

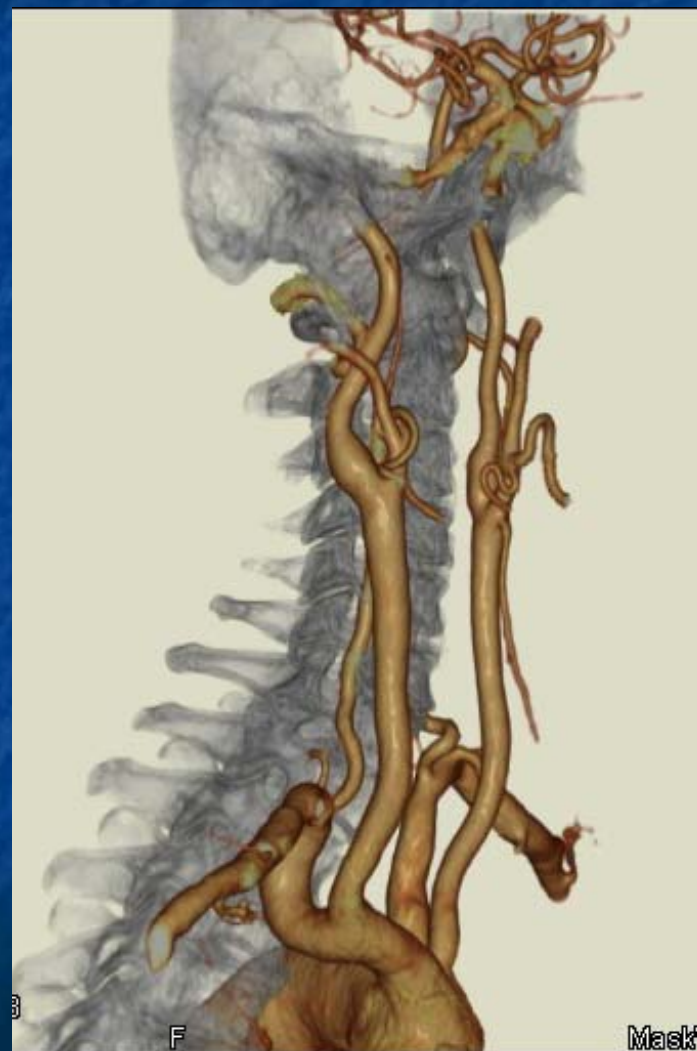
# 知っておきたいICT検査技術 — 頸部 CT・A —

長崎大学医学部・歯学部附属病院  
医療技術部 放射線部門

福田 徹

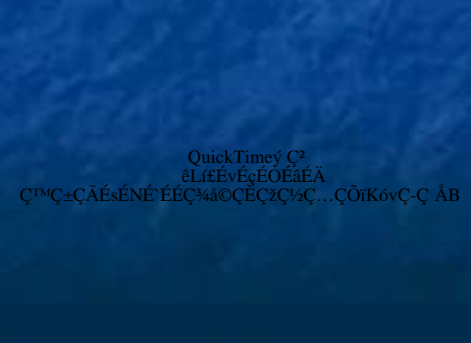
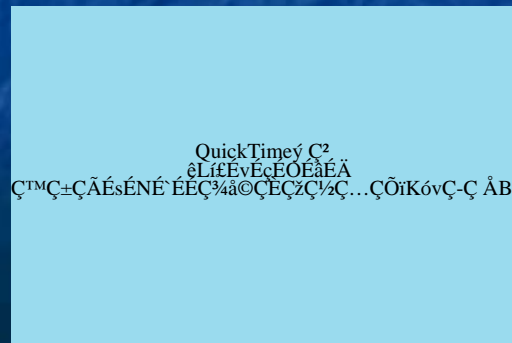
# 頸動脈の解剖

QuickTimeý Ç²  
êLí£ÉvÉçÉOÉâÉÄ  
Ç™Ç±ÇÃÉsÉNÉ`ÉÉÇ³4â©ÇÉÇzÇ½Ç...ÇÖiKóvÇ-Ç ÅB



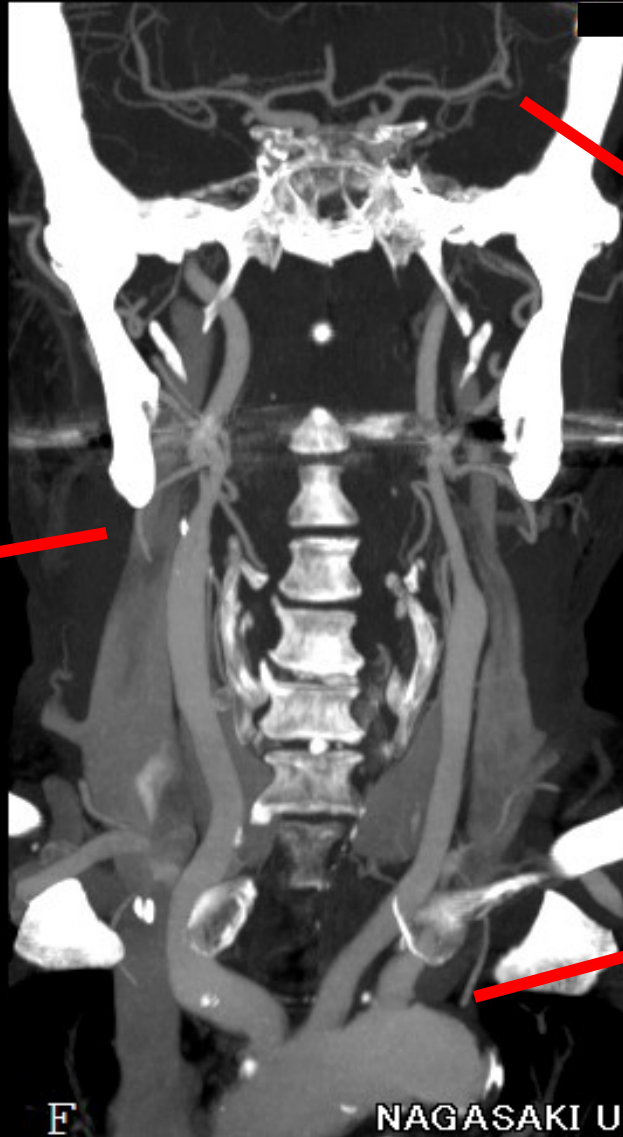
# 背景

- 脳血管疾患を伴う患者の評価では治療法の決定において、大動脈弓からウィリス動脈輪までの完全な血管イメージングを把握する必要がある。
- 特に、血管造影検査や血管内手術前においては血管の走行や粥腫の有無が重要となる。
- この4月より、頸動脈に対する血管内ステント治療が保険適応となった。



# CT Angiograms: MIP (30mm)

150.00mm(284.71)



150.00mm(150.00)



150.00mm(177.01)



150.00mm(177.01)



WL=397  
WW=900  
Proscope300  
Aquilion

F

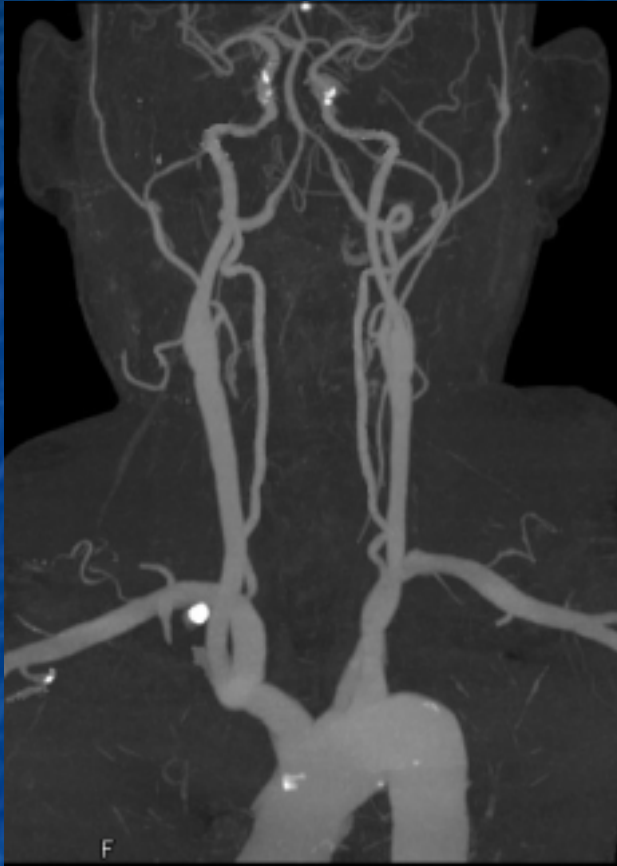
NAGASAKI UNIV.

WL=326  
WW=595  
Proscope300  
Aquilion

P

NAGASAKI UNIV. HOSPITAL

# 頸動脈：MD-CTA vs. MRA



- MD-CTAの良さ
  - 空間分解能がより高い
  - 狭窄度の精度が高い
  - ステント内の描出が可能



- MRAの良さ
  - 低侵襲、呼吸停止、造影無し
  - 電離放射線による被ばく無し
  - 石灰化による内腔描出障害無し

# 本日の内容

- 造影技術
- 撮像技術
- 臨床目的
- 三次元画像作成・表示技術

# 造影技術

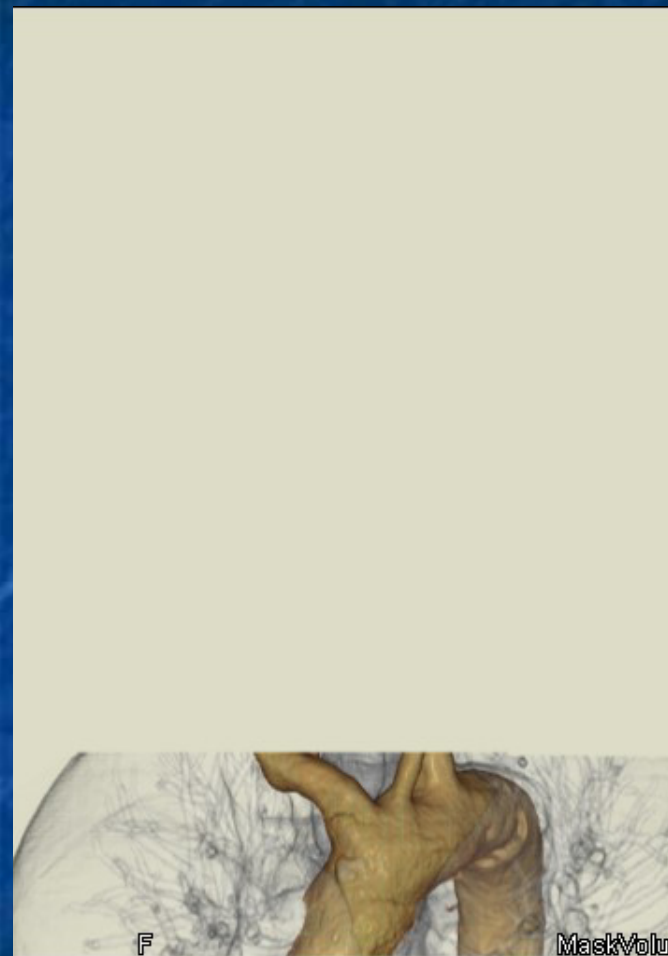
- CT装置固有の撮像時間
- 患者自身（体重、心機能）
- 生理食塩水後押し
- ボーラストラッキング法

# CT装置固有の撮像時間(30cm)

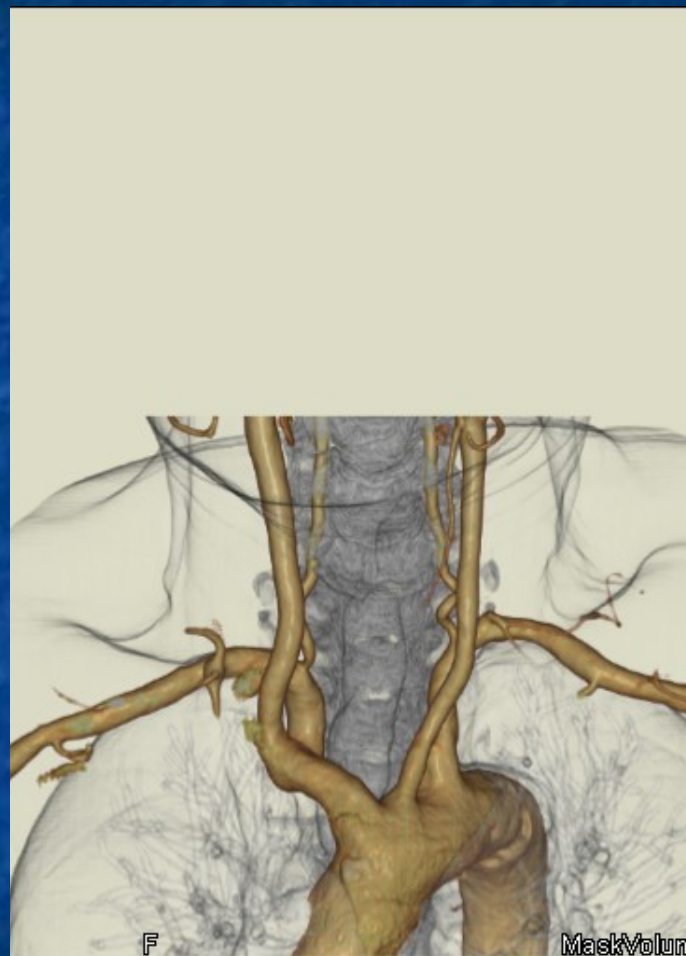
列数	検出器の サイズ	Helical Pitch	Rotation Time	撮像時間 (秒)
シングル	5mm	1.5	0.7sec	28
4列	1mm	$6/4=$ 1.5	0.5sec	25
16列	1mm	$15/16=$ 0.9375	0.5sec	10
64列	0.5mm	$53/64=$ 0.8281	0.5sec	5.66



# 撮像範囲 ( 30cm 64列CTを基準 )



シングル/4列

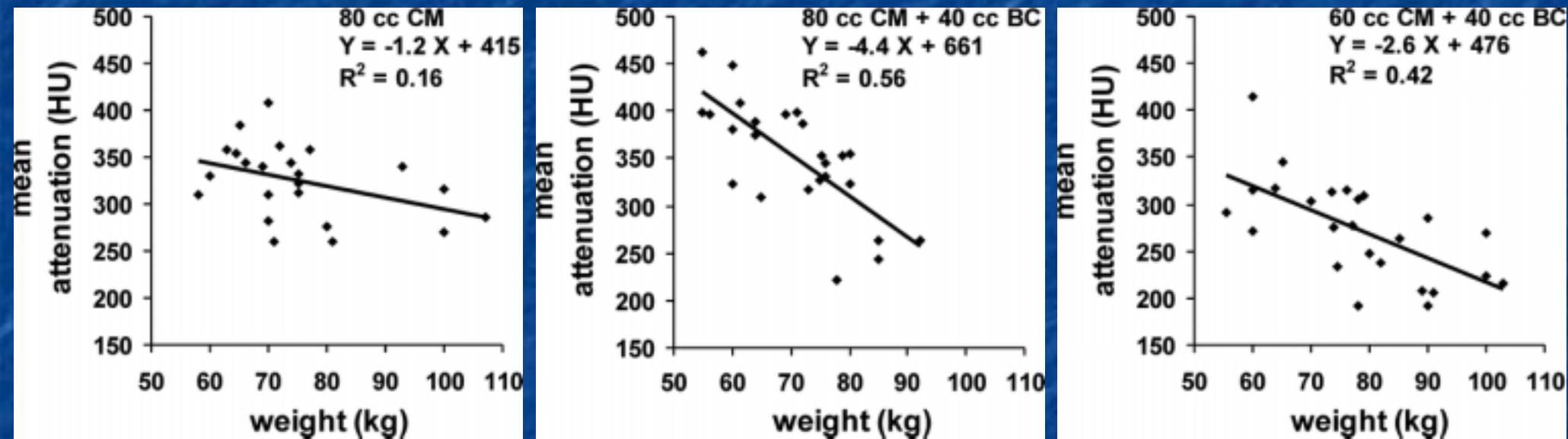


16列



64列

# 体重の増加に伴う Enhancement Unit(EU)の低下



- Sixteen-Detector Row CT Angiography of Carotid Arteries: Comparison of Different Volumes of Contrast Material with and without a Bolus Chaser (*Radiology* 2005;237:555-562.)

# 患者自身による要素

## ■ 心機能

Parameter	Group 1 (80-mL CM)	Group 2 (80-mL CM plus 40-mL BC)	Group 3 (60-mL CM plus 40-mL BC)
No. of patients	25	25	25
M/F	14/11	17/8	13/12
Mean age (y)	60 (36–81)	68 (27–84)	60 (22–85)
Mean weight (kg)	75 (58–107)	71 (55–92)	78 (56–103)
Right/left injection side*	24/1	22/3	17/8
Mean scan delay (sec)	18 (12–26)	18 (15–24)	19 (14–27)
Mean scan time (sec)	14 (11–17)	13 (11–16)	13 (11–15)
Mean scan coverage (mm)	331 (275–401)	325 (256–372)	316 (256–368)
Mean no. of sections	553 (459–670)	546 (427–637)	527 (427–621)

(*Radiology* 2005;237:555-562.)

# 生理食塩水の後押し

## ■ 造影剤の量（適量とは）

QuickTime<sup>®</sup> 2  
©Apple Computer, Inc., 2000.  
©Apple Computer, Inc., 2000.

Intraluminal attenuation in group 1 (80-mL contrast material, n = 25), group 2 (80-mL contrast material plus 40-mL saline, n = 25), and group 3 (60-mL contrast material plus 40-mL saline, n = 25) at different locations, from the ascending aorta to the circle of Willis. (*Radiology* 2005;237:555-562.)

# 生理食塩水の後押し

- 上肢に残るデッドスペース（約20mL）の造影剤を押し出す事による造影剤の減量と造影効果の延長が期待出来る。
- 造影剤の粘稠度との差があるため、3mL/sec程度の注入速度では、押し切れない事もある。注入圧との関係もあるが、造影剤の注入速度 + 1mL/secが目安となる。（造影剤との注入圧を変えない）
- 但し、必要となる二股チューブや生食水用シリンジのランニングコスト（約1,200円）が発生する。

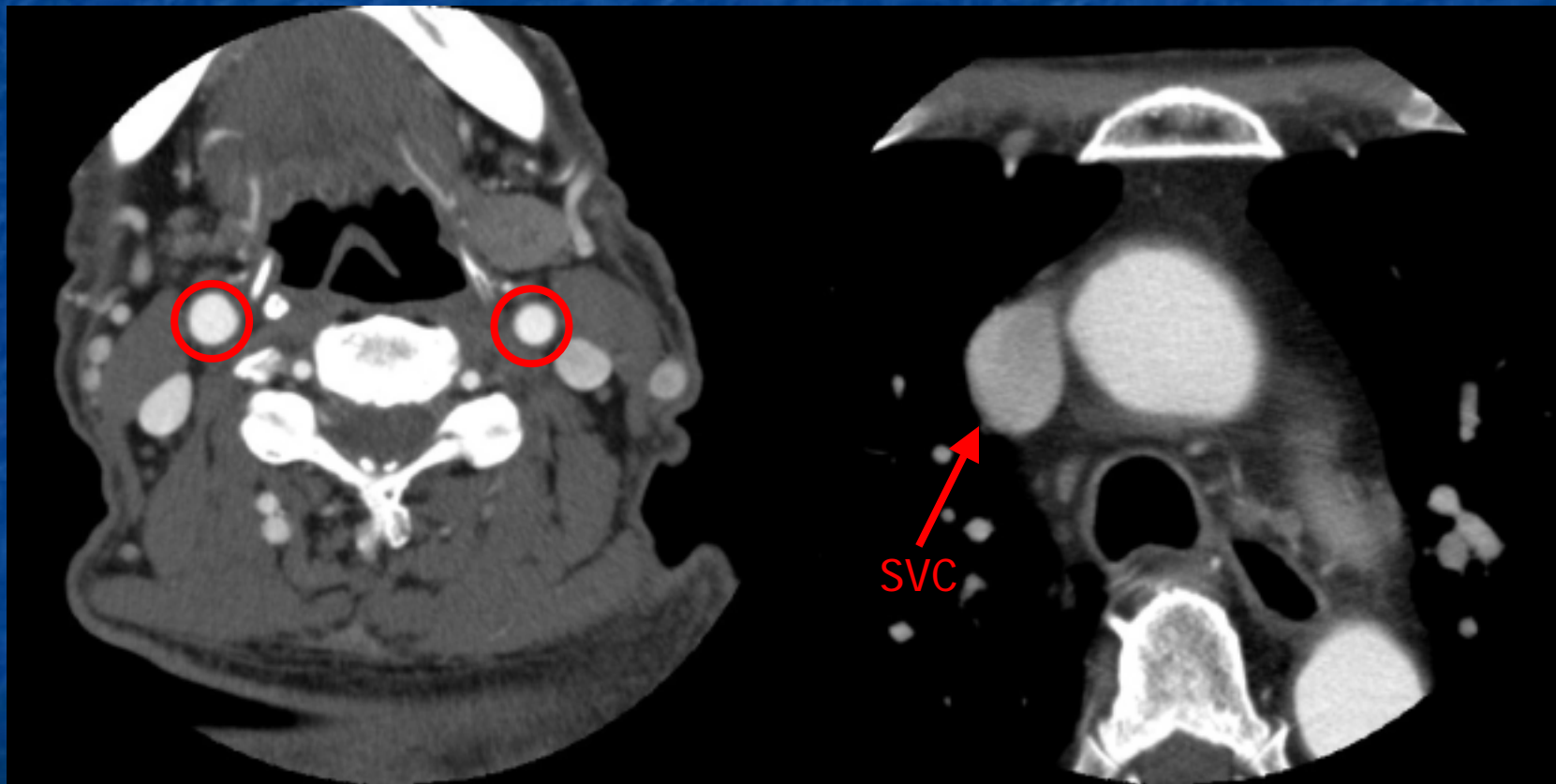
# Bolus Tracking/Test Injection

- 装置の高性能化による撮像時間の短縮、および造影剤の注入時間の短縮で撮像タイミングを合わせる事が難しくなった。そのため、Bolus Tracking/Test Injection法を用いる事で最適な撮像タイミングをとらせる事は必要不可欠である。
- トリガーがかかってから撮像までは、装置および撮像プロトコルによって、タイムラグが生じるので、その辺りも考慮する必要がある。

# Bolus Tracking/Test Injection

- Monitoring位置 : 上行大動脈 (SVCから離す)  
もしくは、総頸動脈 (C-4)
- ROIのTrigger値 : 160HU (約120EU)
- Delay Time : 12秒 (注入圧4ml/secの場合)  
(注入圧は約7秒で安定する)
- 穿刺部位は右腕の正肘皮静脈がベスト  
左側からの注入では、静脈弁の影響で頸静脈に逆流する事もしばしばある。また、大動脈弓部の上を通るのでアーチファクトの原因にもなる。
- 呼吸停止のタイミングは、トリガーがかかってから撮像位置までの移動時間に行うと良い。

# Bolus Tracking/Test Injection



総頸動脈（C-4付近）

上行大動脈（胸骨上縁より50mm下）



# 撮像技術

- チルトヘリカル
- 撮像方向
- 撮像条件

# チルトヘリカル

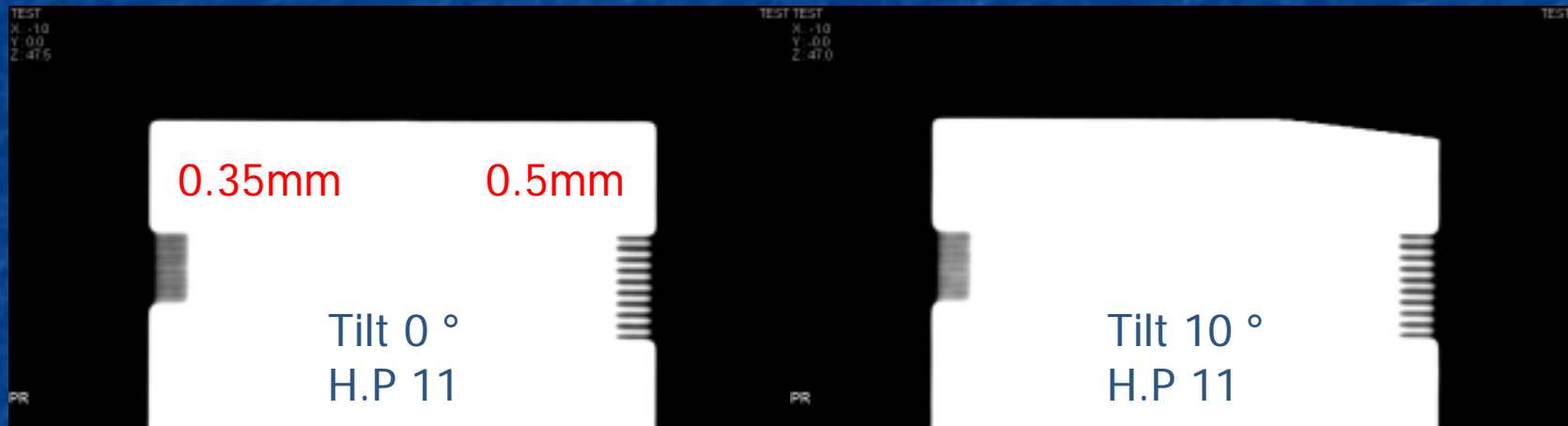
- CEA(carotid endarterectomy)やCAS(carotid artery stenting)後の確認造影検査においては義歯からのアーチファクトを外し、術後の部位を広範囲に観察するのに適している。
- 眼球への直接線の被ばく低減効果がある。
- 再構成時間の遅延がある。
- 東芝メディカルシステムズ製の4列以上のMDCTが対応している

# チルトヘリカル

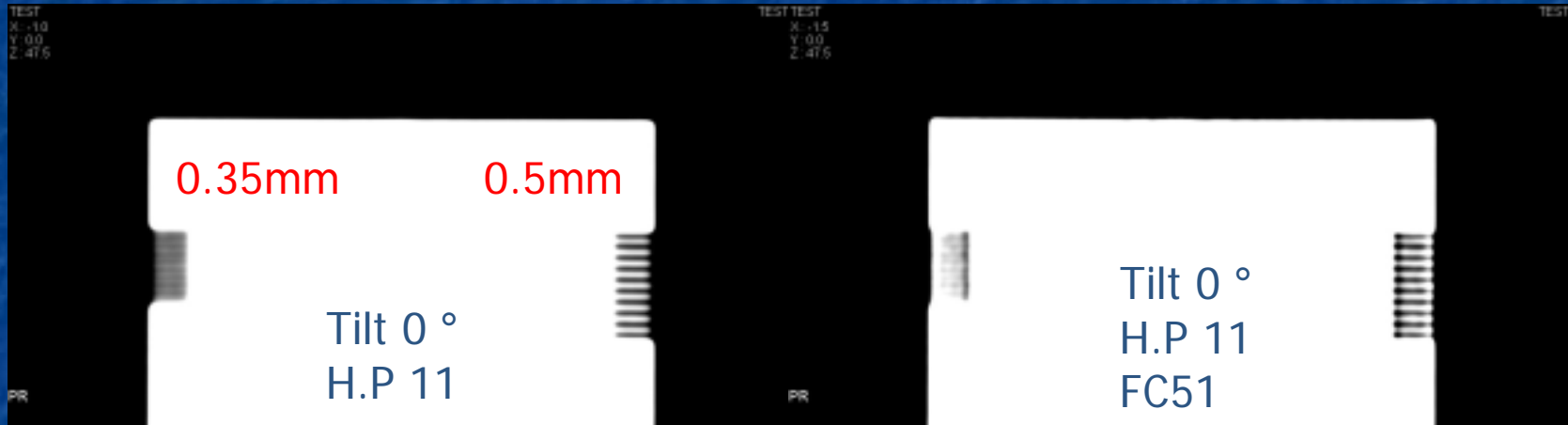
- 東芝Aquilion16において、楕形ファントム（大和樹脂製）を使って検証した。  
（0.3～0.55mmで0.05mm刻み）
- 0.5mm×16を用いてチルト角を0°と10°ヘリカルピッチを11、15、19と変化させ、MPRにて楕形の形状を観察した。
- 撮像条件は、120kV、100mA、Rotation time 1.0sec、FOV 70mm
- 再構成関数はFC13(Body Sharp)  
（0.5mm Slice厚で0.1mm間隔にて再構成）



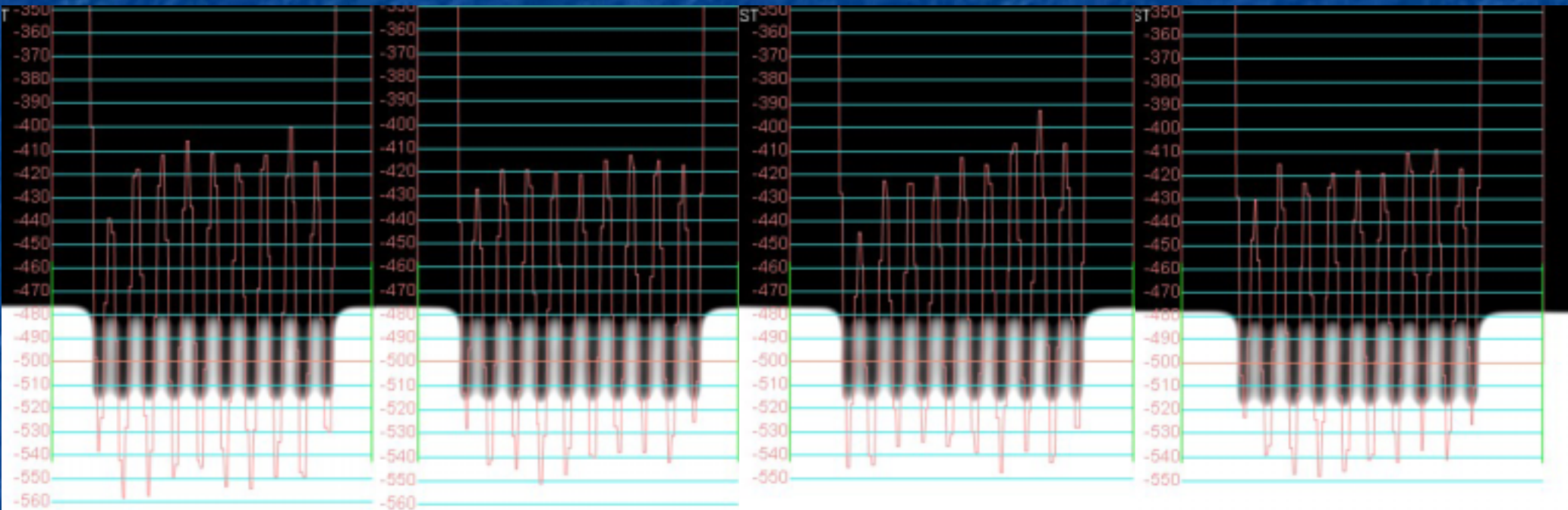
# チルトヘリカル



# チルトヘリカル



# チルトヘリカル



Tilt 0°  
Pitch 11

Tilt 10°  
Pitch 11

Tilt 10°  
Pitch 19

Tilt 13°  
Pitch 11

# 撮像方向

- 頭尾方向(Craniocaudal scan)と  
尾頭方向(Caudocranial scan)
- 16列CTを用いた頸動脈CT Angiographyにおける  
撮像方向の検討  
( 第一回 九州放射線医療技術学術大会 発表 )  
( 2006年11月 )

# 目的

- 頚動脈CT Angiographyにおいて、従来より行われているCaudocranial scan（尾頭方向）と生理食塩水の後押しをいたCraniocaudal scan（頭尾方向）で、その造影効果とArtifactsの影響について、比較検討した。



# 方法

- 対象者 28名

Caudocranial scanを用いた患者 12名  
(2005年11月～2006年5月)

Craniocaudal scanを用いた患者 16名  
(2006年6月～2006年8月)

男性21名、女性7名 平均年齢72歳(58～84)

- 使用機器

CT装置：東芝メディカルシステムズ Aquilion16

造影剤自動注入器：根本杏林堂 デュアルショットGX

画像解析装置：ZIOSTATION system 610

## ■ 撮像プロトコル

### 撮像範囲

上行大動脈～トルコ鞍の2 cm上まで

### 撮像パラメーター

1mm×16列 HP : 11 (Table feed 11mm)

Gantry rotation time : 0 . 5 s e c

120 k V 150m A s Real EC ( S D : 7.5使用 )

再構成関数 : F C 0 4、RASP filter使用

# CT Angiograms:MIP(30mm)



Caudocranial scan



Craniocaudal scan

- 造影方法

ルート確保：留置針 20 ~ 21G を使用

**Caudocranial scan**

造影剤を 4 mL/sec で 9.5 mL 注入

**Craniocaudal scan**

造影剤を 4 mL/sec で 9.0 mL 注入の後、

生理食塩水を 5 mL/sec で 3.0 mL 注入

造影剤：プロスコープ 300 mg I/mL

(田辺製薬)

- Bolus tracking ( Real Prep. ) 法を用い、造影剤注入 1 2 秒後から上行大動脈にて、モニターリング スキャンを開始。

Region of interest ( ROI ) の C T 値が 1 6 0 HU を超えてから撮像開始。

Triggerがかかっているから、撮像までの時間は

Caudocranial scanが 5 秒

Craniocaudal scanが 7 秒

## ■ Caudocranial scanとCraniocaudal scanについて

### 【動脈】

上行大動脈 (Asc Ao) , 大動脈弓部 (Ao Arch) ,  
総頸動脈 (CCA) , 内頸動脈 (ICA) ,  
頸動脈サイフォン (Carotid Siphon)

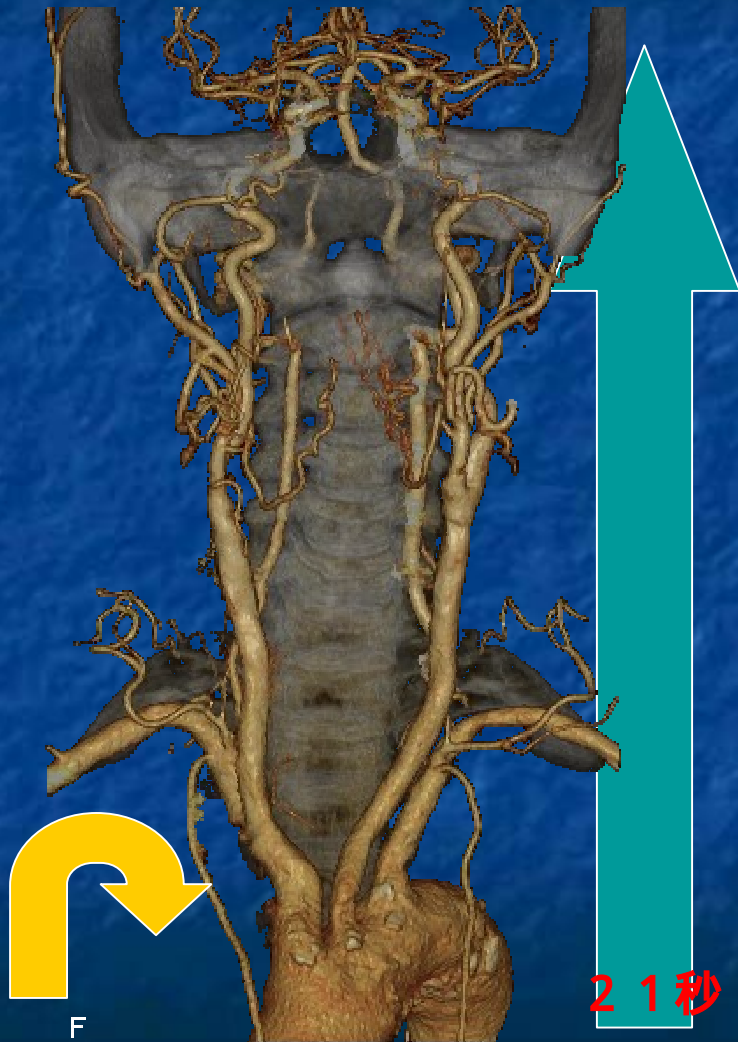
### 【静脈】

海綿静脈洞 (Csi) , 内頸静脈 (IJV) ,  
上大静脈 (SVC)

のCT値をそれぞれ計測した。

(FOV : 150mm)

# Caudocranial scan(尾頭方向)



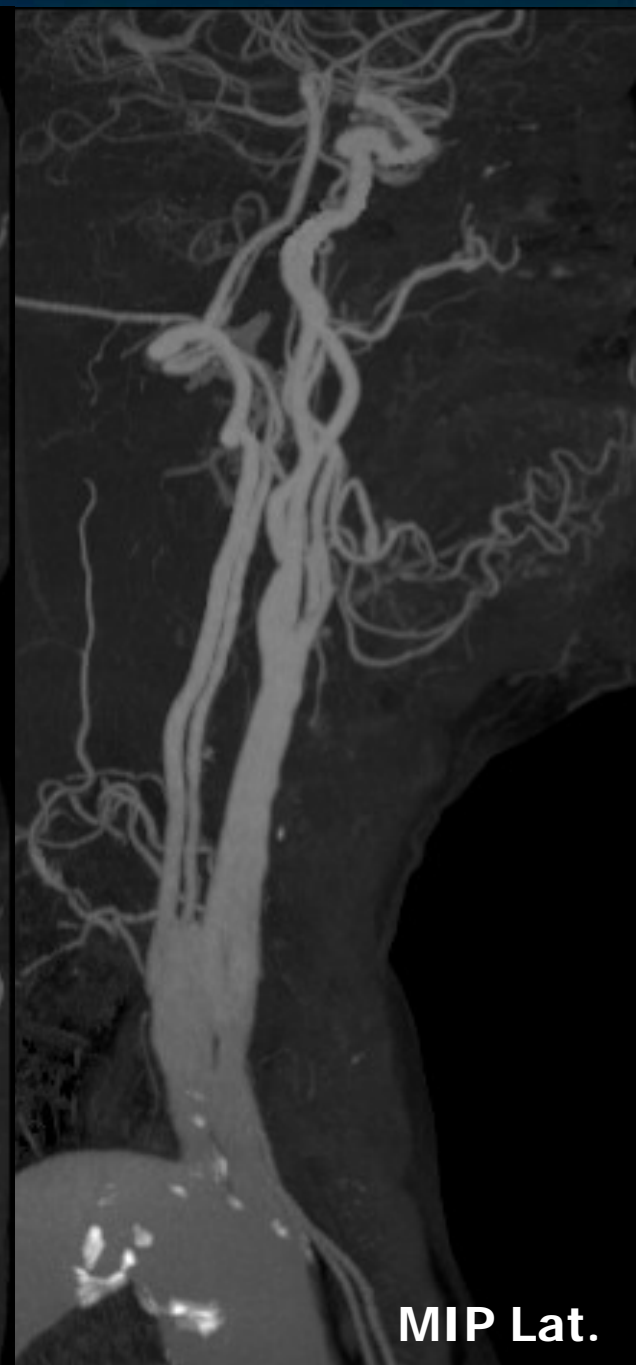
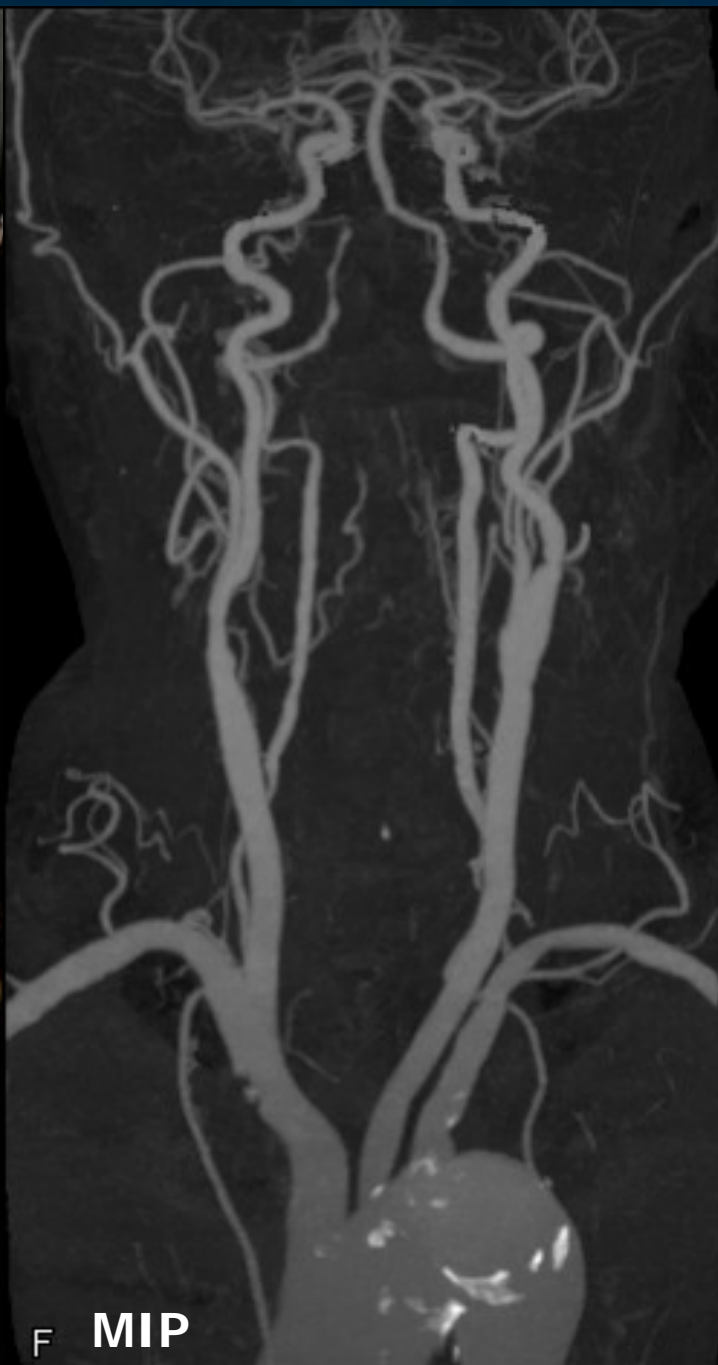
- 動脈の流れに沿って、撮像する。
- 造影剤が流入している状態で撮像範囲を通過する。
- 撮像時間 13秒
- 撮像開始時間 5秒
- デッドスペース通過時間 5秒(20mLと仮定する)
- 平均開始時間  $21 \pm 2.53$ 秒

# Craniocaudal scan(頭尾方向)



- 動脈の流れに逆らって、撮像する。
- 造影剤流入時間は撮像時間 + 移動時間必要。
- 撮像時間 13秒
- 撮像開始時間 7秒
- デッドスペース通過時間 4秒 (20mLと仮定する)
- 平均終了時間  $35.8 \pm 3.03$  秒





# 方法（Artifactsの評価）

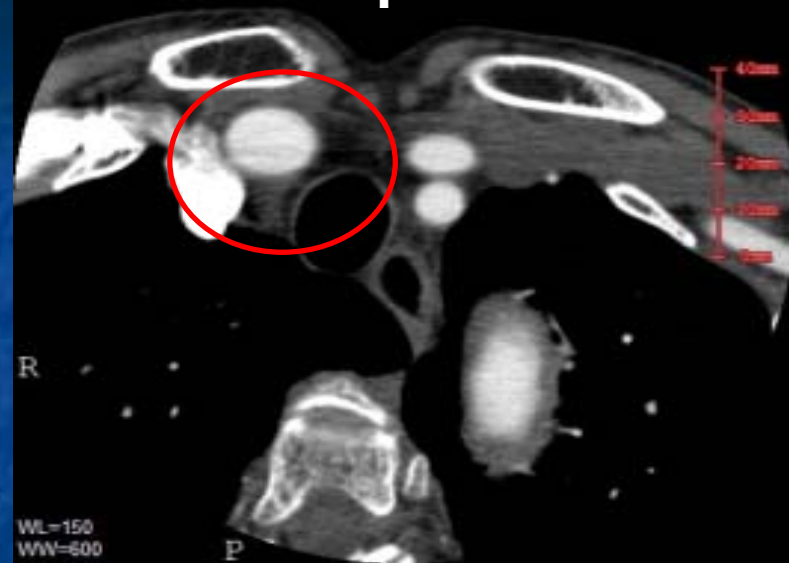
- 造影剤によるStreak artifactsの影響を放射線技師 2名、放射線科医師 3名にて 0 ~ 3 の 4 段階に分けて評価した。
  - Score 0 : Streak artifactsが無い。
  - Score 1 : 僅かにStreak artifactsがあるが問題 無い。
  - Score 2 : 部分的に動脈が見えない。
  - Score 3 : 完全に動脈が見えない。

t 検定を行い、 $p < 0.05$  を有意差有りとした。

# Artifacts graded on a four-point scale



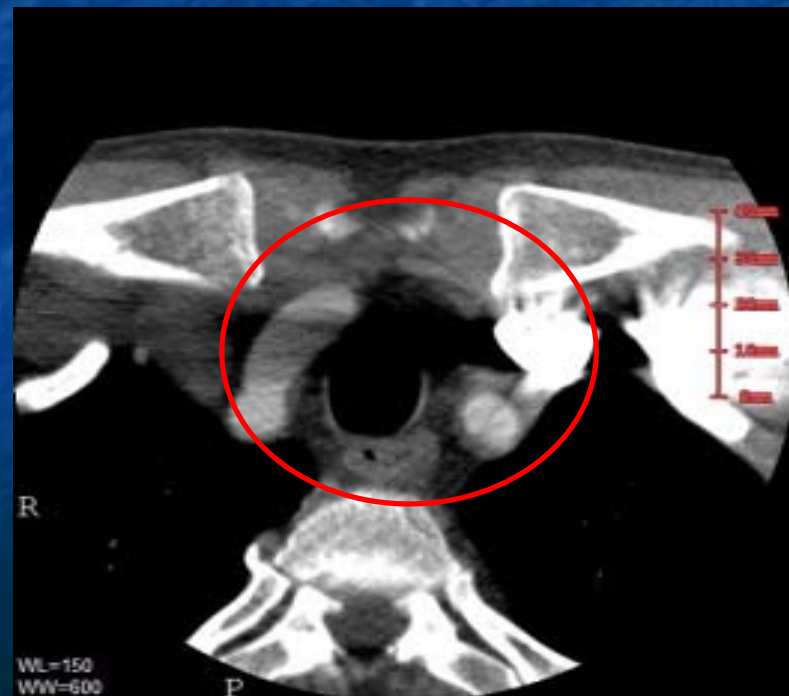
Score 0



Score 1

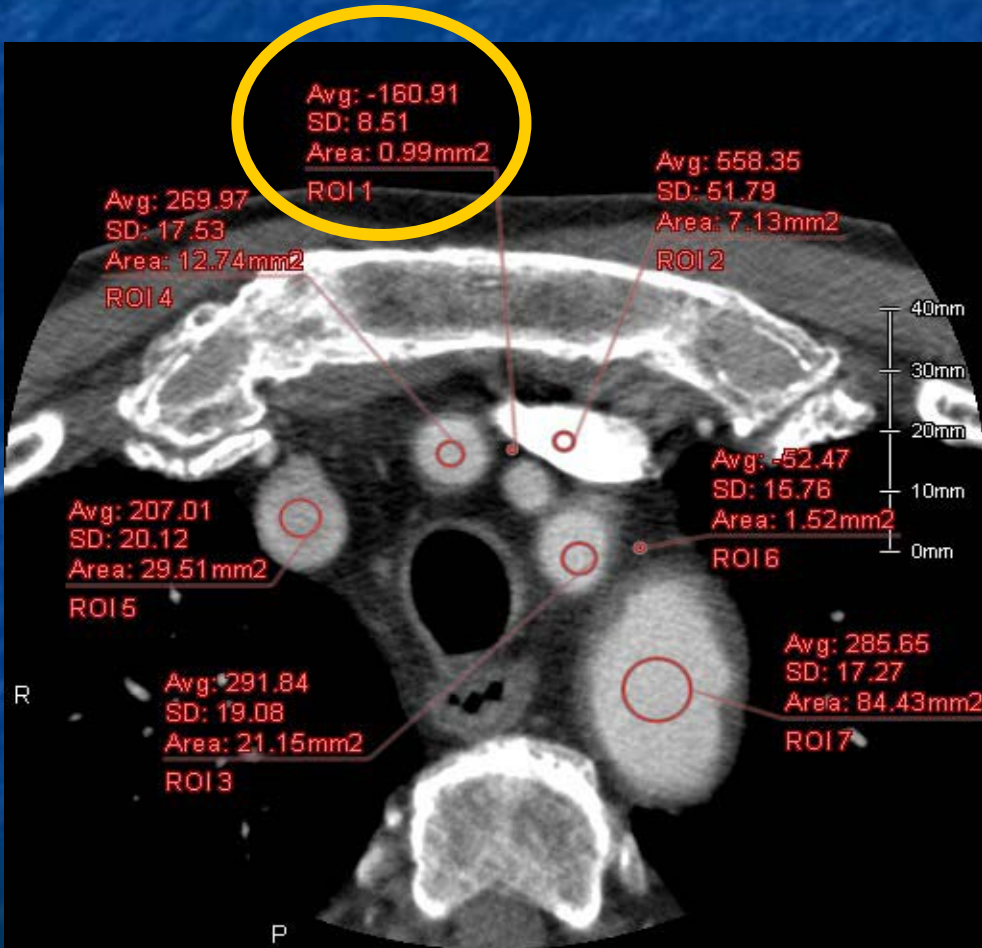


Score 2

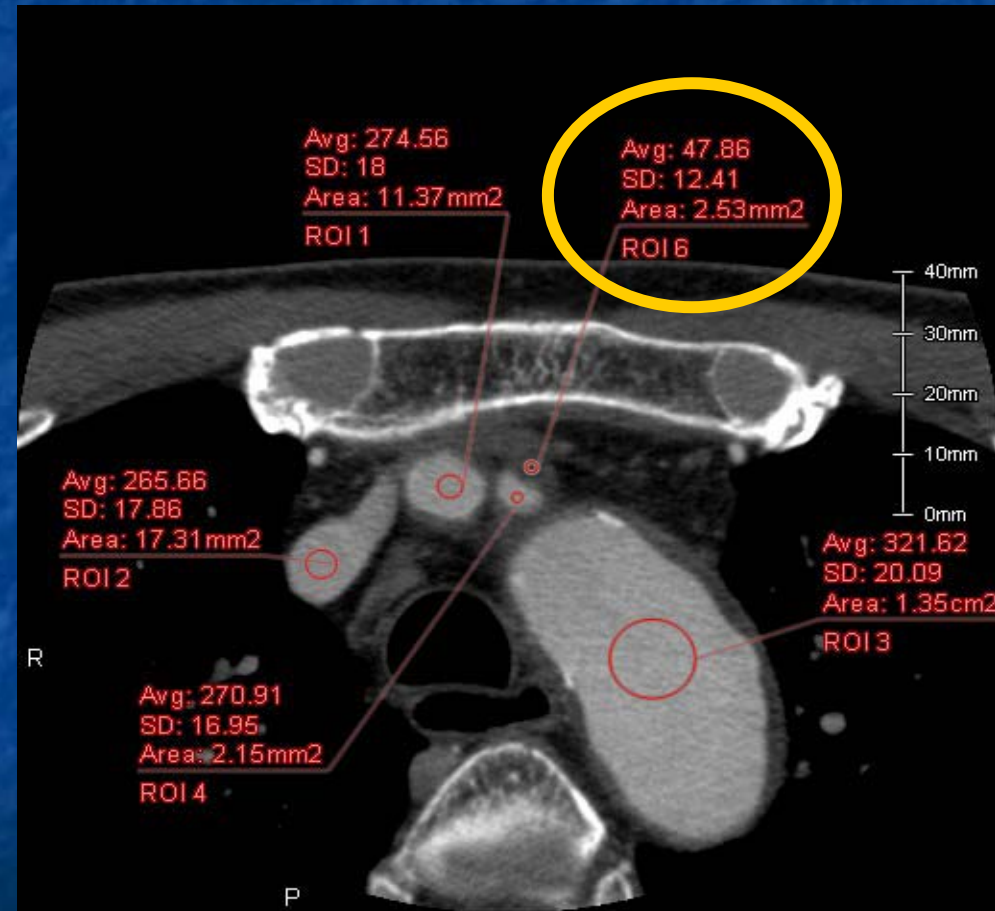


Score 3

# CT Angiograms: Axial (1mm)



Caudocranial scan



Craniocaudal scan

# 結果（部位別のCT値 動脈）

部位	平均CT値 ± SD (HU)		p
	Caudocranial scan	Craniocaudal scan	
上行大動脈	348.8 ± 57.6	371.8 ± 99.9	0.49
大動脈弓	372.0 ± 65.9	418.4 ± 101	0.18
総頸動脈	459.2 ± 83.2	465.2 ± 109	0.87
内頸動脈	457.5 ± 77.4	436.2 ± 95.6	0.53
頸動脈サイフォン	442.8 ± 66.0	398.7 ± 78.8	0.13

# 結果（部位別のCT値 静脈）

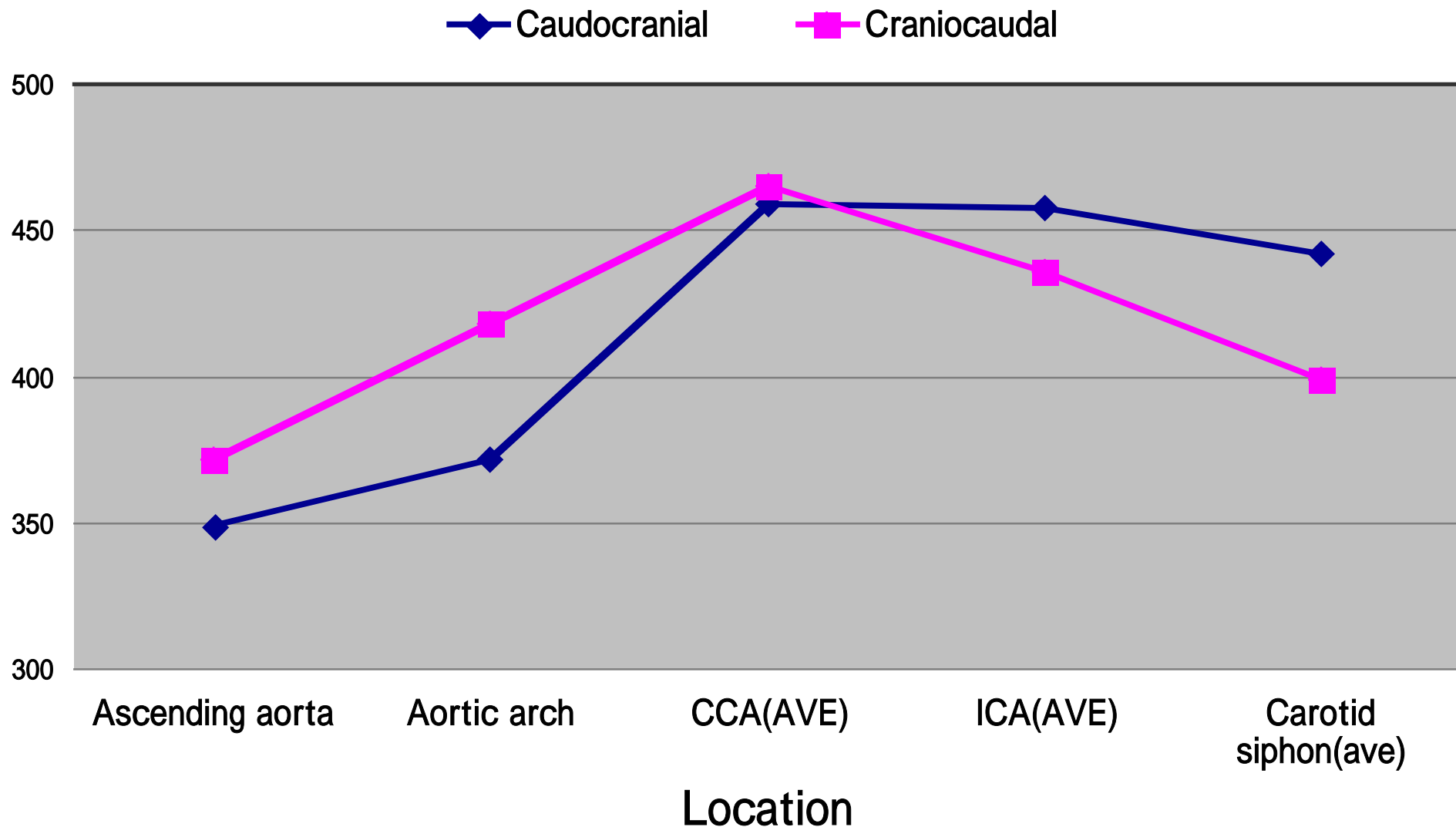
部位	平均CT値 ± SD (HU)		p
	Caudocranial scan	Craniocaudal scan	
上大静脈	1039 ± 447	220.3 ± 48.7	< 0.01
内頸静脈	274.3 ± 47.8	307.1 ± 46.3	0.07
海綿静脈洞	386.3 ± 63.5	259.8 ± 48.8	< 0.01

頸動脈サイフォン - 海綿静脈洞	55.5 ± 27.0	139.0 ± 81.4	< 0.01
Artifact Score	2.20 ± 0.32	0.86 ± 0.44	< 0.01

# 結果（注入側の違いにおける評価）

Parameter	Mean ± SD		p
	Left Injection	Right Injection	
Caudocranial scan	(n = 5)	(n = 7)	
上大静脈(HU)	1037 ± 470	1073 ± 468	0.82
Artifact score	2.36 ± 0.32	2.13 ± 0.28	0.11
Craniocaudal scan	(n = 5)	(n = 11)	
上大静脈(HU)	170.8 ± 46.2	242.8 ± 30.4	< 0.05
Artifact score	0.88 ± 0.54	0.85 ± 0.41	0.92

# 結果（部位別のCT値 動脈）

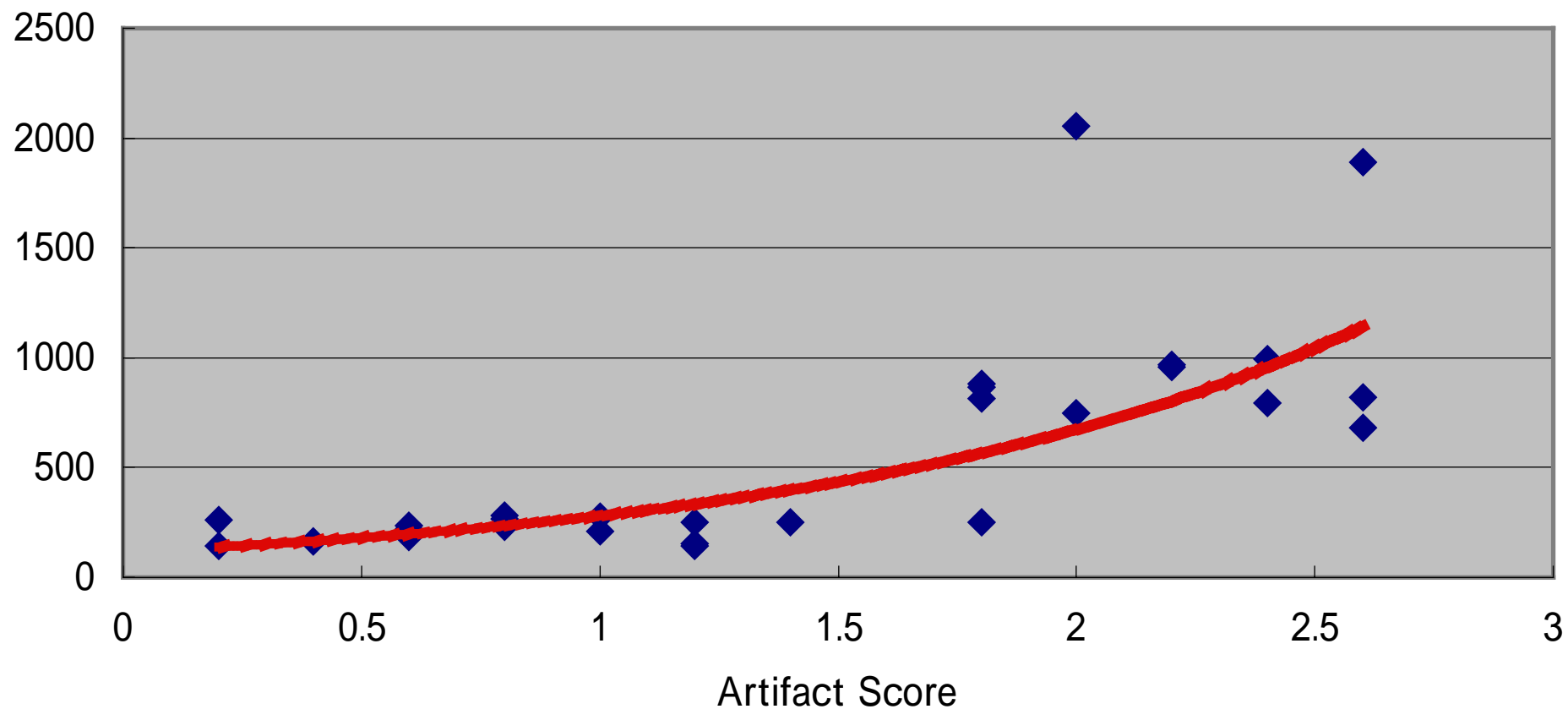




# 結果（部位別のCT値 静脈）



# 結果（上大静脈のCT値とArtifact score）



# まとめ

- 生理食塩水の後押しを用いたCraniocaudal scanと従来からのCaudocranial scanで、頸動脈CT Angiographyにおける造影効果について比較検討した。
- Craniocaudal scanでは、Caudocranial scanに比べ、総頸動脈より頭側の血管のCT値が若干低い値を示したが、統計学的有意差は見られなかった。

# 考察

- 頭部内血管においては、Craniocaudal scanの方が静脈の描出が抑えられるため、動脈が見やすくなった。
- 上大静脈のCT値を500HU以下にする事でStreak artifactsの影響を抑える事ができる。
- 造影剤量（mL）の目安は以下の通りとなる。  
上行大動脈をスキャンするまで、造影剤が残っている必要があるため、  
 $4 \text{ mL} \times (\text{撮像時間} + \text{移動開始時間} + 2 \text{ 秒})$

# 結論

- 生理食塩水の後押しを用いた Craniocaudal scanは、静脈内に停滞する造影剤を押し出した後に撮像する事で、従来法に比べ静脈からのStreak artifactsが明らかに低減する。
- よって、本撮像法は有用である。

# 撮像条件

- 頭部から大動脈弓部まで、撮像するのであれば撮像条件は大きく変化するので、出来ればCT装置のAEC機能 (Auto mA, Care Dose, Real ECなど)を使った方が望ましい。但し、AEC機能のレスポンスに関しては急激に条件が変わるところでは、追従出来無い(遅れる)事を認識しておく必要がある。
- 術後の首だけの撮像なら、条件一定でも構わない。
- 検出器のサイズは出来るだけ、小さくする。  
パーシャルボリューム効果の減少による石灰化プラークのブルーミングアーチファクトの低減。

# 三次元画像作成・表示技術

- 画像表示

Axial像

MPR ( multi-planar reconstruction/reformation )

Sagital / Coronal / CPR

MIP ( maximum intensity projection )

VR ( volume rendering )





# 画像表示

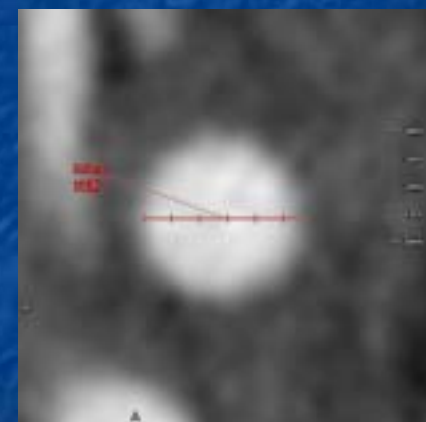
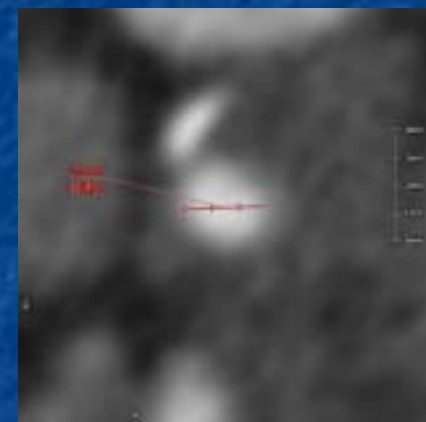
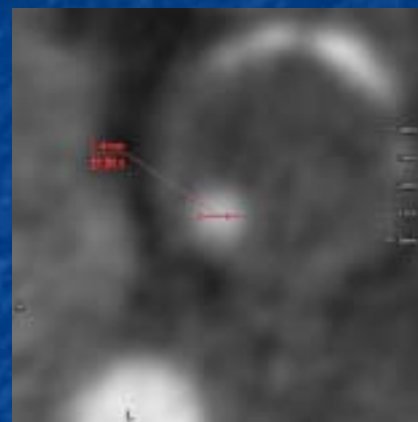
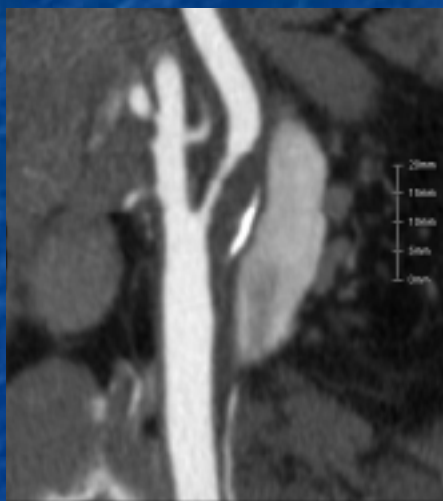
- Axial (計測。出来れば、Thin Slice(1mm)で。フィルム出力なら狭窄部位だけでも。FOVは小さくする)  
(150mm)
- MPR (計測。CPRが良い。無理なら、oblique angleでのMPR 2方向。奥行きと軸回転表示)
- Thin MIP (造影剤の流れをみる。4mmコロナル像)  
若しくは、MIP (全体の血管のつながりをみる)
- VR (血管の前後関係、形状。骨との解剖学的位置関係の把握。場合によっては血管だけを抜き出して表示する。作成者の恣意性に影響される)

# 臨床目的

## ■ 頸部頸動脈狭窄症

頸部の頸動脈分岐部に動脈硬化性粥状変化により血管の狭窄を生じ、これが原因で脳血流量の低下をきたしたり、頭蓋内塞栓の原因となったりして脳梗塞を起こす原因となりうる疾患。以前は、欧米人に多い疾患とされてきたが、日本人の食生活の内容が年々欧米化するにしたがい徐々に増加傾向を示している。

# 頸部頸動脈狭窄症（分類）



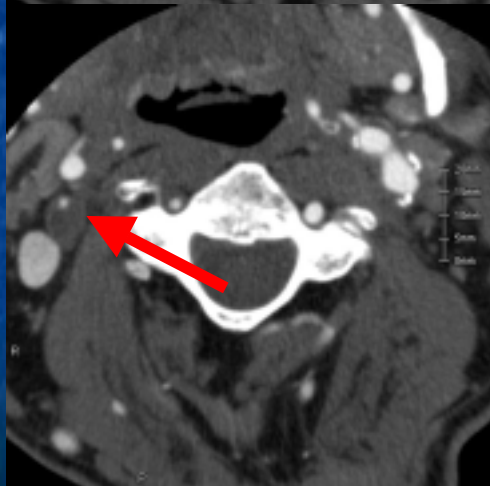
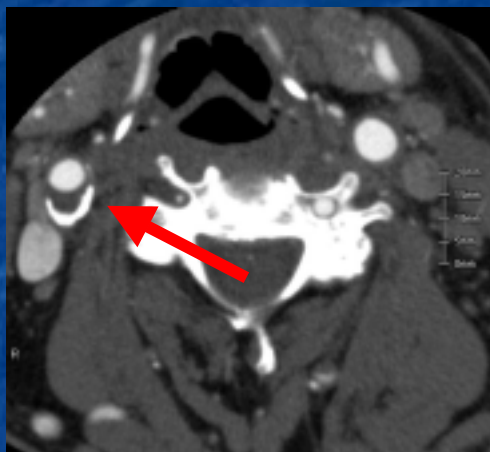
- 症候性と無症候性
- 頸動脈の狭窄度の測定法（NASCET法）

$$(1 - A/C) \times 100\%$$

30～49%:軽度 50～69%:中等度 70%以上:高度

上記症例では、 $(1 - 1.4/5.9) \times 100 = 76.3\%$

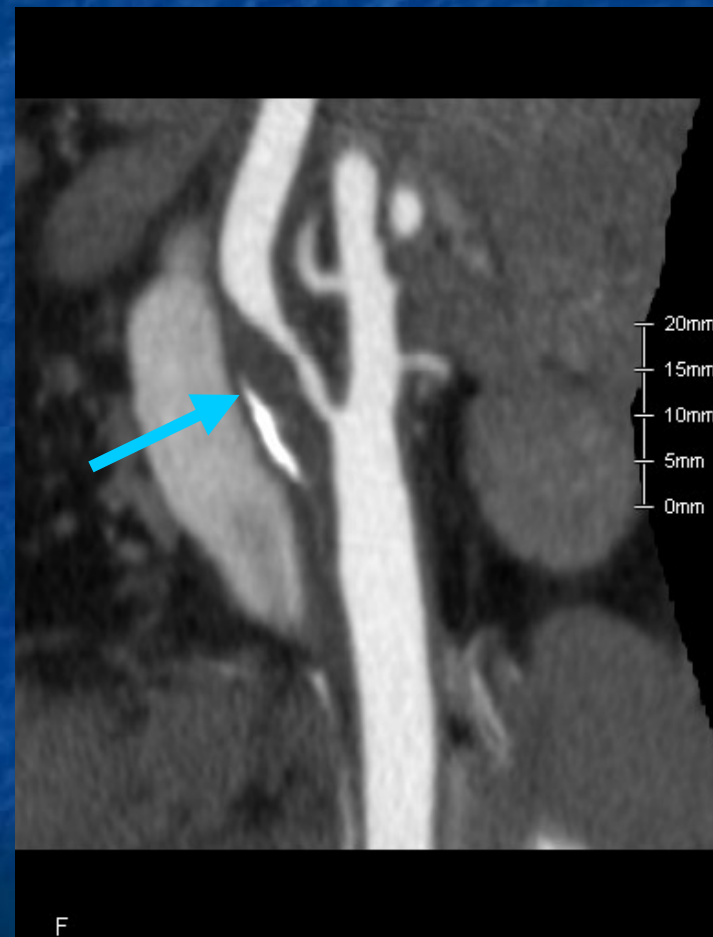
# 頸部頸動脈狭窄症



元画像



VR



CPR

# 頸部頸動脈狭窄症



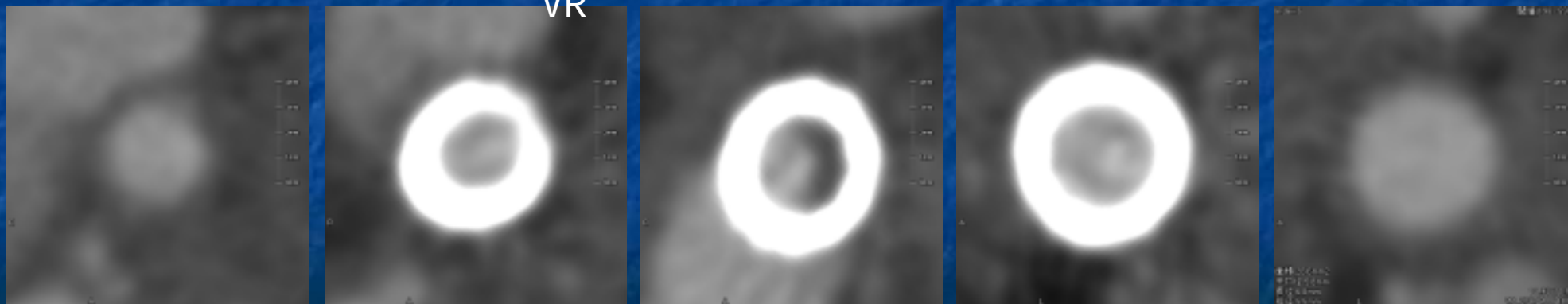
VR

Narrow-band  
VR

Gradient MIP

CPR

Stretch MPR



■ ステンント治療後

# 拡大CPR（回転／奥行き）

QuickTime<sup>®</sup> C<sup>2</sup>  
èLíÉvÉçÉOÉàÉÁ  
Ç™Ç±ÇÄÉsÉNÉ`ÉÉÇ¾â@ÇÉÇžÇ½Ç...ÇÖiKóvÇ-Ç AB

QuickTime<sup>®</sup> C<sup>2</sup>  
èLíÉvÉçÉOÉàÉÁ  
Ç™Ç±ÇÄÉsÉNÉ`ÉÉÇ¾â@ÇÉÇžÇ½Ç...ÇÖiKóvÇ-Ç AB

長さ方向に解像度（512×512matrix）がひっぱられるため、FOV程度に範囲を絞って、作成

# MIP (Thin MIP coronal / 回転)

QuickTime<sup>®</sup> C<sup>2</sup>  
èLíÉvÉçÉOEàÉÁ  
Ç™Ç±ÇÄÉsÉNÉÉÉÇ¾à@ÇÉÇžÇ½Ç...ÇÖiKóvÇ-Ç AB

QuickTime<sup>®</sup> C<sup>2</sup>  
èLíÉvÉçÉOEàÉÁ  
Ç™Ç±ÇÄÉsÉNÉÉÉÇ¾à@ÇÉÇžÇ½Ç...ÇÖiKóvÇ-Ç AB

4mmSlice厚のThin MIP coronal とMIP回転

# VR（骨付き / 骨無し）

QuickTime<sup>®</sup> C<sup>2</sup>  
èLí:ÉvÉçÉOÉâÉÁ  
Ç™Ç±ÇÄÉsÉNÉ`ÉÉÇ¾â©ÇÉÇ¿Ç½Ç...ÇÖiKóvÇ-Ç AB

QuickTime<sup>®</sup> C<sup>2</sup>  
èLí:ÉvÉçÉOÉâÉÁ  
Ç™Ç±ÇÄÉsÉNÉ`ÉÉÇ¾â©ÇÉÇ¿Ç½Ç...ÇÖiKóvÇ-Ç AB

内頸動脈の分岐部の位置が高い（頭部寄り）と、手術が出来ない

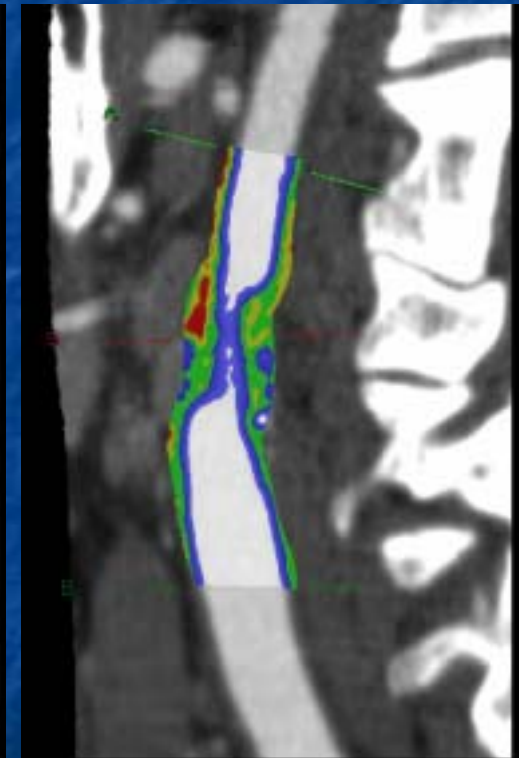
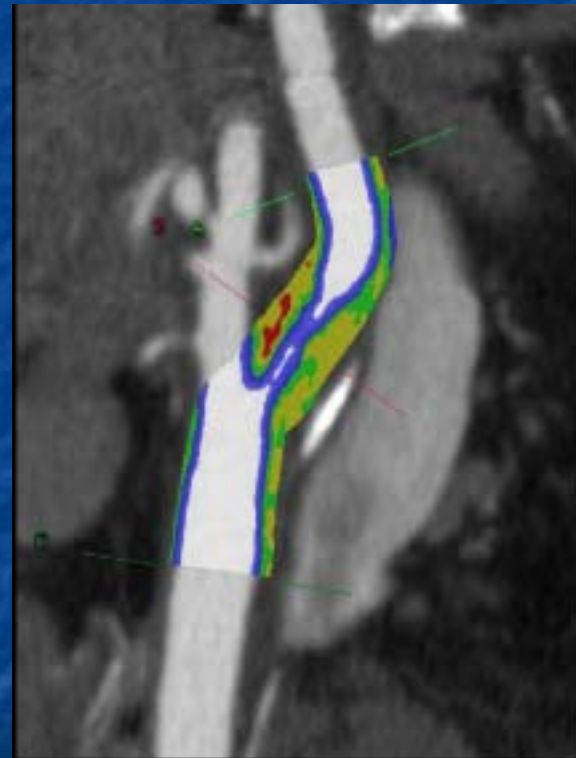
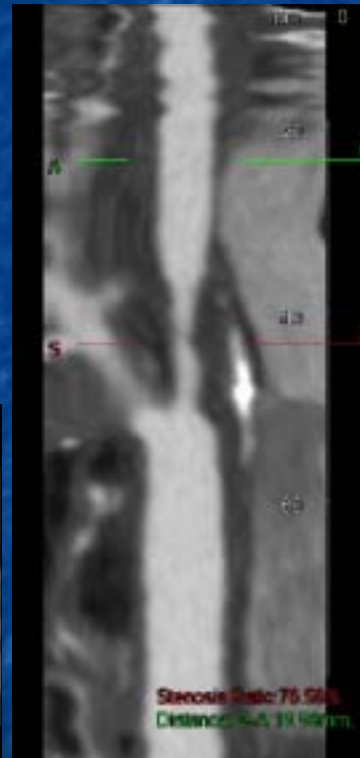
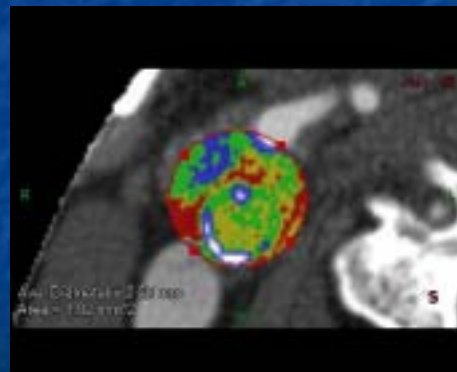
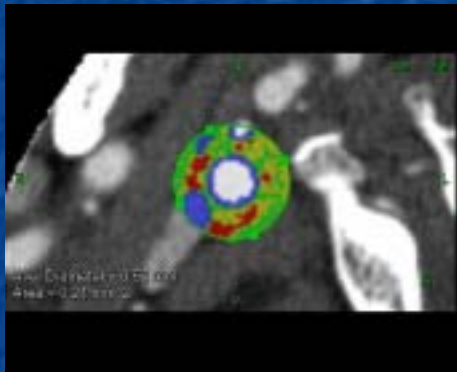


# プラークイメージング (plaque imaging)

- 動脈壁の粥状硬化によるプラークの中で、脂肪を多く含むもの (lipid-rich core)、プラーク内血腫を含み、強い炎症細胞浸潤をともなうものなどは剥がれ易く、脳梗塞や一過性脳虚血発作などを引き起こすリスクが高いとされる。このようなプラークをソフトプラークまたは不安定プラークなどと呼ばれている。また、塞栓 (血栓) が眼の血管を閉塞させてしまうこともあり、この場合、片側の視力が高度に低下し急にものが見えなくなり時に眼の奥の痛みを訴えることもある。これを一過性黒内障といって頸部頸動脈狭窄症には多い症状と言われている。(特に、50HUのプラークは脂質に富み破れやすい傾向があり、注意を要する)

# プラークイメージ

- CT値にて、識別する。



■ ~ 0    ■ 0 ~ 50    ■ 50 ~ 120    ■ 120 ~ 400    ■ 400 ~ (HU)

# 臨床目的

- 頸椎椎間板ヘルニア、関節リウマチ、頸椎症  
頸椎の椎間板や椎骨が加齢に伴って変性 / 変形することで、脊柱管や椎間孔が狭くなる状態。その結果、脊髄が圧迫されて脊髄症状が出るものを頸椎症性脊髄症、神経根の症状が出るものを頸椎症性神経根症と言う。

# 頸椎椎間板ヘルニア、 関節リウマチ、頸椎症

## ■ 自覚症状

頸椎症性神経根症では、首の痛みや肩こり、手足のしびれ、脱力などが現れる場合があります、症状は多くの場合、片側に出現する。

頸椎症性脊髄症では、手先の細かい作業、例えばボタンかけや箸を持つ動作が思うようにできなくなる場合がある。また、歩行がぎこちなくなったり、足が前に出しにくい、速く歩けないなどの下肢の症状が出る場合もあり、これらの症状は多くの場合両側に出現する。さらに、排泄の機能が障害されることもある。

# 頸椎椎間板ヘルニア、 関節リウマチ、頸椎症

## ■ 治療

脊髄症状がある場合は、手術の適応となる。また、進行の防止や脊髄麻痺の予防のために手術を勧められる場合もある。神経根症状の場合、運動麻痺が強い場合や保存治療が無効な場合に手術が勧められる。

## ■ 頸椎後方除圧固定術

後方アプローチによる除圧、固定術。神経の通る脊柱管を構成している椎弓の一部を切り取って神経の圧迫を取り除き、患者自身の骨を移植したり、スクリューなどで固定して頸椎の安定性を高める手術。

# MIP ( Coronal / Sagital )

QuickTime<sup>®</sup> C<sup>2</sup>  
èLíÈvÈçÉOÈàÈÁ  
Ç™Ç±ÇÄÈsÈNÈÈÉÇ¾à@ÇÈÇ¾Ç½Ç...ÇÖiKóvÇ-Ç ÁB

QuickTime<sup>®</sup> C<sup>2</sup>  
èLíÈvÈçÉOÈàÈÁ  
Ç™Ç±ÇÄÈsÈNÈÈÉÇ¾à@ÇÈÇ¾Ç½Ç...ÇÖiKóvÇ-Ç ÁB

骨と血管の位置関係が大事

# VR（骨付き / 骨透過）

QuickTime<sup>®</sup> C<sup>2</sup>  
èLí:ÉvÉçÉOÉàÉÁ  
Ç™Ç±ÇÄÉsÉNÉ`ÉÉÇ%â©ÇÉÇzÇ½Ç...ÇÖiKóvÇ-Ç ÁB

QuickTime<sup>®</sup> C<sup>2</sup>  
èLí:ÉvÉçÉOÉàÉÁ  
Ç™Ç±ÇÄÉsÉNÉ`ÉÉÇ%â©ÇÉÇzÇ½Ç...ÇÖiKóvÇ-Ç ÁB

椎骨動脈の走行異常がないかを確認する

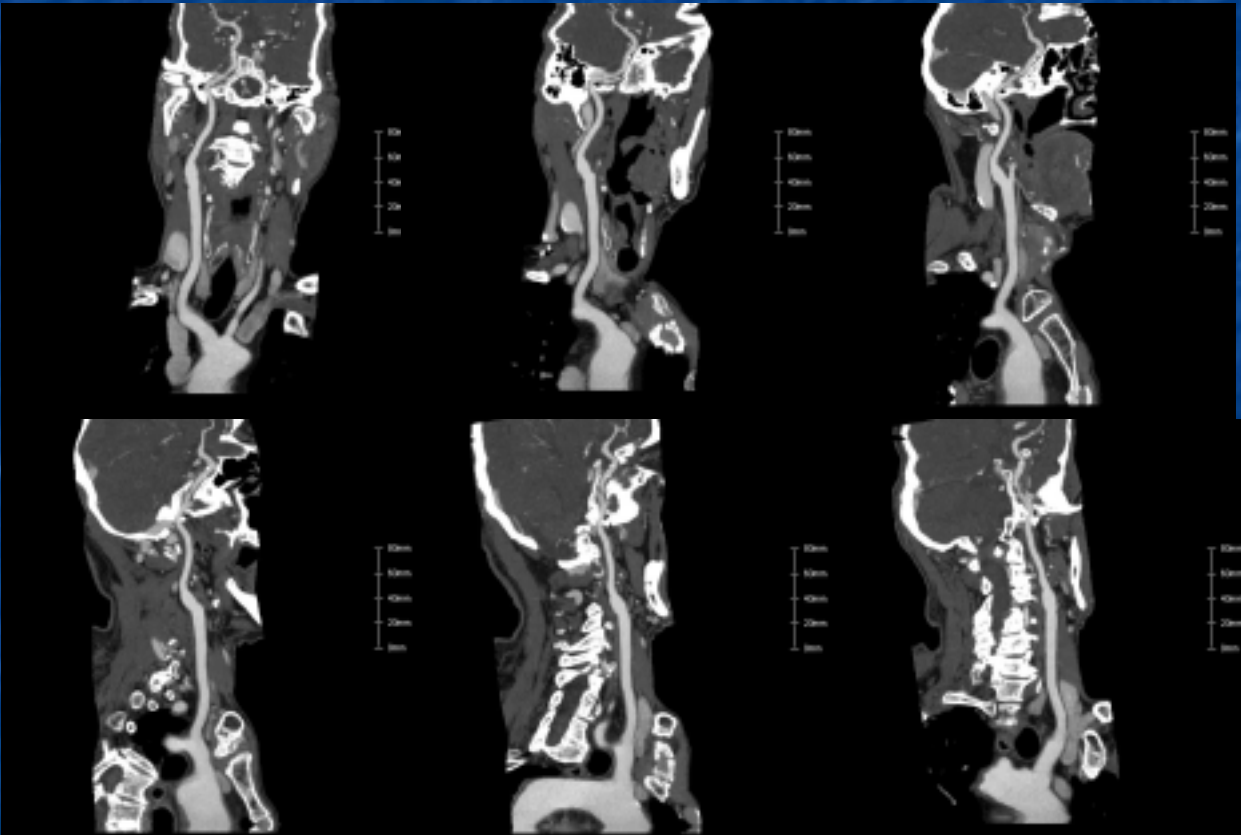


終わりです





# 画像表示 CPR



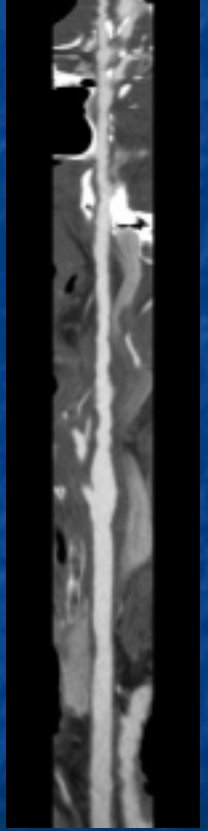
QuickTime<sup>®</sup> C<sup>2</sup>  
èLítÈvÈçÈOÈàÈÁ  
Ç™Ç±ÇÄÈsÈNÈ ÈÈÇ¾ã©ÇÈÇžÇ½Ç...ÇÖiKóvÇ-Ç AB

# CPR 軸回轉



QuickTimeý C²  
èLíÉvÉçÉOEàÉÁ  
Ç™Ç±ÇÄÉsÉNÉ ÉÉÇ¼à©ÇÉÇ½Ç...ÇÖiKóvÇ-Ç ÁB

右側 頸動脈



QuickTimeý C²  
èLíÉvÉçÉOEàÉÁ  
Ç™Ç±ÇÄÉsÉNÉ ÉÉÇ¼à©ÇÉÇ½Ç...ÇÖiKóvÇ-Ç ÁB

左側 頸動脈