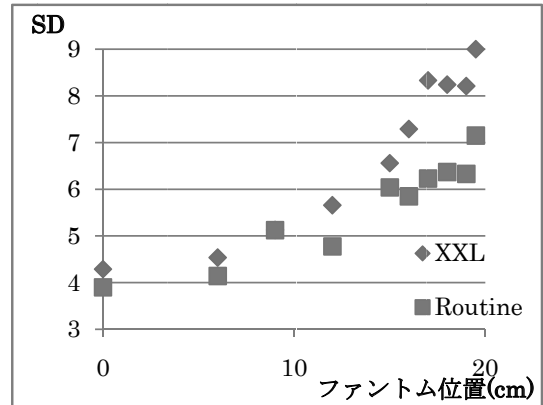


図 7：SD 測定結果

NPS は 15cm より外側は評価できず、15cm より内側では XXL も腹部ルーチンプロトコルもほぼ同等の特性であった。

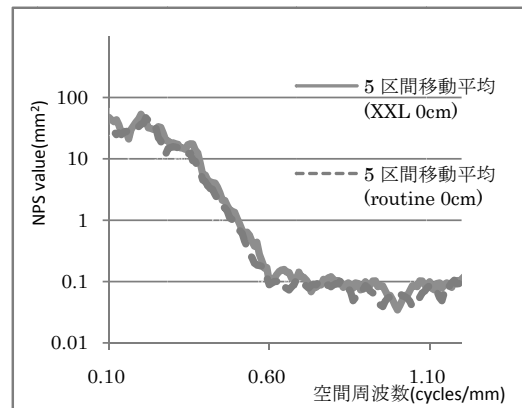


図 8：NPS 比較（オフセット 0cm）

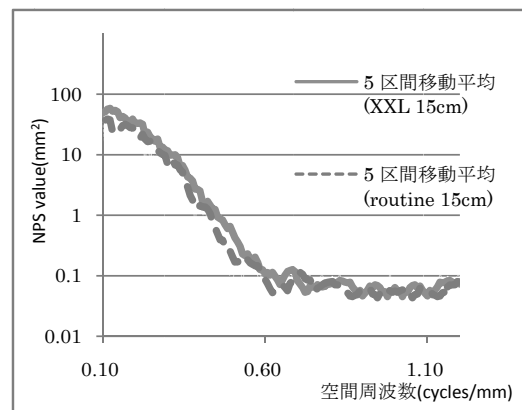


図 9：NPS 比較（オフセット 15cm）



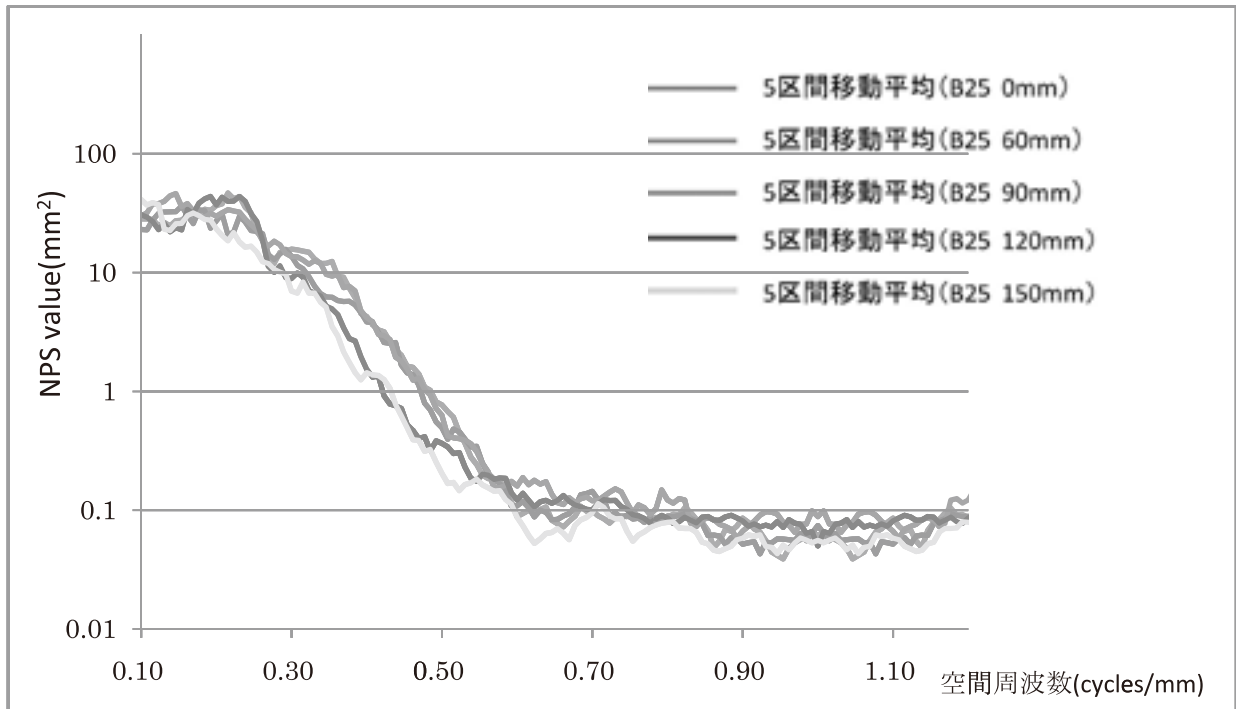


図 10：オフセット毎の NPS (XXL)

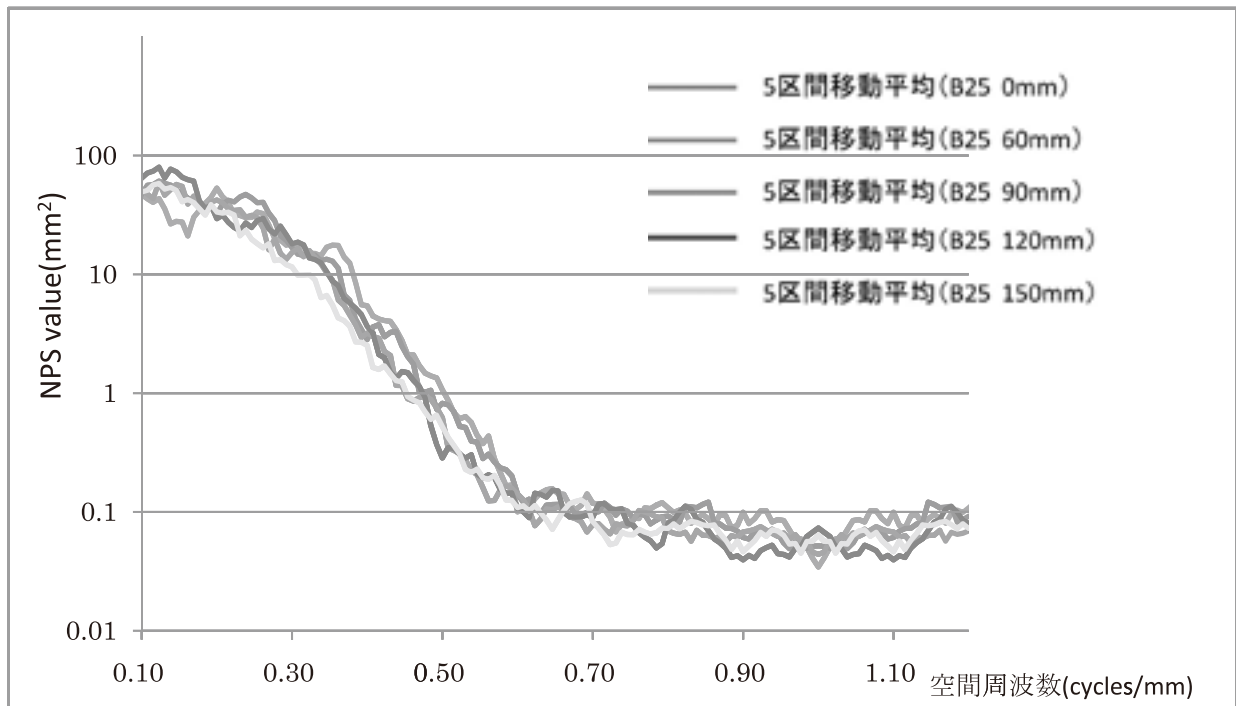


図 11：オフセット毎の NPS (Routine)

5-2 MTF 測定

XXL では、外側になるほどワイヤーの形状変化が大きくなった。10%MTF 値は 17cm より外側では XXL が低くなる傾向にあった。

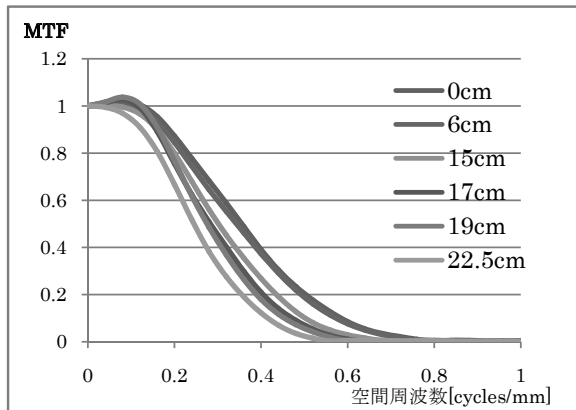


図 12 : XXL (B25 : 軟部用)

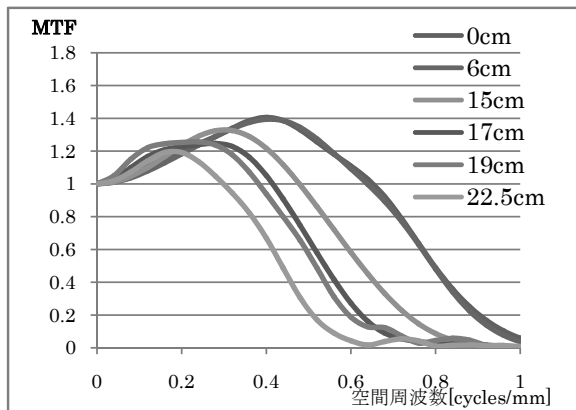


図 13 : XXL (B60 : 骨用)

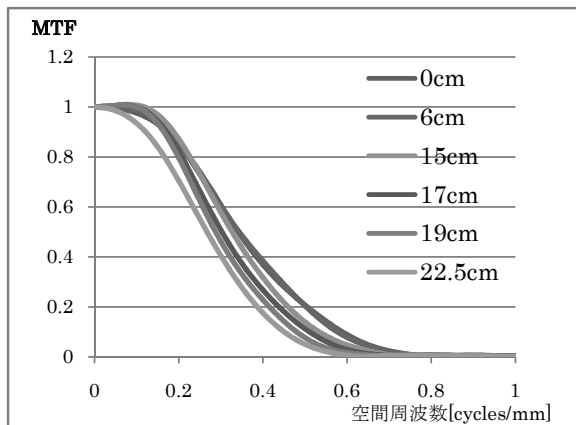


図 14 : Routine (B25 : 軟部用)

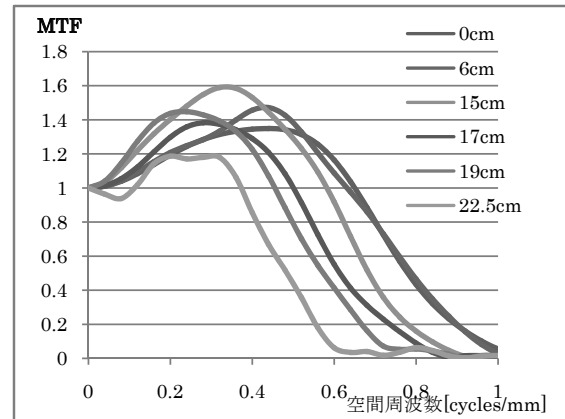


図 15 : Routine (B60 : 骨用)

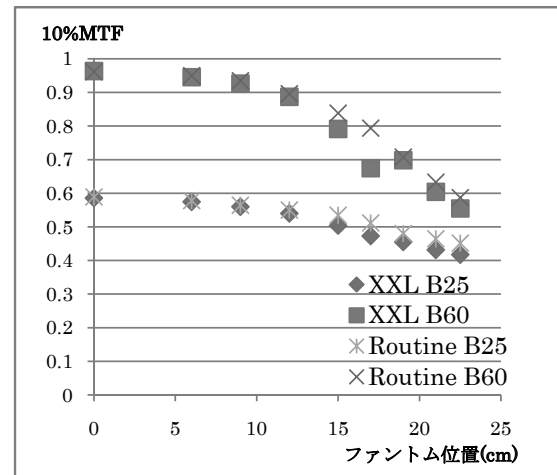


図 16 : 10% MTF

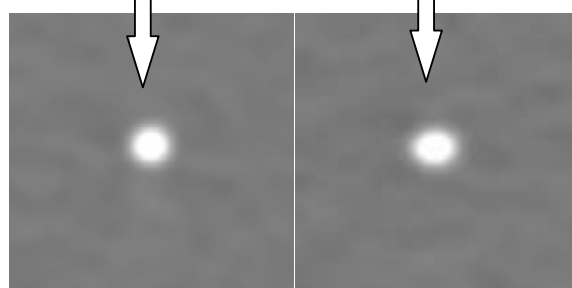
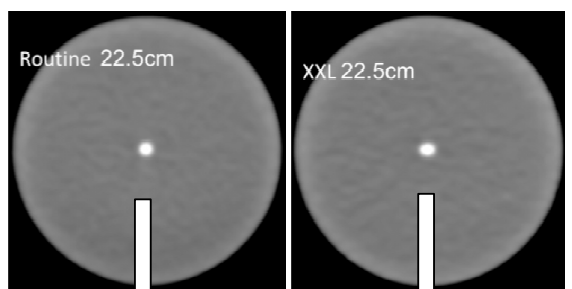
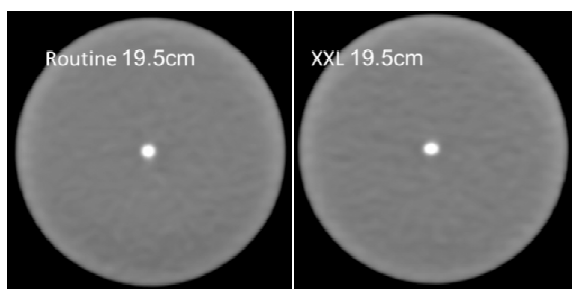
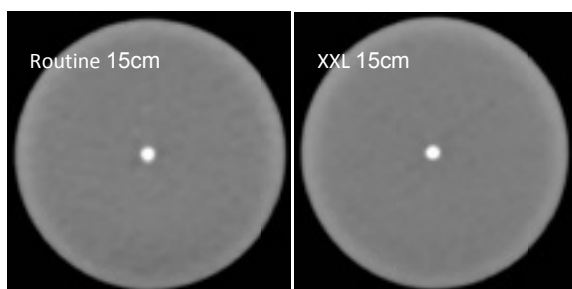


図 17 : Axial 断面 (B25 : 軟部用)

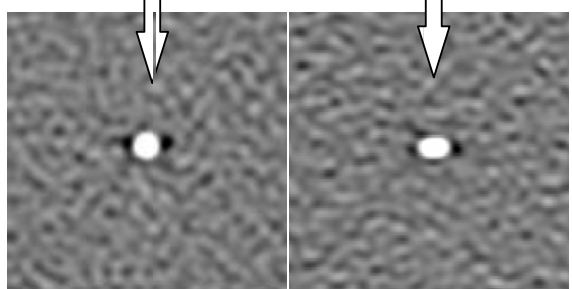
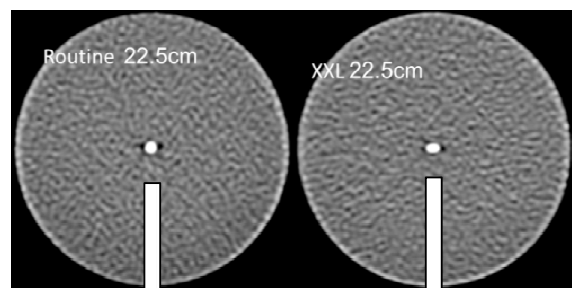
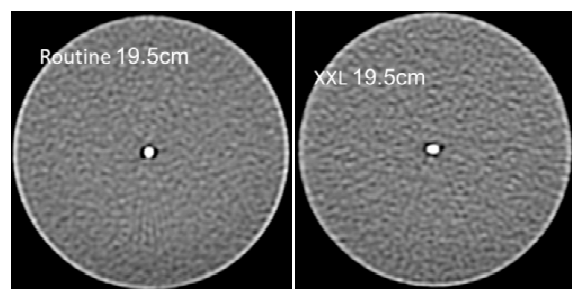
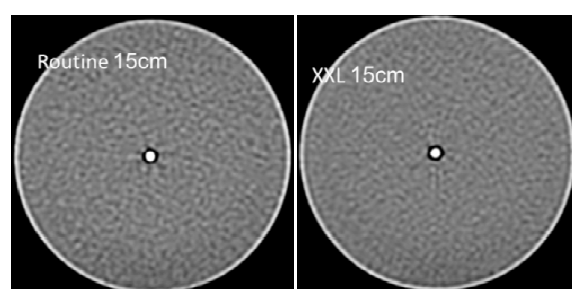


図 18 : Axial 断面 (B60 : 骨用)

## 6. 考察

B-システムのデータ収集範囲は、FOV332mmから  $332 \div 2 = 166\text{mm} = 16.6\text{cm}$  である。

本実験の結果から、XXL を選択した場合にオフセンター 17cm より外側で SD が劣化し、10% MTF 値も低くなったのは、A-システムのみからの投影データを使用しているためと考えられる。

XXL で 17cm より外側で SD が劣化したのは、フォトンの量が減少したためと考えられる。また 10% MTF 値が低下したのは view 数 (面内) が

減少したためと考えられる。

臨床においてこのプロトコルを使用する際には、B-システムより外側はSDが劣化し、MTFも低下するので、ポジショニングはトプログラム2方向で確認し、B-システムより外側に実質臓器や関心領域を配置しないことが望ましいと考えられる。また軟部用関数のB25と骨用関数のB60のMTFを比較すると骨用関数のB60は低下が大きく、視覚的にも19.5cm・22.5cm外側におけるワイヤーのひずみが明らかなので、骨用関数を用いる場合には注意が必要である。

### 7. 結論

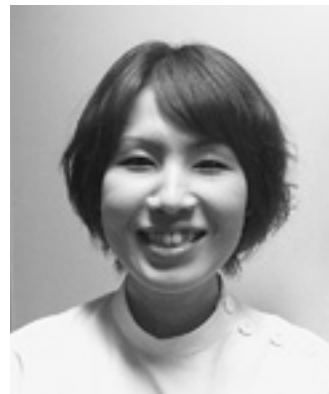
XXL (2管球) と腹部ルーチン (1管球) のプロトコルを比較検討することで、撮影プロトコルの特性を理解する一助となった。

今回、空間分解能についてはMTFを測定し検討できたが、線量評価の実験はSDのみで、詳細な検討は行えなかった。今後の展望として線量評価の方法を検討し、研究したいと考える。

### 8. 参考文献

- 1) <http://www.kyushu-ct.jp/wp-content/uploads/2010/06/ichikawa.pdf>  
(CT画像再構成と画像評価の基礎)
- 2) <http://www.owari.ne.jp/~kitikawa/> (CT研究室&デジタル画像研究室)
- 3) 渡邊嘉之 (2012) : 頭頸部領域における Dual energy CT の臨床応用「Multi slice CT 2012 BOOK」産業開発機構株式会社
- 4) 三浦幸子・吉川公彦 (2012) : Dual source dual energy CT を用いた胸部画像診断「Multi slice CT 2012 BOOK」産業開発機構株式会社
- 5) 庄司友和・井田義宏他 (2011) : 第8章 特殊撮影法「X線CT認定技師講習会テキスト」日本X線CT専門技師認定機構
- 6) 富田博信・志藤正和他 (2012) : 学術特集 最新CT「埼玉放射線・Vol.60 No.6」

### 執筆者写真



#### [執筆者紹介]

豊田 奈規 (とよだ なつき)  
昭和63年2月14日生まれ 25歳  
帝京大学 医療技術学部卒業  
技師歴3年

### 施設外観



# 第28回埼玉放射線学術大会

テクニカルディスカッション  
臓器別に考える 頭部領域  
～虚血性脳疾患～  
発表後抄録特集

特集にあたり	上尾中央総合病院	佐々木 健
CT	埼玉医科大学総合医療センター	栗原 良樹
MRI	埼玉医科大学国際医療センター	森田 政則
核医学	埼玉医科大学国際医療センター	三原 常径
教育的臨床病理検討会の活用	上尾中央総合病院	佐々木 健



## テクニカルディスカッション

### 臓器別に考える 頭部領域 ～虚血性脳疾患～ 特集にあたり

上尾中央総合病院  
佐々木 健

平成 22 年 4 月 30 日、厚労省医政発 0430 第 1 号「医療スタッフの協働・連携によるチーム医療の推進について」が通達された。ここでは、基本的な考え方として「各医療スタッフの専門性を活用して、患者・家族とともに質の高い医療を実現するためには、各医療スタッフがチームとして目的と情報を共有した上で、医師等による包括的指示を活用し、各医療スタッフの専門性に積極的に委ねるとともに、医療スタッフ間の連携・補完を一層進めることが重要である」としている。

診療放射線技師の役割として、放射線治療・検査・管理や画像検査などに関する業務が増大する中、当該業務の専門家として医療現場において果たし得る役割は大きなものとなっており、診療放射線技師の積極的活用として、「画像診断における読影の補助を行うこと」「放射線検査等に関する説明・相談を行うこと」の 2 つが求められている。しかし、多くの施設ではモダリティ数や業務ローテーションの都合上、また各モダリティの高度化・専門化により、すべてのモダリティを網羅し疾患鑑別を行うことが困難になってきている。そのような中、読影の補助を託された、我々診療放射線技師は従来のモダリティ別ではなく、臓器・疾患別に学んでいく事も重要であると考え、第 28 回埼玉放射線学術大会テクニカルディスカッションは、従来のモダリティ別ではなく臓器

別、特に虚血性脳疾患に焦点を絞り、CT 検査、MRI 検査、核医学検査、超音波検査それぞれの診かたを講義していただいた。

本特集は会場に来ることができなかつた方をはじめ、埼玉県の診療放射線技師に広く本特集の趣旨を理解し、読影を行うために必要な知識・技術を得ていただくために、埼玉放射線の誌上企画とさせていただいた。

第 28 回埼玉放射線学術大会テクニカルディスカッションで行った超音波検査については割愛させていただき、代わりに上尾中央総合病院で行っている臨床病理検討会を紹介する。私が臨床病理検討会の主催に携わるようになって最初に感じたことは、診療放射線技師が養成校や教育カリキュラムの問題もあるとはいえ「病氣」を知らなすぎることである。医療に携わるものであるにも関わらず、これは非常に大きな問題であると実感していた。そして、先にも記載した診療放射線技師の役割が通知されたことにより、その重要性が再認識できた。

本特集を通じて（公社）埼玉県診療放射線技師会会員の読影の補助の一助になれば幸いである。

最後にこの企画に賛同し、執筆いただいた先生方と発刊にあたりご尽力いただいた編集担当の皆様

## テクニカルディスカッション

# 臓器別に考える 頭部領域 ～虚血性脳疾患～ CT

埼玉医科大学総合医療センター  
栗原 良樹

### 1. はじめに

本稿では、超急性期脳梗塞治療に対するCTの利用法について取り上げる。

### 2. 超急性期脳梗塞治療の基礎

#### 2-1 治療対象、治療目的

脳梗塞を発症した場合、すでに梗塞となっている領域は細胞壊死に陥っているため元には戻らない(不可逆的領域)。ただし、脳梗塞発症直後の場合には、不可逆的領域の周囲に細胞壊死には至っていないまでも虚血状態となっている『ペナンプラ』と呼ばれる領域が存在する(可逆的領域)。ペナンプラは正しい治療によって元に戻ることが可能な領域であるが、時間経過とともに梗塞へと移行していくため、放っておくと症状は重篤化していく(図1)。したがって、発症直後の脳梗塞治療は、起こってしまった脳梗塞の被害が軽く済むように、ペナンプラの救出を目的としており、救出できる限られた時間帯を表す意味で、超急性期という言葉が用いられている。つまりペナンプラの救出=超急性期脳梗塞治療と言える。

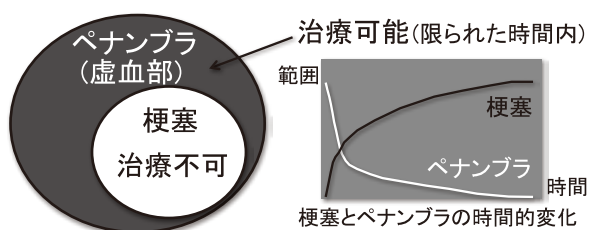


図1：梗塞とペナンプラ

#### 2-2 有効治療

超急性期脳梗塞治療にはいくつかの治療法が存在し、中でも血栓溶解療法(アルテプラゼの静脈内投与)は極めて重要となる。本治療は使用基準のひとつに、脳梗塞発症後4.5時間以内に投与という時間的制約が存在するため、早期診断が求められ、そのツールとしてCTは重要な役割を担っている。アルテプラゼの適応を決めるにあたり、CTではどのような診断ツールが存在し、どのような所を観察することで、実際の治療適応を判断していくのか解説をしていく。

#### 2-3 診断ツール

主な診断ツールとしては『単純CT』、『CT-Perfusion』、『CT-Angiography』があり、それぞれアルテプラゼの適応を判断する際の観察ポイントをあげた。(図2)以降、これら3つのツールについて詳しく取り上げていく。なおアルテプラゼ静注療法適正治療指針によると、この中では単純CTのみがツールとして推奨され、その他については時間的要因から推奨されていない。

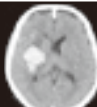
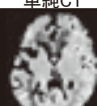

診断ツール	治療適応有無の判断
 単純CT	観察…出血の除外 早期虚血性変化の有無  治療…早期虚血性変化の範囲から 治療適応の有無を判断
 CT-Perfusion	観察…CBF、CBV、MTT  治療…ペナンプラの有無を直接観察し 治療適応の有無を判断
 CT-Angiography	観察…血管  治療…血管閉塞部位から 治療適応の有無を判断

図2：診断ツール一覧

### 3. 単純CTの見方、考え方

#### 3-1 概論

脳梗塞の発症は、大部分(70%)が中大脳動脈閉塞によるもので、同部のしっかりとした評価が治療成績向上のためにも重要となる。そこで単純CTでは、中大脳動脈領域を対象とした評価法について取り上げていく。主に拾い上げるべき所見は、出血の除外と早期虚血性変化の有無である。また早期虚血性変化の観察においては、適切な撮影条件や画像表示ウィンドウの設定が肝となるため、あわせて説明を行う。

#### 3-2 出血の除外

出血を除外するにあたっては、生理的石灰化部位について抑えておく必要がある。図3にその好発部位を記載したが、この中で淡蒼球に関して

は、脳内出血部位として多く見られる被殻や視床と近い場所に位置するため、特に注意が必要と思われる。出血と生理的石灰化の鑑別方法として、石灰化は比較的左右対称性であることや、CT値の違いがあげられる。出血が高吸収として描出されるのは、血液が血管外に出て血漿成分が吸収され凝血となり、その結果、ヘマトクリット値が上昇するためと言われている。その中で血腫のCT値は普通60~80HUであって、さらに94HUを上限として、それ以上にはならないと言われている。石灰化は基本的にそれより高いCT値を示すことが多い。



		
	脳内出血	生理的石灰化
好発部位	被殻、視床、小脳脳幹、皮質下	大脳鎌、松果体、脈絡叢、淡蒼球、小脳歯状核
分布	非対称	左右対称
CT値	60~80HU (94HU以下)	94HU以上を示すことが多い

図3：出血と生理的石灰化

3-3 早期虚血性変化とは

アルテプラゼの治療適応は、脳梗塞発症後4.5時間以内である。しかし、一般的に脳梗塞が単純CT上で観察可能なのは、発症後6時間からと言われている。それではアルテプラゼ治療に間に合わず、ペナンプラの救出も難しくなってしまう。そこで早期虚血性変化が重要となる。これは脳梗塞発症後4.5時間以前に単純CT上で観察可能な微細な所見を表わす(図4)。

所見は最終的に不可逆的な梗塞を表すのだが、単純CTではこの範囲の大小から、ペナンプラの救出が見込まれるであろうと推測し、治療適応を判断する。

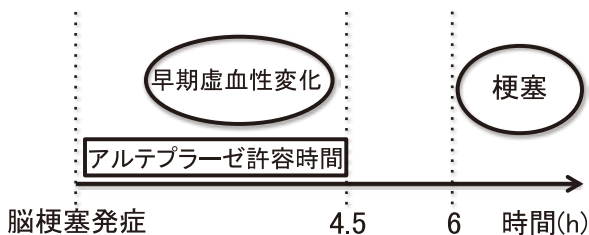


図4：脳梗塞の時間的推移

3-4 早期虚血性変化の所見(血管閉塞部位 図5)

① hyperdense MCA sign (中大脳動脈主幹部閉塞)。② dot sign (中大脳動脈分枝閉塞)。どちらも詰まった血栓が高吸収として描出される。これらはそれより抹消の脳実質への異常を示唆する所見とされている。つまり次に述べる脳虚血部位が存在するかの補助的所見と考えるとよい。

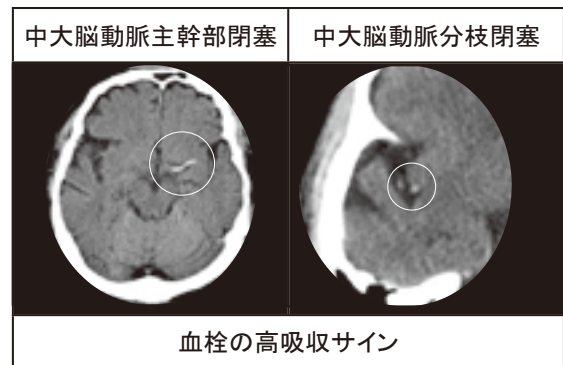


図5：血管閉塞部位の所見

3-5 早期虚血性変化の所見(脳虚血部位 図6)

①レンズ核構造の消失。②島皮質の消失。③皮髄境界の不明瞭化。④脳溝(シルビウス裂)の消失。この内①~③は灰白質の軽微な濃度低下による変化、④は大脳皮質の軽微な腫脹に伴う変化とされていて、これらは超急性期脳梗塞を示唆する所見とされている。つまり灰白質と白質のCT値差の観察および脳溝の観察をおこなうことが、単純CTにて超急性期脳梗塞を診断する際の基本となる。

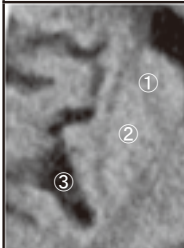
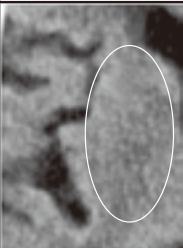
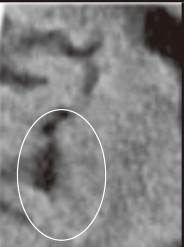
正常	灰白質の軽微な濃度低下	大脳皮質の軽微な腫脹
		
①白質 ②灰白質 ③脳溝	白質、灰白質のコントラスト差消失	脳溝の消失

図6：脳虚血部位の所見



### 3-6 治療適応判定

3-5の所見を対象にしたアルテプラーゼの治療適応判定にはASPECTS (Alberta Stroke Program Early CT Score) と言われる評価法が存在する。これは図7に示す規定の2断面を用いて中大脳動脈領域を10カ所に区分し、減点法で病変範囲を表す評価法である。何も異常がない場合を10点として、早期虚血性変化がある区分については減点し、その点数が低い程、広範囲に早期虚血性変化が見られることを意味する。また7点が中大脳動脈領域の1/3と言われていて、8点以上の場合アルテプラーゼ適応の一つの目安とされている。8点の理由としては、早期虚血性変化が中大脳動脈領域の1/3未満の場合、アルテプラーゼの治療効果が高いとされている所からきている。

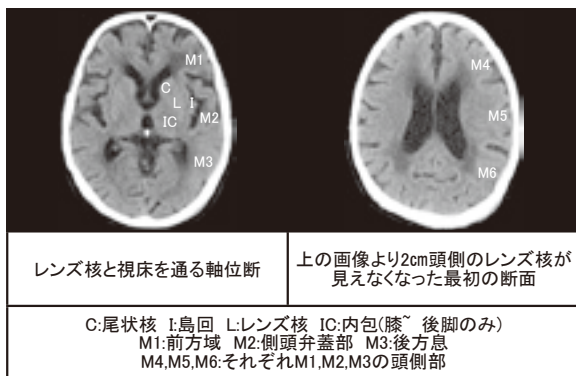


図7：ASPECTSの評価断面、観察ポイント

### 3-7 撮影、観察のポイント (図8)

アルテプラーゼ静注療法適正治療指針によると、観察画像は高いSNを保持しつつ、コントラストのある表示条件にすることが推奨されている。具体的には、早期虚血性変化の観察対象は白質、灰白質のCT値差5であること、さらには超急性期脳梗塞を伴う脳実質部のCT値は、含水量の1%の変化において2.6HU低下し、また発症してから間もない虚血領域における周辺組織とのCT値差は1~3HU程度であるとの報告から、SDはそれ以下(2~3程度)を目標とする必要がある。同様にウィンドウの設定に関しても、広いウィンドウでは白質、灰白質の区別が不可能であるため、ある程度絞った条件が必要とされており、こちらは80以下が推奨されている。さらにはNarrow Windowとって、ウィンドウ幅を極端に絞って観察することで、早期虚血性変化の描出能が向上するとも言われているため、観察目的を意識して撮影条件、ウィンドウ設定も行う必要がある。

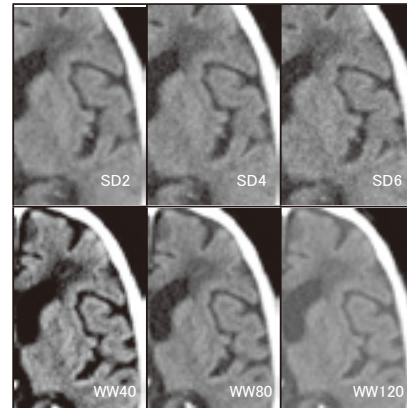


図8：撮影条件と観察ウィンドウ

## 4. CT Perfusionの見方、考え方

### 4-1 概要

単純CTでは早期虚血性変化の範囲からペナンプラ救出が可能か推測し、治療適応を判断していた。Perfusionは直接ペナンプラを評価することで治療適応を判断するツールとなる。

Perfusionとは灌流を意味し、これは組織の毛細血管における血流を表すと言われている。要するに、脳動脈は毛細血管となって脳組織へ移行していくわけだが、動脈から組織への移行過程を灌流といえる。例えば病態によって移行時間が異なったり、脳の血流量自体が異なったりするわけで、このような違いを解析パラメータから評価し、機能診断を行うのがPerfusionとなる(図9)。

ここでは解析パラメータの理解を始め、実際ペナンプラ領域の判断方法について取り上げていく。

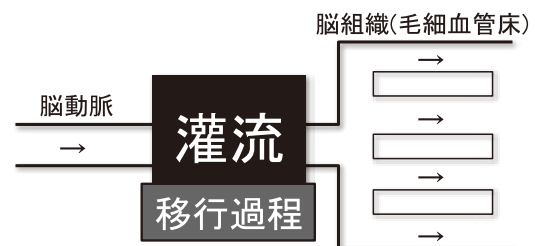


図9：灌流について

### 4-2 解析パラメータ

Perfusionにおける主な解析パラメータにはCBF(cerebral blood flow:脳血流量)、CBV(cerebral blood volume: 脳血液量)、MTT (mean transit time: 平均通過時間)が存在し、これらは $CBF = CBV / MTT$ の関係にある。CBF [mL/100g/min] CBV [mL/100g] MTT [sec]

実際これらパラメータの大小の理解には、脳の循環、代謝動態の理解が必要となる。

4-3 脳の循環、代謝動態 (図10)

脳血管が何らかの原因によって閉塞し、脳灌流圧(脳が正常な機能を営み、維持するための圧)が低下すると最終的に梗塞となるのだが、その過程の中で脳自体には正常機能を維持するための自動調整機能が働く。まず血管予備能によって毛細血管が拡張し、血流量を維持するように働く。すなわち脳血液量増加により脳血流量が維持される。さらに血管予備能を超えて灌流圧が低下すると、脳血液量は最大に増加しているため脳血流量が低下し始める。そうすると次のステップとして、組織の酸素摂取率が上昇し酸素消費、代謝機能を維持する(代謝予備能)。さらにそれ以上灌流圧が低下すると、自動調整能の限界となり不可逆的な梗塞となる。これらの過程の中で、代謝予備能の限界までがペナンプラ領域と定義され、それ以降が梗塞とされている。

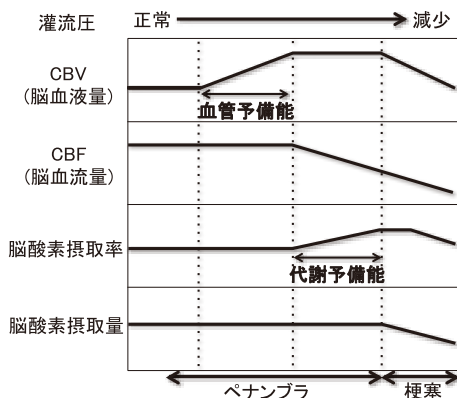


図10：脳の循環、代謝動態

4-4 治療適応判定

図10から解析パラメータの大きさをまとめると、①CBV低下領域は梗塞を表す。②CBFの低下領域もしくはMTTの上昇領域から梗塞であるCBV低下領域を引いた面積(ミスマッチ領域)はペナンプラを表す。つまりこのペナンプラ領域の有無が直接治療適応の判断となる(図11)。

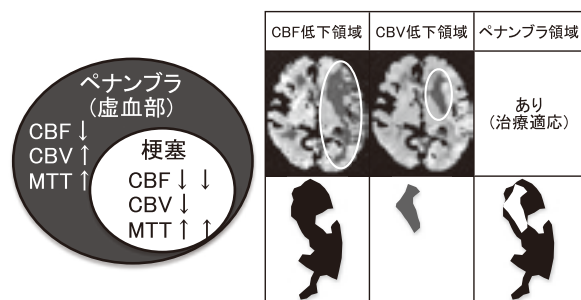


図11：梗塞とペナンプラの解析パラメータ値の違い

5. CT Angiography の見方、考え方

5-1 概論

CT Angiographyでは、血管の観察を行い、ペナンプラの救出が見込まれるであろうと推測し、治療適応を判断する(単純CTと同様の考え方)。ここでは治療適応判定について簡単に取り上げる。

5-2 治療適応判定

アルテプラゼ治療では血管閉塞部位によって治療効果が異なると言われていたため、治療適応の判断に、①~②を参考とすることがある。①内頸動脈閉塞に対する血栓溶解療法の効果は乏しい。②中大脳動脈の起始部から5mm未満での閉塞がより遠位や分枝の閉塞に比べて再開通率や転帰が不良。

6. まとめ

超急性脳梗塞治療において重要なアルテプラゼの適応を決めるにあたり、CTにおける診断ツールをあげ、その見方や考え方について解説した。2012年10月にはアルテプラゼ適応時間の延長が見直されている。このような背景の中で、我々は知識を深め、活用していく必要があると考える。

<参考文献>

- ・rt-PA(アルテプラゼ)静注療法 適正治療指針 第二版
- ・平野照之. 脳卒中専門医のための脳血管障害の画像診断 急性期脳梗塞の頭部単純CT・拡散強調画像. 分子脳血管病 2008; 7(1):78-85
- ・長島宏幸 他. 脳CT画像における低コントラスト検出能の定量的評価: 超急性期脳梗塞の識別に対するウィンドウ幅の影響に関する検討. 日放技学誌 2011;67(11): 1408-1414
- ・内沢隆充 他. Narrow Window CTによる超急性期脳虚血所見—MRI 拡散強調画像との比較— 脳卒中の外科 2011;39:127-132
- ・田ノ岡征雄. 当院における脳 Perfusion CT について. 日本放射線技術学会近畿部会雑誌 2005; 第10巻3号:28-32

[執筆者略歴]

技師歴7年  
CT担当歴2年



## テクニカルディスカッション

### 臓器別に考える 頭部領域 ～虚血性脳疾患～ MRI

埼玉医科大学国際医療センター  
森田 政則

#### はじめに

脳血管障害の可能性のある患者が搬入されると診察、救急処置の後にまず CT を施行し、明らかな病巣が存在しなければ脳梗塞と考える。

近年、脳梗塞急性期症例の診断、治療方針の決定に頭部 MRI が重要な役割を果たすようになってきたことは異論がない。

特に拡散強調画像 (Diffusion Weighted Image: DWI) による急性期脳梗塞病変検出の鋭敏さは、単純 CT よりも優れている。さらに脳梗塞急性期症例における血栓溶解療法 (t-PA) の適応選択における、発症から診断、治療開始までの時間が重要視されてきている。

しかしどこの施設でも夜間・休日に緊急 MRI を施行できるとは、限らない。

夜間・休日における緊急 MRI に対応できない理由として

- ・ MRI 装置がない
- ・ 操作できるスタッフが少ない (マンパワーによるもの)
- ・ 安全面の不安

などが挙げられるが、当センターのように脳卒中センターを開設しているような施設では、安全の確保を大前提として、夜間・休日でも緊急 MRI を施行するのは当然といっても過言ではないと考える。

#### 緊急 MRI 検査を受け入れる体制作り

- ・ 当直に入る技師には、頭部・脊椎 MRI 検査だけは撮像できる
  - ・ 依頼医の間診表記入
  - ・ 救命救急センターでの着替え
  - ・ 救命救急センター以外の医師、看護師の検査室への立ち入り禁止
- の様な体制を作り対応している。

当センターでの緊急頭部 MRI 検査の撮像方法

- ・ DWI : 1 分
  - ・ MRA (内・外頸分岐部～頭蓋内) : 6 分
  - ・ FLAIR : 2 分 40 秒
- total 約 10 分

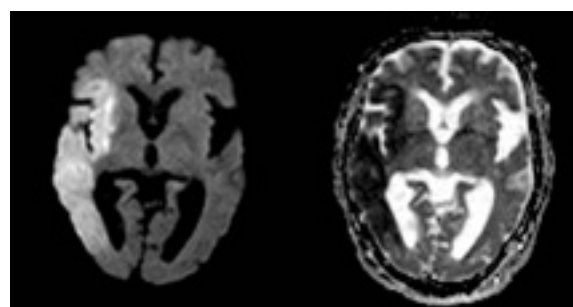
ここでおさらいになるが

拡散強調画像 (DWI) とは

拡散運動 (ブラウン運動) 中の水分子の位相変化を画像化したもの。拡散の低下を検出することで急性期脳梗塞を高信号域として描出することができる。

ADC map

基本的には、DWI は T2 強調画像であるため、T2 強調画像で高信号な自由度の高い病変は DWI でも高信号となる。これを T2-shine-through という。これを本来の拡散制限による高信号と鑑別するため、ADC map を用いる。黒く抜けていれば拡散の度合いが強いということである。



DWI (b-1000)

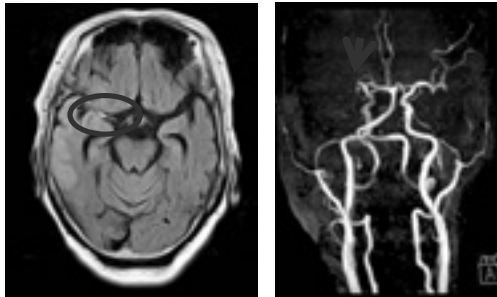
ADC map

MRA (MR angiography) : 3D TOF

同一スライス内の組織は、短い TR で何回も励起パルスを照射されると、縦磁化ベクトルが小さくなり、信号は低下する。しかし、血液のようにスライス外から流入する組織は飽和していないため、大きな信号が得られる。この現象を time-of-flight 効果 (in flow 効果) という。この time-of-flight 効果を利用した MRA が time-of-flight MRA である。

FLAIR

- ・超急性期ではFLAIRで高信号が検出されない
- ・超急性期から閉塞した皮質枝が高信号に描出される (intraarterial signal)



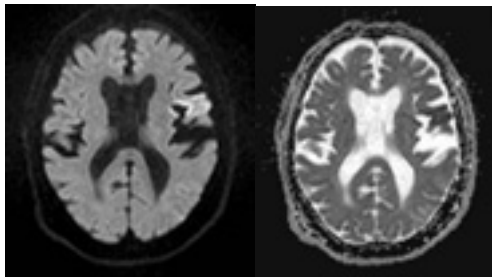
FLAIR

MRA MIP

症例を示す。

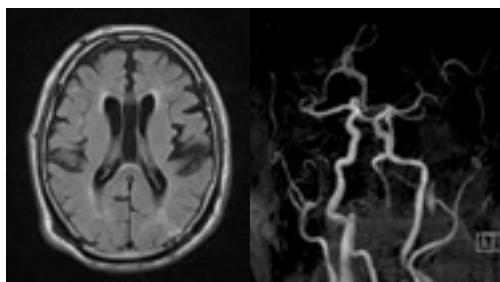
症例1 71歳 男性

失語、右麻痺出現。頭部CTでは、出血なし。梗塞疑いにて緊急頭部MRI施行。



DWI (b-1000)

ADC map



FLAIR

MRA MIP

読影レポート

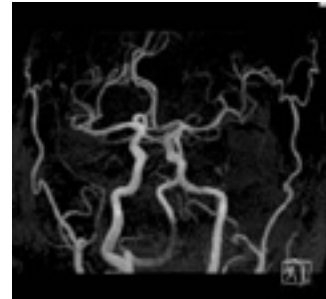
左前頭葉弁蓋部の急性期脳梗塞

慢性虚血性白質病変

左中大脳動脈 M2 近位部狭窄

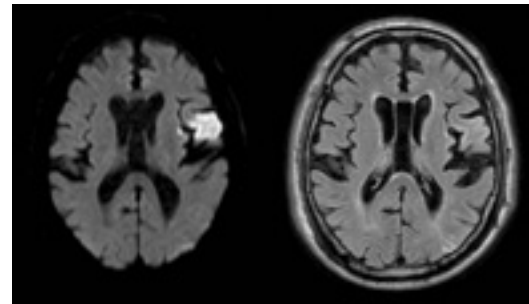
発症4・5時間以内の急性期虚血症例 禁忌項目該当なし。

t-PA 投与 (血栓溶解療法)



投与後

発症1日後 follow up 検査

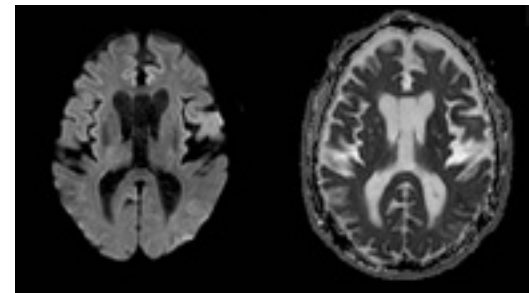


DWI (b-1000)

FLAIR

左中大脳動脈領域の急性期梗塞は明瞭化

発症18日後 follow up 検査



DWI (b-1000)

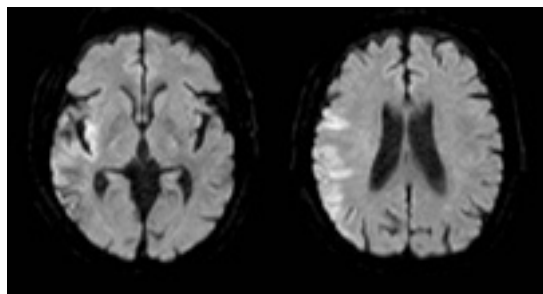
ADC map



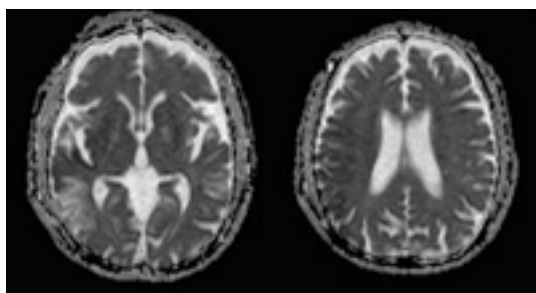
MRA MIP

亜急性期梗塞

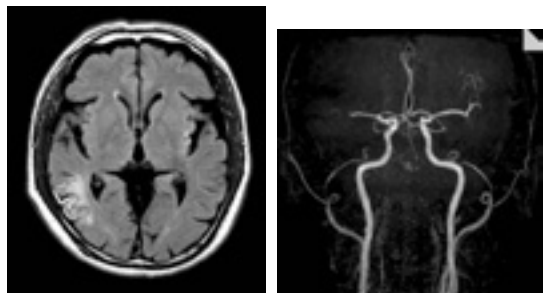
症例 2 68 歳 男性 既往歴：心原性脳梗塞  
 入院中の御家族に面会中、突然左半身麻痺と構音障害が出現。救命救急センター受診。緊急頭部 CT にて右中大脳動脈 M2 の閉塞に伴う超急性期梗塞疑い。緊急頭部 MRI 検査施行。



DWI (b-1000)



ADC map



FLAIR

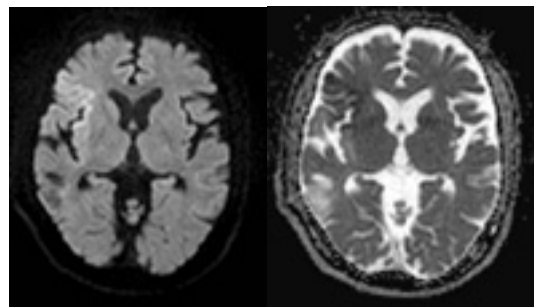
MRA MIP

読影レポート

右中大脳動脈領域超急性期梗塞。右中大脳動脈 M2 塞栓性梗塞を疑う。  
 右側頭葉後部陳旧性梗塞、左島皮質の一部に陳旧性小梗塞。

t-PA 禁忌項目該当あり。  
 MRI 検査後より症状改善し麻痺も消失。  
 保存的加療の方針となる。

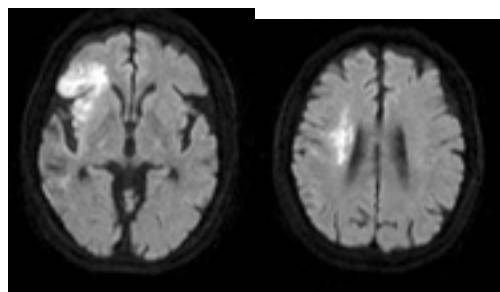
入院 11 日後、左半身麻痺再燃し歩行困難となったため、再度 MRI 検査施行。



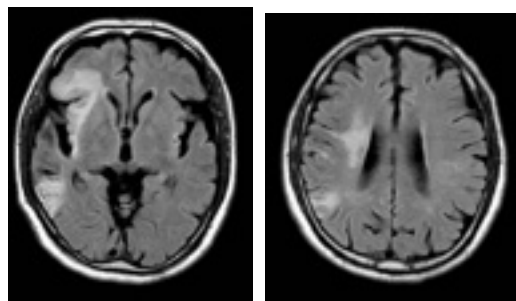
DWI (b-1000)

ADC map

入院 20 日後、follow up 検査

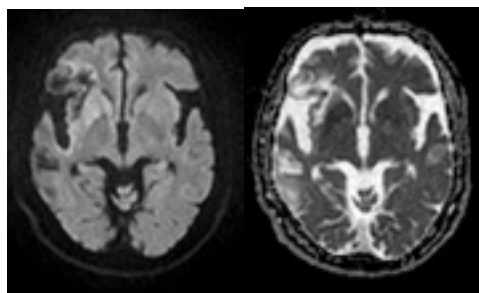


DWI (b-1000)



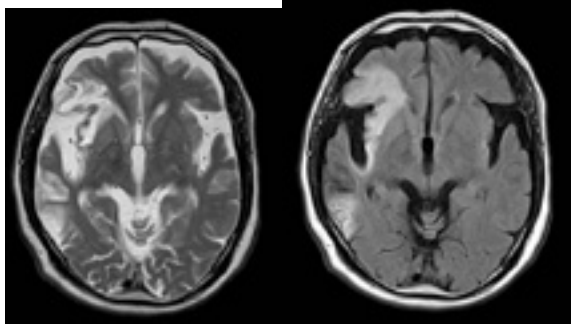
FLAIR

入院 37 日後、follow up 検査



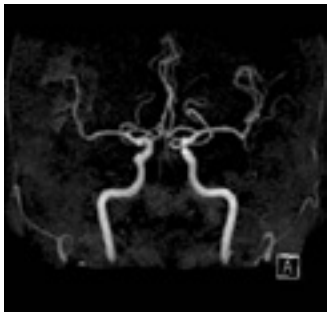
DWI (b-1000)

ADC map



T2WI

FLAIR



MRA MIP

このように症例1では、t-PA 適応症例で投与前、投与後での血管の状態を。症例2では、繰り返す脳梗塞で発症時間、発生部位の違いによる、各シーケンスの信号強度の違いに着目してもらいたく、この様な症例を示した。

#### おわりに

脳梗塞急性期症例は、いかに早くその病巣を発見できるか否かが大変重要であり、発症から治療に至るまでの時間を少しでも短縮できれば後遺症を最小限にとめることも可能となる。それにはMRI 検査が大変重要な役割を果たす。

しかし、緊急 MRI 検査は安全管理が難しいのも事実である。高磁場による金属の持ち込み事故などを十分に注意し、チーム医療の一員として検査に携わり、読影の補助なども行うことが重要だと考える。

#### [執筆者略歴]

1973 (S48) 年生まれ

技師歴 17 年

MRI 担当歴 3 年

趣味で山登り、クライミングなどやっています。特に冬季のアイスクライミングにはまっています。

#### 施設写真





テクニカルディスカッション

臓器別に考える 頭部領域  
～虚血性脳疾患～ 核医学

埼玉医科大学国際医療センター  
三原 常径

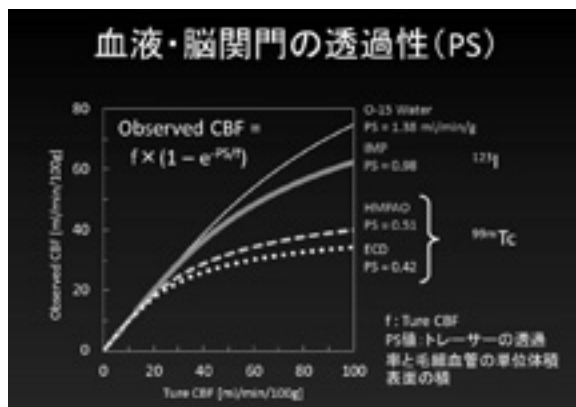
虚血性脳疾患において、SPECT/PETによる脳循環代謝の測定は、病態診断のみならず治療方針の決定およびその効果判定に重要な役割を有している。PETでは脳血流量測定に加え、脳酸素代謝の測定が行える利点があるが、臨床的な汎用性は少なく、主にSPECTを用いた脳血流量の定量解析が行われる。

また現在の高齢化社会において認知症は増加の一途をたどり、その早期検出、治療薬の効果判定などでSPECTは重要な役割を有し、統計解析を用いた画像統計学的診断法が行われる。

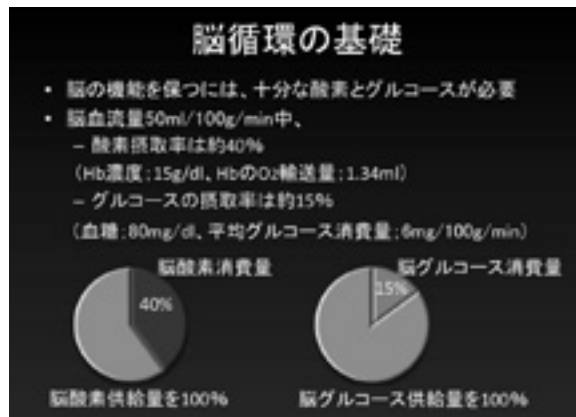
**脳血流イメージング製剤の比較**

	<sup>123</sup> I-IMP	<sup>99m</sup> Tc-ECD	<sup>99m</sup> Tc-HMPAO
脳内代謝	代謝されるが脳内滞留性のまま	エステル化により水溶性物質	グルタミン酸により水溶性物質
Extraction Ratio	95%以上	77%以上	80%以上
脳内摂取率	8.5%	5.6%	5.6%
血流直線性	優	良 (高血流域でやや悪い)	良 (高血流域でやや悪い)
投与量	111-222MBq	370-740MBq	370-740MBq
標準化合物の安定性	安定	調剤後30分以上から安定	調剤後30分以内に使用

SPECTの脳血流診断薬として、<sup>99m</sup>Tc標識のECD、HMPAO、<sup>123</sup>I標識のIMP、IOFが利用されている。製剤の特徴として、<sup>99m</sup>Tc製剤はキット製剤が利用でき緊急検査に対応可能である。また半減期が短く投与量も多くできるため高カウントの良好な画質が得られる。脳内では脂溶性から水溶性に変換されることで長時間脳に保持される。<sup>123</sup>I製剤は既製製剤であるため緊急検査での利用は難しく、また半減期も長めで投与量の制限もあり、フォトピークが高エネルギー側にも存在しているため<sup>99m</sup>Tc製剤に比べ画質は劣る。しかし、血流直線性に優れ高血流域の診断で有用性が高い。



血液・脳関門の透過性をPSモデルで表すと<sup>99m</sup>Tc製剤のPS値は0.5程度であるが、<sup>123</sup>I製剤ではPS値が0.98とかなり直線性が良く、PETでの0.15の値にかなり近づいている。PS値が高いほど、初回循環でのトレーサの脳内摂取率(extraction fraction; EF)が高くなり、高血流域でも忠実に脳血流量が反映される。<sup>99m</sup>Tc製剤では直線性に劣るため高血流域をラッセンの補正で補うが、やはり補正であり高血流域での誤差は大きくなる。薬剤の使い分けとしては、<sup>99m</sup>Tc製剤は通常のルーチン検査で使用しており、<sup>123</sup>I製剤はDIAMOX負荷による高血流域を正確に求める場合に使用している。

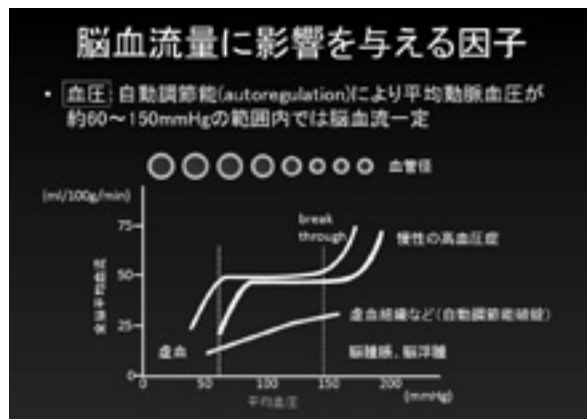


脳循環の基礎として脳の機能を十分に保つためには酸素とグルコースが必要である。グルコースは必要量を大幅に上回る供給があるが、酸素は



2.5 倍程度の供給量となるため虚血の際に、最初に問題となるのは酸素の取り込み量であり重要である。

脳血流に影響を与える因子として加齢がある。3～8歳でピークとなり20歳で成人レベルとなる。その後年齢とともに緩やかに減少する。また小脳は脳に比べ年齢での変化を受けにくく、小脳血流は指標として有用である。



血圧に対しては、平均動脈圧が 60～150mmHg の範囲内で、自動調整能 (autoregulation) により脳血流は一定に保たれ、脳の末梢血管が血管径を変化させることで血流量を調整している。これは血管予備能 (拡張能) と呼ばれ非常に重要な機構である。また動脈血二酸化炭素分圧 (PaCO<sub>2</sub>) も血流に大きく影響を与え 1mmHg 変化すると脳血流を 4% 変化させる。PaCO<sub>2</sub> 上昇により H<sup>+</sup> 増加 → pH 低下 → 血管拡張 → 脳血流増加となり DIAMOX 負荷ではこの作用を利用している。血液粘調度も血流への影響が大きく Ht が 10% 変化すると CBF は 15ml/100g/min 変化し注意が必要である。

通常は脳血流と脳代謝は相関 (coupling) しているが、代謝に比べ血流が不足している状態を misery perfusion (貧困灌流) といい、代謝に比べ血流が過剰な状態を luxury perfusion (せいたく灌流) という。misery perfusion は動脈閉塞などでみられ luxury perfusion は脳動脈閉塞再開通、脳梗塞亜急性期 (発症 1～3 週後) に見られる。

脳の病巣部位と繊維連絡のある遠隔部位の機能抑制は遠隔効果 (remote effect) と呼ばれ、両側大脳半球間、一側大脳半球内、特に一側大脳半球と体側小脳半球間 (crossed cerebellar diaschisis) は有名であり、病変部位対側の小脳血流が低下する。遠隔効果の部位では、血流・代謝とも低下するが、血管内平均通過時間は正常で、脳循環予備能も保たれている。

### 脳梗塞の主な分類

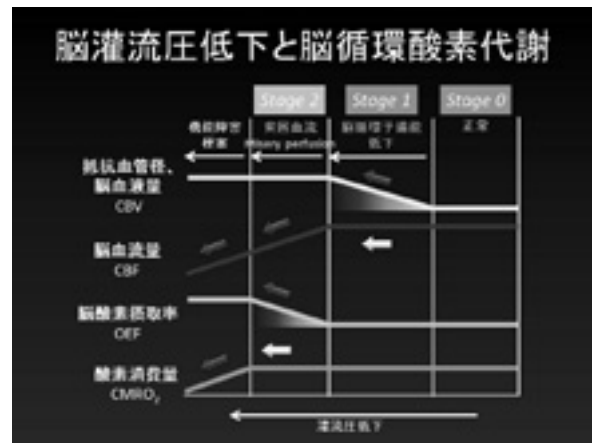
- ・ 機序
  - 血栓性
  - 塞栓性
  - 血行力学的
- ・ 臨床的カテゴリー
  - アテローム血栓性脳梗塞
  - 心原性脳梗塞
  - ラクナ脳梗塞

アテローム脳血栓症に伴う血行力学的脳虚血では、misery perfusion の診断が問題となる。

↓

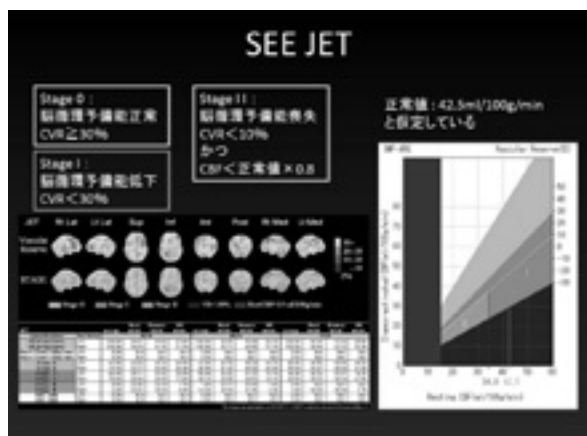
SPECTによる安静時血流と脳循環予備能の重症度評価による Stage II の診断が行われる。

脳梗塞の中でアテローム脳血栓症に伴う血行力学的脳虚血では misery perfusion の診断が問題となる。SPECT では安静時血流と脳循環予備能の重症度評価による Stage 2 の診断が行われる。

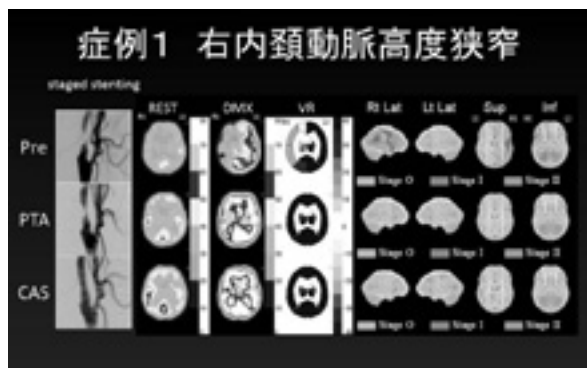


脳灌流圧低下と脳循環酸素代謝の関係は Powers 理論で説明され、脳血液量 (CBV)、脳血流量 (CBF)、脳酸素摂取率 (OEF)、脳酸素代謝量 (CMRO<sub>2</sub>) が関連しており、狭窄などにより灌流圧が低下すると、まず始めに血管拡張予備能が働き血管径を広げ (CBV 増加)、頭蓋内圧を低下させ CBF を保つ (Stage 1)。さらに灌流圧が低下し拡張能が限界まで達すると、それに伴い血流量も低下する。次の機構として脳酸素摂取率 (OEF) を増加させ、脳酸素代謝量の維持を行う (Stage 2)。それ以上の灌流圧低下があると脳梗塞に至ってしまう。OEF が増加している状態が misery perfusion であり、何かのアクシデントがあると、梗塞に至ってしまう危険な状態となるため、血行再建術が検討される。O-15 を用いた PET 検査では上記の血液量 (CBV)、脳血

流量 (CBF)、脳酸素摂取率 (OEF)、脳酸素代謝量 (CMRO2) を直接求めることができるが、SPECT では脳血流量のみの測定となる。そこで SPECT では DIAMOX を利用し血管を拡張させ、安静時との血流増加率を算出し、血管拡張能予備能を評価し misery perfusion を予測している。



バイパスなどの血行再建術の適応は Jet-Study で検討され、<sup>123</sup>I-IMP を用いた DIAMOX 検査では、無償のパッケージプログラム QSPECT (Dual Table ARG 法) が利用でき、ステージ分類は SEE JET で表示される。



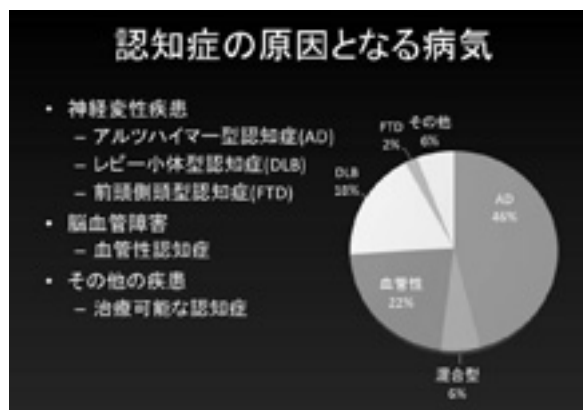
症例 1 は、右内頸動脈高度狭窄の症例である。Pre 画像では DIAMOX 負荷により、右大脳半球に大幅な血流低下がみられ、SEE JET でも Stage 2 の状態となっている。血行再建術としては stage stenting が行われ、まず PTA (経皮的血管形成術) で血管を少し広げ、段階を追って最終的に CAS (頸動脈ステント治療) が行われている。血流増加率や SEE JET のステージングからも脳循環も順調に回復している様子が分かる。

ただし QSPECT の値をそのまま使用するのではなく、血流低下が血行力学的なのか他の原因なのかを常に考えるとともに、非病変部の値が正常

値か確認し、患者ごとの正常値を考える必要がある。手順としては

1. 血管病変部位の確認
2. 脳梗塞と脳萎縮の確認
3. 安静時 CBF、DMX 負荷 CBF の画像を「定性的に評価」
4. 定性的に血行力学的障害の程度を推定
5. 安静時 CBF 定量値、DMX 負荷 CBF 定量値の確認
  - 小脳半球値の確認 (定量値は妥当か?)
  - 病変血管灌流領域値の確認
6. CVR (脳循環予備能) 値の確認
  - 小脳半球値の確認 (増加率は妥当か?)
  - 病変血管灌流領域値の確認

の順となり、安静時の血流量の低下が何を意味しているのかは非常に重要で、Neuronal density の低下 (Cortical atrophy: 部分体積効果による ROI 内値低下、形態異常を欠く不完全梗塞)、他部位の梗塞巣からの遠隔効果 (Crossed cerebellar diaschisis, Intracerebral diaschisis) など、代謝低下に伴う要求低下が含まれることを意識して画像を確認する必要がある。



次に認知症であるが、日本の高齢化率は、すでに 20% を超え、5 人に 1 人が高齢者となり、さらに今後も高齢化率は進み、超高齢化社会に突入しようとしている。それに伴い、現在 170 万人と見込まれる認知症高齢者は 2015 年には 250 万人と予想される。認知症の原因となる疾患は、神経変性疾患では、アルツハイマー型認知症 (AD) が全体の 46% と半数を占め、レビー小体型認知症 (DLB) が 18%、前頭側頭型認知症 (FTD) は 2% となり、脳血管障害では、血管性認知症が 22% と多く存在する。その他の疾患としては、治療可能な認知症となっている。

脳血管性認知症以外の認知症は、SPECT 検査で早期に識別できる場合が多くあり SPECT 画像

の所見は、脳の血流低下部分に違いがみられる。

### 認知症

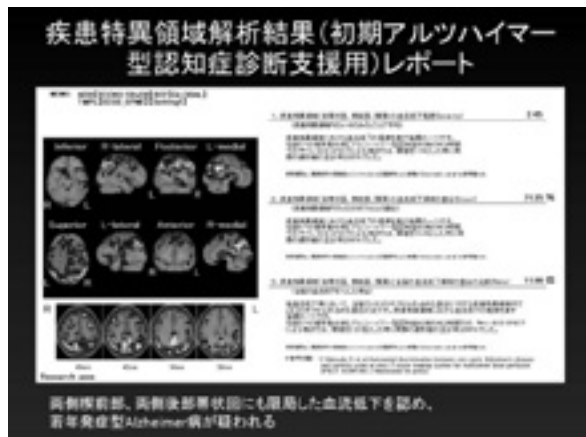
#### 異常があらわれやすい部分

- **アルツハイマー型認知症**  
→海馬、後帯状回、楔前部、頭頂葉
- **脳血管性認知症**  
→前頭葉を中心に全体
- **レビー小体型認知症**  
→後帯状回、楔前部、頭頂葉、後頭葉
- **前頭側頭型認知症**  
→前頭葉、側頭葉



- アルツハイマー型認知症（AD）では、海馬・後帯状回・楔前部・頭頂葉
- 脳血管性認知症では、前頭葉を中心に全体
- レビー小体型認知症（DLB）では、後帯状回・楔前部・頭頂葉・後頭葉
- 前頭側頭型認知症（FTD）では、前頭葉・側頭葉の血流が低下する。

viability、循環予備能の評価など治療方針の決定、治療効果判定、また認知症では統計解析ツールを使用した血流パターンの比較なども鑑別診断の補助として非常に有用であるが、安定した検査を行うには、最終的に作成された画像が適切なものか、総合的に判断できる能力が必要である。



SPECT 検査は、画像を肉眼で見て血流が低下している部分を特定し、認知症かどうかを診断するのは難しく、また時間もかかってしまう。そこで個々の患者の脳血流 SPECT 画像を標準脳の形態に変換し、統計解析を行うことで正常画像との比較が容易となり、また客観的な評価が可能となっている。具体的には、SPM (Statistical Parametric Mapping) を基本とした eZIS (easy Z-score Imaging System) が広く用いられ、認知症、その中でも最も多いアルツハイマー病の早期診断、鑑別診断、および経過観察における脳血流 SPECT の有用性は広く認知症診療において必須の検査となっている。

核医学画像は、脳血管障害の診断および組織

**[執筆者略歴]**  
 技師歴：19年  
 RI 担当歴：16年



## テクニカルディスカッション

臓器別に考える 頭部領域  
～虚血性脳疾患～ 教育的臨床病理検討会の活用上尾中央総合病院  
佐々木 健

臨床病理検討会（CPC：climico-pathological conference）とは、病理解剖例に関する臨床側と病理側の合同検討会で、診断が正しかったのかや治療効果や合併症の有無、死因の明確化など、医療行為を振り返り、医療の質の向上を図ることである。CPCの定期的開催は厚労省の研修指定病院認可条件の1つであるが、CPC資料作成の準備は非常に大変で、診療に忙殺されている医師の負担は大きい。CPC参加者の多くは主治医が所属する診療科医師、研修医と病理医がほとんどであり、職種も医師、臨床検査技師がほとんどであった。

上尾中央総合病院では定期的な教育的臨床病理検討会を開催するために、臨床検査専門医師、ICT（infection control team）所属の薬剤師、診療放射線技師の3名でCPCに適した症例の選択、多職種間で討議すべき問題と専門的解説・コメントを含む90分間のシナリオ案を作成し、関連する臨床医、研修医、看護師、診療技術スタッフなどにそれぞれの専門的立場から解説やコメントを頂戴することとしている。



図1：検討風景

過去に行った臨床病理検討会を以下に紹介する。病理画像も掲載しているため苦手な方は注意していただきたい。

「外食中に卒倒し、心肺停止状態になり当院へ搬送され4日後に死亡した61歳の男性」

臨床経過および検査所見

[患者の年齢と性別] 61歳 男性 無職（友人の現場仕事を時々手伝っていた）

[主訴]（突然の意識障害）

[家族歴] 不明

[既往歴] 平成5年頃（45歳）糖尿病（1～2年治療したが、自己中断）  
平成20年（60歳）橈骨神経麻痺、  
高血圧

[嗜好] 飲酒歴：ビール大瓶2～3本+ $\alpha$ /日、  
喫煙歴：40本/日

[生活歴] 独居、キーパーソンは妹  
（志木市在住）

[使用薬剤歴] 不明

[現病歴]

平成20年4月に飲酒後、右手指に運動障害（橈骨神経麻痺）が出現し当院を受診した。

頭部CTでは明らかな病変は指摘されず、2日後の頭部MRIでは慢性の脳虚血発作と考えられた。糖尿病を放置している他、血圧が180/110mmHg前後と高いことから内服治療が勧められたが、ご本人が希望されなかった。

平成20年7月には麻痺は、ほぼ改善。食事・運動等の生活習慣、禁酒・禁煙を指導されたが、平成20年10月を最後に当院への受診歴はない。

平成21年12月某日の20:48、鰻屋で外食中に卒倒し救急要請があった。

20:55 救急隊到着時にはCPA（cardio pulmonary arrest 心肺停止状態）で、店員により心肺蘇生術（胸骨圧迫のみ）が行われていた。救急隊により心肺蘇生術をされながら21:10に当院へ搬送された。

Q1、胸骨圧迫のみの蘇生術は適当だったか？

A、米国心臓協会（AHA）が「心肺蘇生と救急心血管治療のためのガイドライン2010」をCirculation（2010; 22: S640-S656）に発表。



心突然停止患者の蘇生を試みる場合、従来のABC〔気道確保 (Airway)、人工呼吸 (Breathing)、胸骨圧迫 (Compression)〕の順序をCABに変更すべきだとしている。



〔入院時現症〕 身長 165cm、体重 60kg、血圧 84/44mmHg、脈拍 86/分、体温 34.5℃、JCS (Japan Coma Scale) III -300、瞳孔 右 5.0mm 左 5.0mm 対光反射両眼 (-)

〔血液学的検査〕

白血球数 9,100 / $\mu$ L、赤血球数 427 万 / $\mu$ L、ヘモグロビン 14.3 g/dL、ヘマトクリット 43.4%、MCV 102 fL、MCH 33.5 pg、MCHC 32.9 %、血小板数 14.6 万 / $\mu$ L、プロトロンビン時間 (75.3 % 12.9 秒 INR1.18)、APTT 41.0 秒

〔生化学検査〕

総タンパク 6.1 g/dL、総ビリルビン 1.0 mg/dL、直接ビリルビン 0.3 mg/dL、AST 44 IU/L、ALT 32 IU/L、ALP 300 IU/L、LDH 303 IU/L、 $\gamma$ -GTP 34 IU/L、尿素窒素 12.8 mg/dL、クレアチニン 0.70 mg/dL、尿酸 5.2 mg/dL、Na 140 mEq/L、K 4.9 mEq/L、Cl 98 mEq/L、Ca 9.1 mg/dL、血糖 446 mg/dL、CK 67 IU/L、CK-MB 27 IU/L

〔血清学的検査〕

CRP 0.38 mg/dL、心筋トロポニン I 0.003 ng/mL

〔血液ガス分析〕

pH 7.760、PCO<sub>2</sub> 114.5 mmHg、PO<sub>2</sub> 176.5 mmHg、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 15.9 mmol/L、B.E -21.8 mmol/L、Sat 97.1 %、ctCO<sub>2</sub> 19.4 mmol/L

〔入院後経過〕

第1病日

21:10 当院救急外来に到着。静脈確保、ラクトック (乳酸リンゲル液) 点滴開始。ボスミン注

(アドレナリン) 1mg が繰り返し投与開始された。(計 5mg)

21:13 口腔内および気道内に食物残渣を多量に認め気管内挿管困難。

21:23 食物残渣をかき出した後、気管内挿管をした。

Q2、この時点で、どのような疾患の可能性が考えられるか？

A、Asystole/PEA の鑑別診断 (6H & 5T)

6H

- Hypovolemia  
循環血漿量減少
- Hypoxia  
低酸素症
- Hydrogen ion (acidosis)  
重篤なアシドーシス
- Hyper/Hypokalemia  
高/低 K 血症
- Hypoglycemia  
低血糖

- Hypothermia  
低体温

5T

- Tablets  
薬物中毒
- Tamponade  
心タンポナーデ
- Tension pneumothorax  
緊張性気胸
- Thrombosis (coronary)  
心筋梗塞
- Thrombosis (plumonary)  
肺塞栓症

\* AHA ALCS ガイドライン 2005 準拠より

検査所見より

- ①糖尿病 (Glu 446mg/dl より)
- ②軽度溶血 (AST,LDH,K の軽度上昇より)
- ③炎症 (WBC,CRP の軽度上昇より)
- ④ミトコンドリア由来のCK-MB の存在  
(CK/CK-MB が約 25% であるがトロポニン I が上昇していない為、心筋梗塞の初期もしくはミトコンドリア由来のCK-MB の存在の可能性)
- ⑤発作直後 (目立つ異常値がないことから)

血液ガス分析より

- ・ PaCO<sub>2</sub> 114 ↑ (40 ± 5) より呼吸性アシドーシスが存在する。
- ・ HCO<sub>3</sub> 15.9 ↓ (24 ± 2) より代謝性アシドーシスが存在する。
- 以上より混合性アシドーシスが存在する。正常との変化率を見ると急性呼吸性アシドーシスが主体と考えられる。
- ・ AG = Na - (HCO<sub>3</sub> + Cl) = 140 - (15.9 + 98) = 26.1 (12 ± 2) より AG の開大を伴う代謝性アシドーシスである。
- ・ 補正 HCO<sub>3</sub> = Δ G + HCO<sub>3</sub> = (26 - 12) + 15.9 = 29.9 より、補正 HCO<sub>3</sub> は正常 (24 ± 2) より 5.9 (± 2) 増加しており、代謝性アルカローシスを合併していると考えられる。
- ・ Δ HCO<sub>3</sub> ↑ = 0.1 × Δ PaCO<sub>2</sub> ↑ = 0.1 × (114.5 - 40) = 7.4 となり、補正 HCO<sub>3</sub> で計算した変化とほぼ一致、代謝性アルカローシスは代償性の変化と言える。
- ∴急性呼吸性アシドーシス + 代謝性アシドーシス (乳酸アシドーシス?) + 代償性代謝性アルカローシス

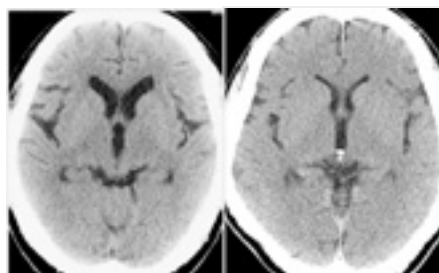
画像所見より



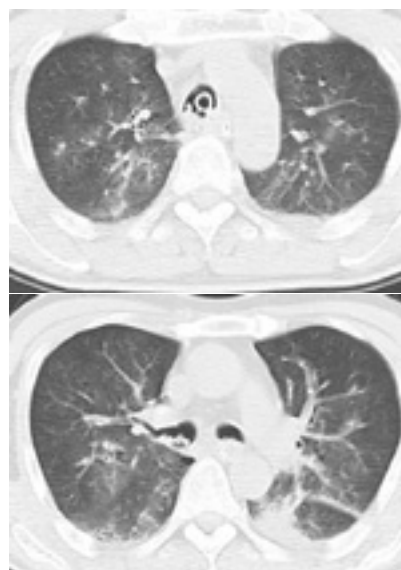
縦隔に心肺蘇生術後変化が見られる。  
挿管チューブ位置は適当。  
その他、特記事項なし。



心肺蘇生術後変化が見られる。  
その他、特記事項なし。



脳室の狭小化、皮髄境界の不明瞭化が認められる。



気道内に異物の存在を認める。  
肺野の透過性低下所見は心肺蘇生術後変化。

本症例（突然発症）における鑑別診断

- Hypovolemia
    - 致死的不整脈（AMI、弁膜症、その他）、大動脈解離・瘤破裂、ショック（アナフィラキシー、敗血症、神経原性、心原性）
  - Hypoxia
    - 誤嚥による窒息（\*誤嚥に至る原因は様々な可能性）慢性呼吸不全増悪、心不全・腎不全
  - Hyper/Hypokalemia
    - 腎不全による高K血症
  - Hypoglycemia
  - Tamponade
  - Tension pneumothorax
  - Thrombosis (coronary)
    - 広範な梗塞、致死的不整脈、心破裂
  - Thrombosis (plumonary)
    - 広範な塞栓、右室拡大による左室圧排
- [入院後経過]

21：25 心拍再開。

塩酸ドパミン：DOA（600mg/200mL）5mL/時で開始したところ、血圧178/90mmHgに上昇したため、DOA中止した。

21：34 血圧が78/46mmHgに低下し、DOA5mL/時を再開し、救急ICUに入室した。

Q3、心拍再開時の心電図判読



- A、
- 1、心拍数104/分、洞性頻脈
  - 2、PR・QRS・QT間隔は正常
  - 3、軸は高度の右軸偏位（I・aVF、S1S2S3パターン）→細長体型、肺気腫、伝導路異常
  - 4、時計回転（移行帯がV5）  
→右室肥大に多く見られる
  - 5、軽度右室肥大 V6（R/S < 1）
  - 6、aVR, V1でのST上昇、I II ,aVL,aVF,V3-6でのST低下・陰性T

→左本幹病変の可能性

aVR, V1でのST上昇は左本幹またはLAD近傍の病変を示唆し感度、特異度が80%以上と高い。ST低下はミラーイメージ。

→急性肺塞栓の可能性

本疾患に特異的心電図所見はないが、急性右心負荷所見としての軽度右室肥大、S1S2S3パターンの右軸偏位、時計回転、不完全右脚ブロック様rSr'、II・aVLのST低下はこれを支持する。その他、S I Q III T III、V1-3のST低下などは見られていない。

以上より

- ① 本幹閉塞病変または急性肺塞栓を疑う。
- ② 急性大動脈解離、SAHでも様々な心電図所見を呈するため否定できない。

→胸部XP、頭部CT、胸腹部単+造影CT、心エコーにて評価が必要。

[入院後経過]

第2病日

JCS III -300、瞳孔散大（右5.0mm 左5.0mm）DOA（600mg/200mL）20mL/時、ノルアドレナリン（5mg/100mL）20mL/時まで増量したが、血圧は60/40 mmHg前後であった。

アシドーシスに対しては、メイロン（炭酸水素ナトリウム：アシドーシス治療薬）を開始。

2：10 血液ガス分析で、SAT84.8%、pO2 65.5mmHg、pCO2 61.0mmHgに悪化し、FiO2 100%の設定へ変更した。

血糖値302mg/dL（動脈血）、尿量は270mL/日、泥状～水様便が多量に排泄された。

食物残渣による吸引チューブの閉塞が度々みられた。

Q3、血糖コントロールをどうするか？

A、ICUの患者の血糖管理

重症患者の血糖は140mg/dLから180mg/dLを目標値にすべき。

Clinical practice. Glycemic control in the ICU. N Engl J M :2010Dec23;363 (26) :2540-6.



インフォームドコンセント：

主治医：倒れてから蘇生まで30分ぐらいかかっています。頭部のCTを撮っていますが、光に対する反応を見ると脳の機能は停止しています。脳の線維と細胞の部分がCTで、はっきり分からないので酸素が脳に届かず、脳死の状態です。血圧を上げる薬を使っても、血圧が保たれていません。近いうちに心停止する可能性があります。良くて植物状態。心肺停止の原因は不明です。一般的には、くも膜下出血や心筋梗塞が原因のことが多いですが、原因が分からない人もいます。今後蘇生は行いますか？

家族(妹)：それは、なしで。

主治医：血圧も下がってきているので難しい状態です。お住まいは？

家族(妹)：志木市です。

主治医：遠いですね。身内の方は他には？

家族(妹)：他はもう亡くなっているので・・・。

主治医：そうですね・・・。こういう状態になっても歩いて帰る人もいますが、蘇生までの時間が長かったから。

家族(妹)：すぐだめになりますか？

主治医：その可能性が高いです。

家族(妹)：帰ったりするのは？

主治医：帰っても良いですが、死に目には会えないです。死亡確認はこちらの方でも良いですか？

家族(妹)：それで大丈夫です。

主治医：代理の医師が対応することもあります。・・・残念でした。

家族(妹)：はい。急だったもので。何かあったら連絡をお願いします。

[入院後経過]

第3病日

JCS III -300、瞳孔散大(右5.5mm 左5.5mm)、尿量 85mL/日、収縮期血圧 70~80 mmHg 前後、暗緑色便頻回、14:30にSat測定不能となりチアノーゼが出現した。



図2、第3病日胸部臥位正面画像

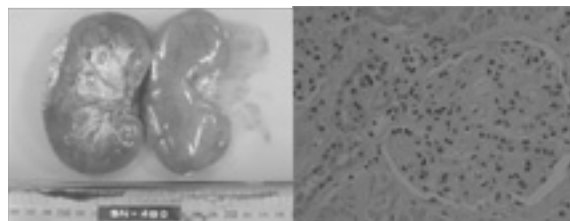
第4病日

瞳孔散大(右6.0mm 左6.0mm)、対光反射なし、血圧 50~60mmHg、心拍数 50~60/分  
10:56 心肺停止を確認。

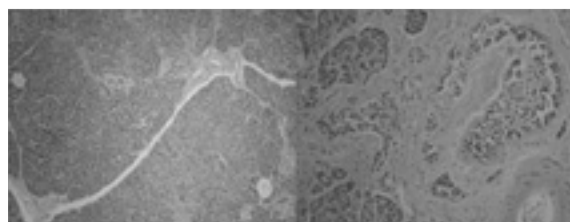
Q4、死因はなにか？

Q5、病理解剖ではなく司法解剖をすべきではなかったのか？

【病理解剖結果】

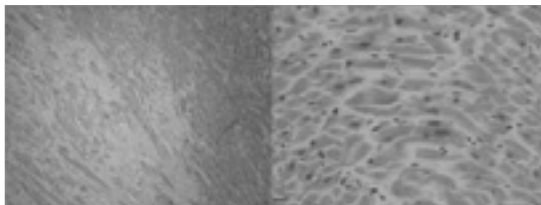
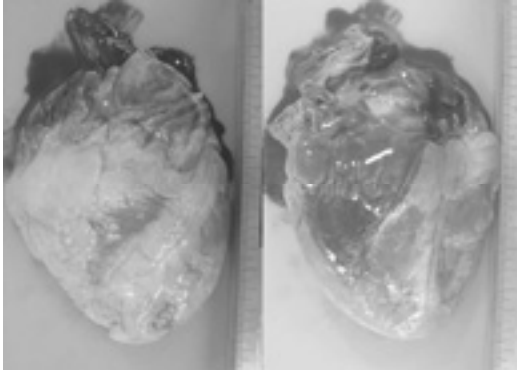


腎臓：糖尿病性腎症(びまん型) 140g

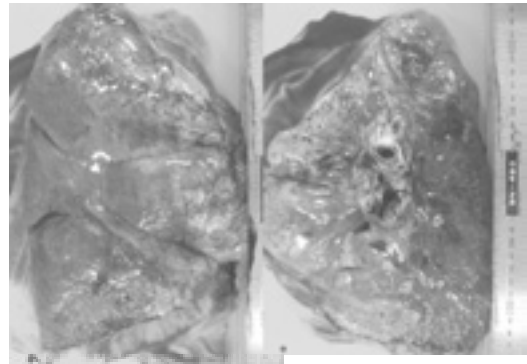


脾臓：萎縮 80g、ラ氏島ほとんどなし

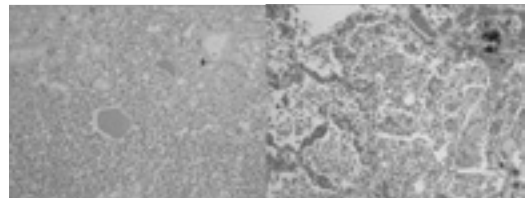




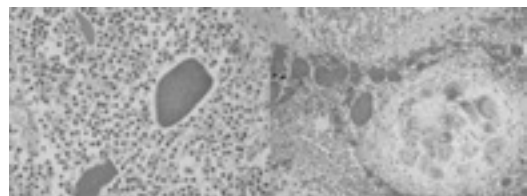
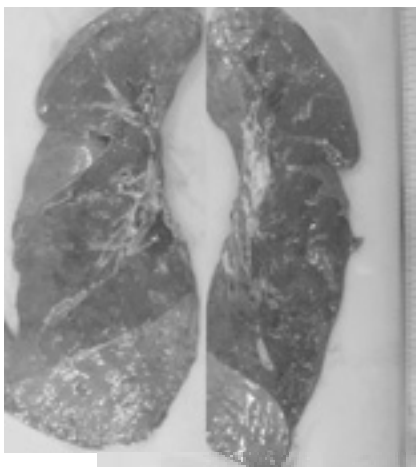
心臓：求心性心肥大 360g  
左室心筋軽度線維化（左下）  
前壁心筋壊死（右下）



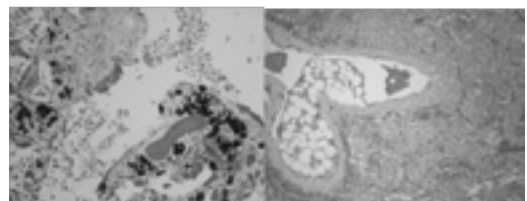
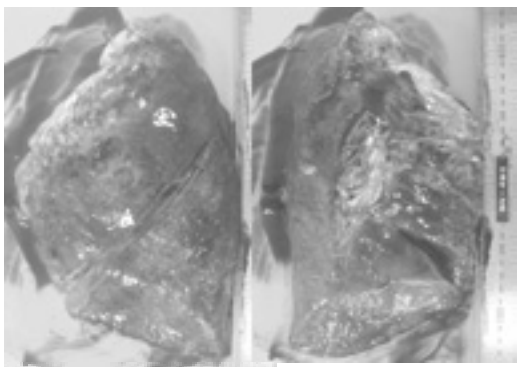
肺臓：肺うつ血水腫著名 右 900g 左 790g



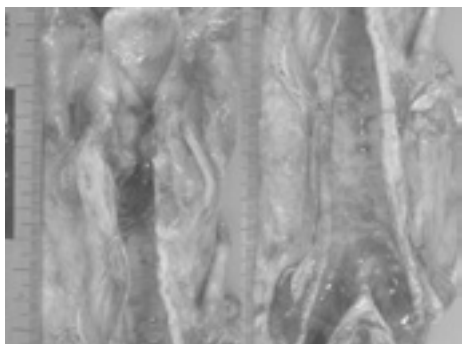
肺胞内嚥下内容（異物）・好中球浸潤（左図）  
嚥下性肺炎（右図）



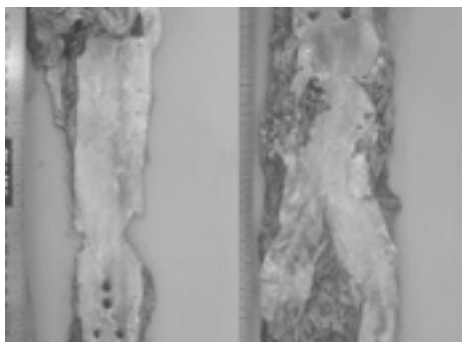
肺胞内食物残渣（異物）（左図）  
肺胞内異物肉芽腫形成（右図）



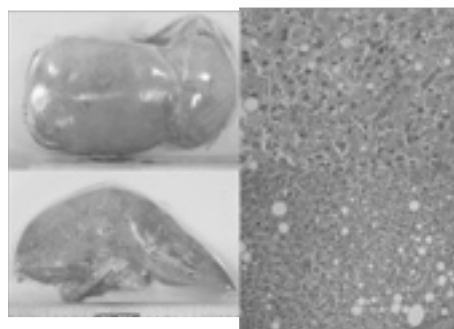
炭粉沈着（左図）  
肺動脈骨髓塞栓（右図）



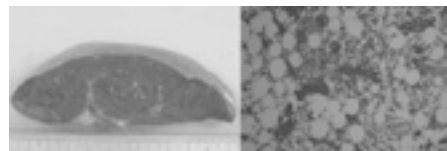
気道内少量の食物残渣残存



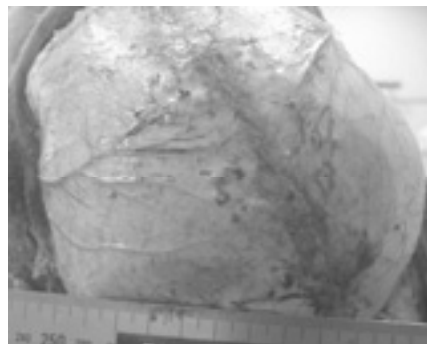
腹部大動脈石灰化・潰瘍形成



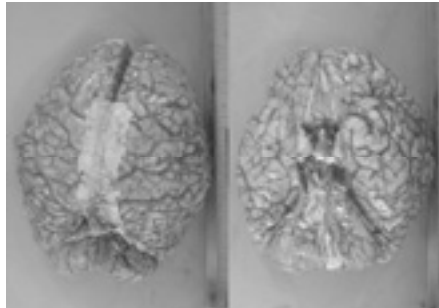
肝臓：肝うっ血 1280g、  
小滴性～大滴性脂肪変性軽度（右図）



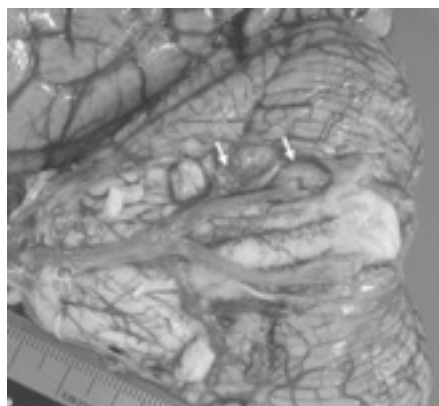
脾臓：脾うっ血 200g、軽度脂肪髄



脳硬膜血管怒



脳腫脹 1600g（脳出血、脳梗塞なし）



小脳扁桃ヘルニア

【病理解剖学的診断】

糖尿病＋慢性脳虚血性発作＋誤嚥窒息

食事中に突然倒れて心肺停止、気道内食物残渣多量に貯留とのことから誤嚥窒息により急激な心肺停止をきたした。その後の3日以内に呼吸管理装置などにより脳腫脹をきたし小脳扁桃ヘルニアを生じたと推察する。

以上が、過去に行われた臨床病理検討会の一例である。

本症例は「なぜ誤嚥したのか」に議論が集中した。以前に飲酒後、右手指に運動障害があり橈骨神経麻痺+慢性脳虚血発作があることから、今回も脳虚血変化があり、誤嚥したのではないかと予想された。

病理医の見解は、小脳扁桃ヘルニアの原因が脳腫瘍であれば運動障害などすでに症状が現れているはずなので否定的。循環障害はやわらかく崩れやすい小脳からの出血もなかったため否定的であった。小脳梗塞も考えられるが、脳の動脈硬化も少なく、心原性心弁膜症も認められなかった。異物に対する生体反応により肺胞内には異物巨細胞が多数、異物肉芽腫形成を認め、誤嚥性肺炎が著明であった。

私の意見としては、それでも虚血性脳疾患があり誤嚥したと考えているが、残念ながら証明するものは見つけれなかった。

現在のモダリティ別で分けられた診療放射線技師では、一人の患者に向き合う機会が非常に少ない。それは患者の持っているヒストリーを読み取ることが困難であるとも言えられる。

繰り返しになるが、現在のモダリティ別の考え方は、効率的に業務を行う上では必要であるが、診療放射線技師の教育上は脱却し、臓器別、疾患別に学んでいくことが社会的立場を向上させるうえでも必要事項であると考えている。

[執筆者略歴]

技師歴 12年

