

第1回CT研究会
知っておきたいCT検査技術

－ 閉塞性動脈硬化症（ASO）－

霧島市立医師会医療センター
坂口右己

はじめに

MDCTを用いたCTAは低侵襲で、診断目的においては血管造影に代わり、末梢動脈等の血管の画像検査に広く用いられるようになってきている。広範囲を観察でき、高い空間分解能を生かし局所の詳細な形態学的評価も可能である。

当院で行っているASOにおける撮像方法、造影方法、画像処理方法を挙げるとともに問題点や解決すべき課題を示す。

1. 検査の前に

2. 撮像方法・造影方法

3. 画像処理方法

4. 症例

1. 検査の前に

2. 撮像方法・造影方法

3. 画像処理方法

4. 症例

検査の前に

I. 病態を知る

閉塞性動脈硬化症（ASO）

ArterioSclerosis Obliterance

・四肢の慢性虚血で、全身に起こる動脈硬化症により下肢への血行が障害された状態が閉塞性動脈硬化症（ASO）です。

・患者数は30～40万人と考えられているが、無症候性のものを含めると**50～70万人前後**の患者群がいると推測される。

・生命予後（死亡率）は

重症虚血肢
間欠性跛行

1年後20%、
5年後30%、

5年後50%以上
10年後50～60%

末梢動脈閉塞症 (PAD)

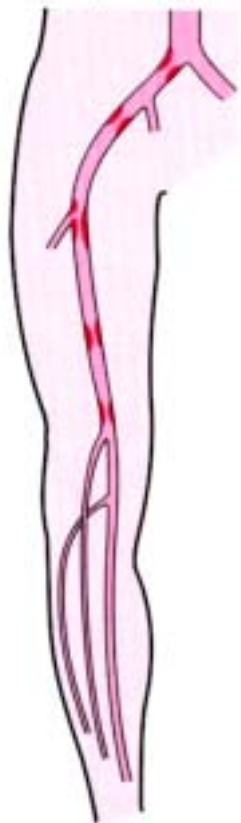
・2000年に出版されたTASCでは、欧米間の議論の末、末梢動脈閉塞症のほとんどがASOであることから同義語として

PAD(peripheral arterial disease)

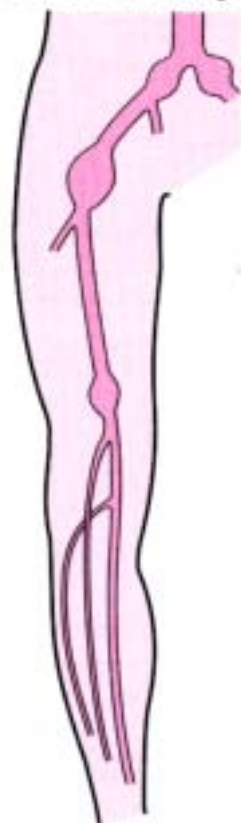
と言う用語が使われるようになった。

好発部位

閉塞性動脈硬化症
(ASO)



動脈瘤
(aortic aneurysm)



欧米では

骨盤型



25～30%

大腿型



80～90%

下腿型



40～50%

本邦では

骨盤型



40～66%

大腿型



33～50%

下腿型



0～15%

※糖尿合併の場合下腿も少なくない。

検査の前に

カルテから事前の情報を仕入れる必要がある。
問診内容、触診、聴診、ABI、エコー所見など

II.MDCT適応となる対象患者を考える。

①問診

・間欠性跛行を認める

『ある一定の距離を歩くと下肢筋が痛くなり、歩くのを中断し休むとまた歩ける』

歩行時には下肢の筋肉は10～20倍の血液を必要とするが、血行障害があると、その需要に応じた血液が筋に供給されず、筋肉の酸素不足症状が足の痛みとして現れる。

- ・100～200m程度の跛行で血管内治療の適応となることが多い
- ・500m以上歩ける場合は内科療法が適応になる。

・糖尿病，高血圧，高脂血症，喫煙，高齢といった動脈硬化の危険因子を有する。

フォンテイン分類

Fontaine 1度 下肢の冷感や色調の変化

Fontaine 2度 間欠性跛行

Fontaine 3度 安静時疼痛

Fontaine 4度 下肢の皮膚潰瘍。下肢の壊死。
患者は激痛を訴える。



CT依頼の可能性あり

鑑別疾患 (間欠性跛行が起こる疾患)

- ・ **ASO (閉塞性動脈硬化症)**

- ・ **バージャー病**

- ・ **脊椎管狭窄症**

(整形外科で間欠性跛行があり脊椎管狭窄症と診断されている症例の中にも、ASOを含む末梢動脈閉塞症があるといわれている。)

- ・ **深部静脈血栓症**

(下腿の大きさに左右差があり、間欠性跛行がある場合は深部静脈血栓症も考え静脈も観察する必要がある、場合によっては**3~4分後の静脈を追加撮影**する。)

- ・ **膝窩動脈捕捉症候群、膝窩動脈外膜囊腫**

②触診・聴診

・足背動脈，後脛骨動脈の脈拍に左右差を認める

触診により下肢の皮膚温、動脈拍動の強さ（なし、弱い、正常）を左右の肢で比較することで、狭窄・閉塞の有無を調べます。左右差があれば、触れの弱いほうに狭窄があると考えられます。



・頸部，腹部，鼠径部の動脈に血管雑音を認める

聴診器で音を聞くことで血流の状態を調べます。狭窄率が断面積比50-70%から雑音が発生するが、より高度（99%狭窄や完全閉塞）になると、逆に雑音は聴取されなくなる。



③ABI (Ankle Brachial Index)

・0.9以下である = 足関節/上腕血圧比

0.9 < ABI < 1.3

正常

≤ 0.9

動脈閉塞の疑いがある

≤ 0.8

動脈閉塞の可能性がある

0.5 < ABI ≤ 0.8

動脈閉塞が1箇所はある

≤ 0.5

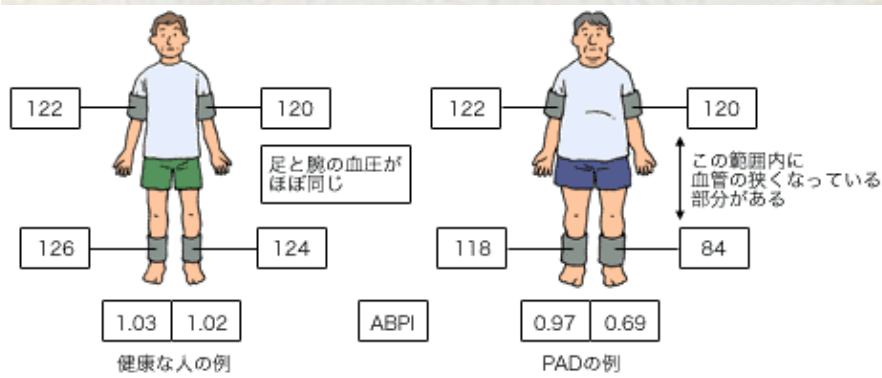
動脈閉塞が複数箇所ある

≥ 1.3

動脈が石灰化している

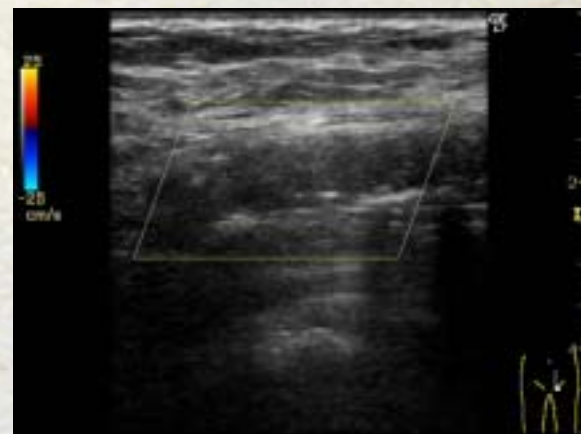
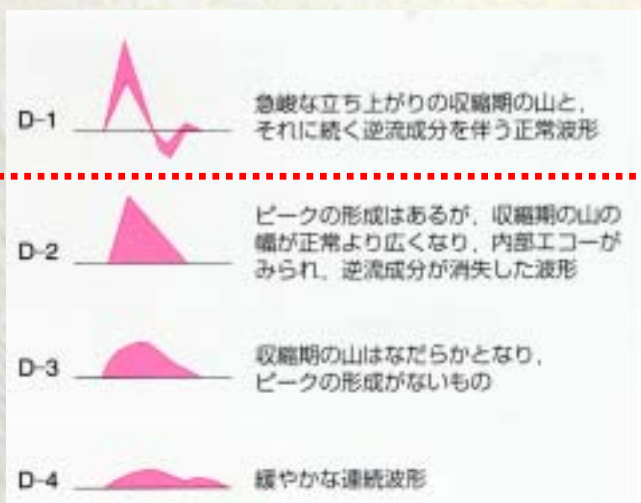
CT依頼の可能性あり

0.9～1.0でも閉塞の可能性もある！



④超音波検査

- ・閉塞・狭窄部位を認める
- ・血流波形より閉塞性病変を疑う



II～IV型の波形で**中枢**に重度の病変が疑われる。

CT**依頼**の可能性あり



	血管径	最大流速
大腿動脈	約10mm	0.8~1.2m/sec
膝下動脈	約 5mm	0.5~0.7m/sec
後脛骨動脈	約 2mm	0.4~0.6m/sec
足背動脈	約 2mm	0.3~0.5m/sec



以上、間欠性跛行をはじめとする**臨床症状**や**触診**、**聴診**、**ABI (ankle brachial index)**、**超音波**などの検査所見より、閉塞性動脈疾患の存在が強く疑われ、**外科的治療**あるいは**血管内治療**が考慮された場合、MDCTの適応と考えられる。

1. 検査の前に

2. 撮像方法・造影方法

3. 画像処理方法

4. 症例

当院での下肢動脈CT撮像法

【CT装置】

64列 LightSpeed VCT (GE社製)

【自動注入器】

デュアルショットGX (根本杏林堂社製)



当院での下肢動脈CT撮像法

【単純CT】

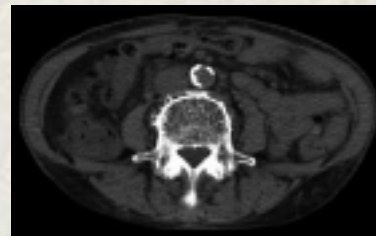
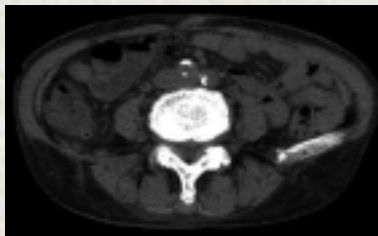
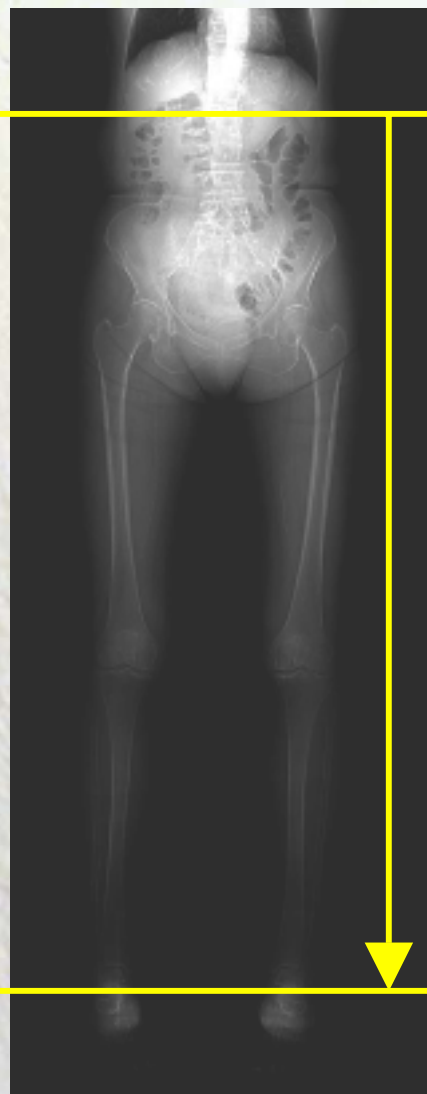
腎臓が入る位のレベルからスキャンする。

【撮像条件】

- 管電圧：120kV
- 管電流：～100mA (smart mA)

目的

- 本スキャンの上限の決定
(腎動脈分岐部の位置の把握)
- モニタリングの位置の決定
(当院では総腸骨動脈分岐部直上)
- 石灰化の状態の把握、動脈瘤の有無



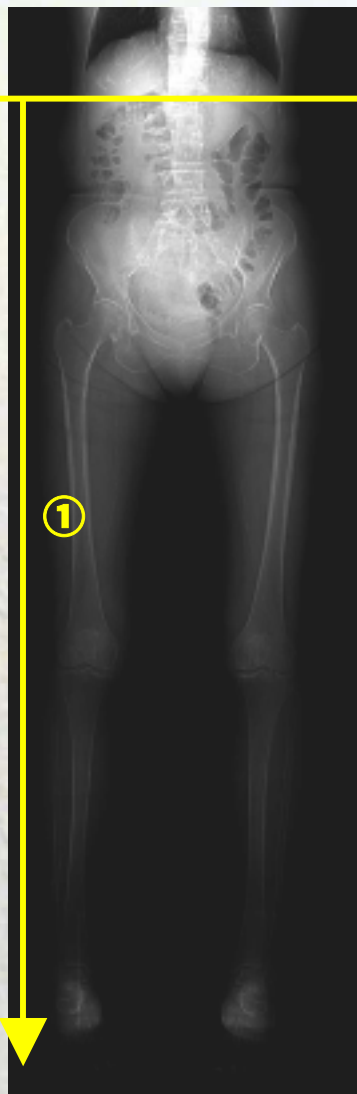
当院での下肢動脈CT撮像法

・本スキャン

腎動脈～足関節部まで頭→尾方向にスキャン
撮像範囲 約1000～1200mm

【撮像条件】

- ・管電圧: 120kV
- ・管電流: **100** ～ 750mA (smart mA) ・NI : 9.0
- ・ビームコンフィグ 0.625×64ch (40mm)
- ・スライス厚: 5mm (再構成0.625mm)
- ・ヘリカルピッチ : 0.969:1 (49mm/s)
- ・Rotation time : 0.5s/rot
- ・総撮影時間 : **20～25秒**



当院での下肢動脈CT撮像法

【撮像タイミング設定法】



1. Bolus tracking 法

モニタリング位置は**総腸骨動脈分岐部直上**で行う。
トリガー値は**総腸骨動脈分岐部直上のCT値が200を
超えた時点から10秒後**に撮像を行っている。

2. Test Injection 法

造影剤の時間濃度曲線を計測するために造影剤を**10ml
使用**、結果より造影剤の到達時間を推測した後に撮影開始時間とする。開始時間は**ピーク時間に合わせて開始する。**

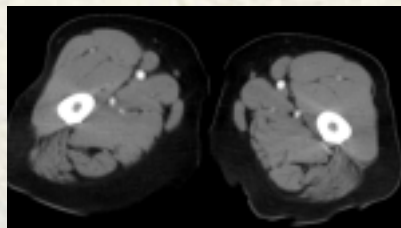
モニタリング位置



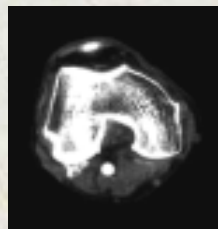
- ・テーブル移動が少ない
- ・ROIは安定
- ・末梢までの正確な到達時間が計れない。
- ・末梢病変での確実なアプローチ不可



- ・テーブル移動が少ない
- ・ROIは安定
- ・末梢までの正確な到達時間が計れない。
- ・末梢病変での確実なアプローチ不可



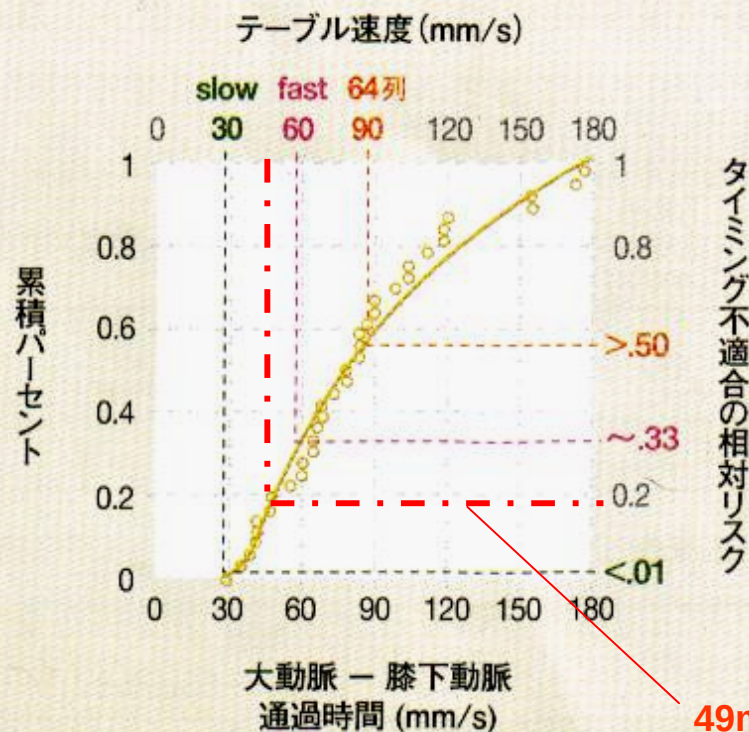
- ・追い越しは少ない
- ・テストインジェクションも有用か
- ・ROIが小さくなる。
- ・テーブル移動が大きい (10秒以上)



- ・追い越しは少ない
- ・テストインジェクションも有用か
- ・ROIが小さくなる。
- ・テーブル移動が大きい (約15秒)

【問題点】 個々の血流速度により、スキャンが造影剤を追いついてしまう。

スキャン速度とボース
(対象: PAOD 20症例、40肢)



大腿動脈 → 膝下動脈 (PAD 20症例)

	通過時間	通過速度
平均	10秒	65mm/s
最低	4秒	177mm/s
最高	24秒	30mm/s

Dominik Fleischmann/Stanford University Medical Center ,USA

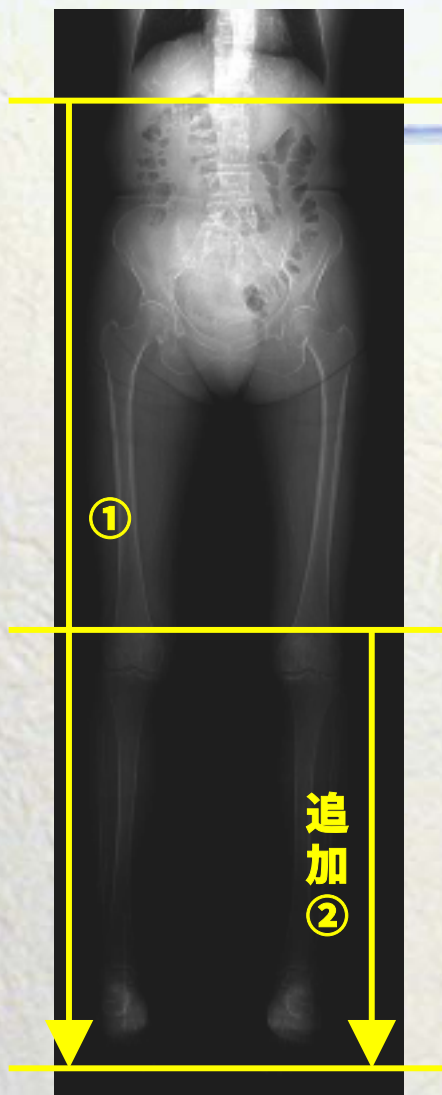
【解決法】 寝台ピッチと造影剤速度を同じにする

・本スキャン

腎動脈～足関節部まで頭→尾方向にスキャン
(造影剤追い越し防止のため、実際は膝上部～足関節
までの追加撮影も組み、場合によっては撮像する。)

【造影条件】

- ・造影剤：**中濃度 (300mgI/ml)** 造影剤使用
- ・造影剤量：**100ml**
- ・注入速度：**3.0～4.5ml/s (体重×0.06)**
- ・生食使用量：**20cc** ・注入速度：**造影剤と同じ**



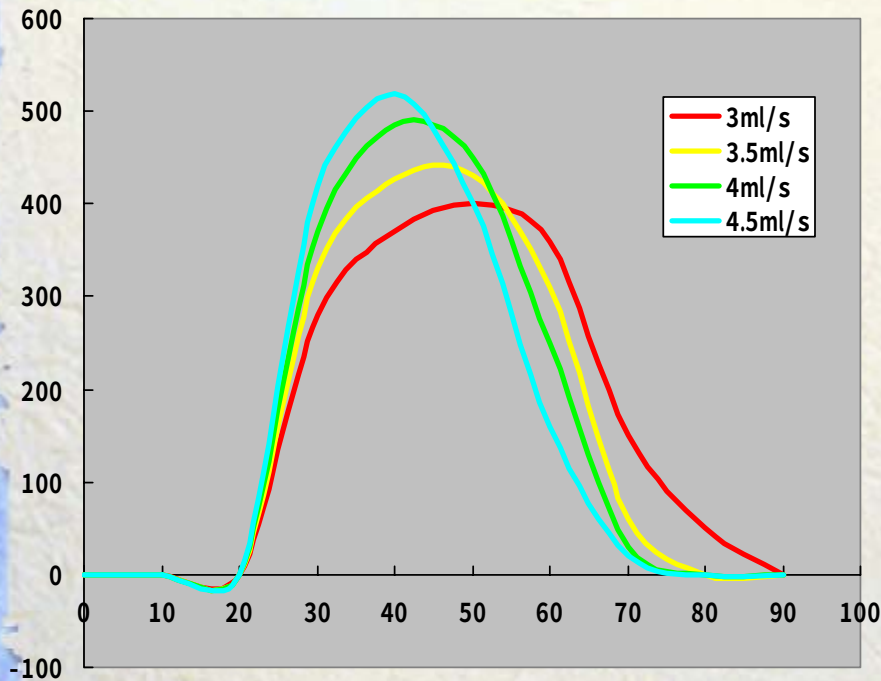
当院での下肢動脈CT撮像法

【造影条件】

- ・造影剤：**中濃度** (300mgI/ml) 造影剤使用
- ・造影剤量：**100ml**使用
 - 30gI (総ヨード量) 固定
(1kgあたりのヨード量は変化する)
- ・注入速度：**3.0～4.5ml/s** (体重×0.06)
 - 注入時間は変化
(注入時間＝総ヨード量÷注入速度)
(例；50kg → 33秒注入、70kg → 24秒注入)
- ・生食使用量：**20cc** ・注入速度：造影剤と同じ

当院での下肢動脈CT撮像法

【注入速度】 3.0～4.5ml/s (体重×0.06)



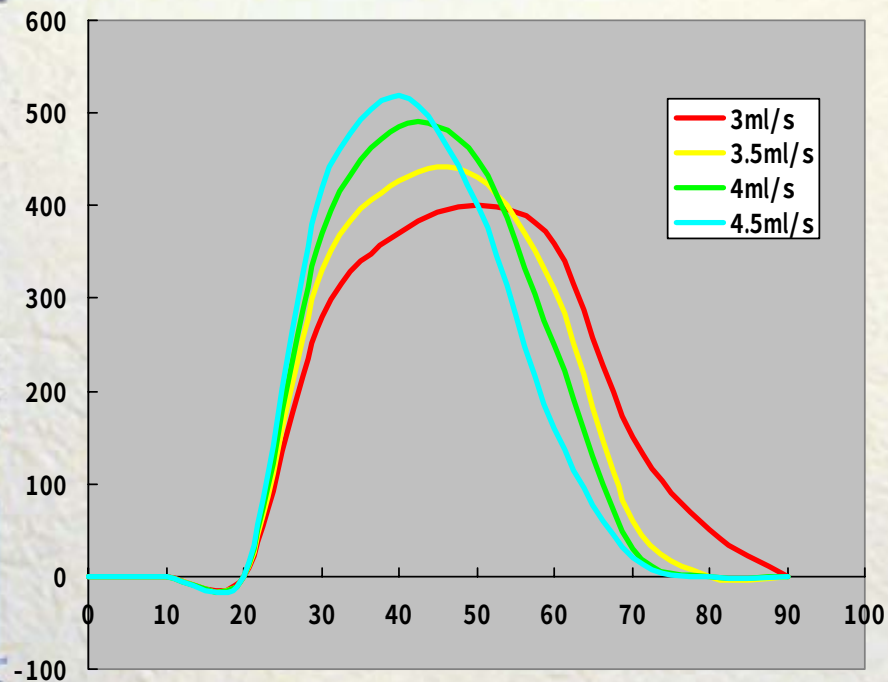
- ・体重が大きい程、CT値は低くなる。
- ・体重毎に注入速度を変化させることにより、CT値の上昇を見込める。

投与量: 100ml

注入時間: 22、25、29、33s

当院での下肢動脈CT撮像法

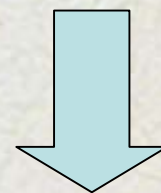
【問題点】 注入時間が一定でない。



投与量: 100ml
注入時間: 22、25、29、33s

- ・最大CT値時間がばらつきがある。
- ・造影剤到達時間～最大CT値時間がばらつきがある。
- ・最大CT値にばらつきがある。

→ 撮像時間のタイミングが測りにくい
撮像時間がばらつく

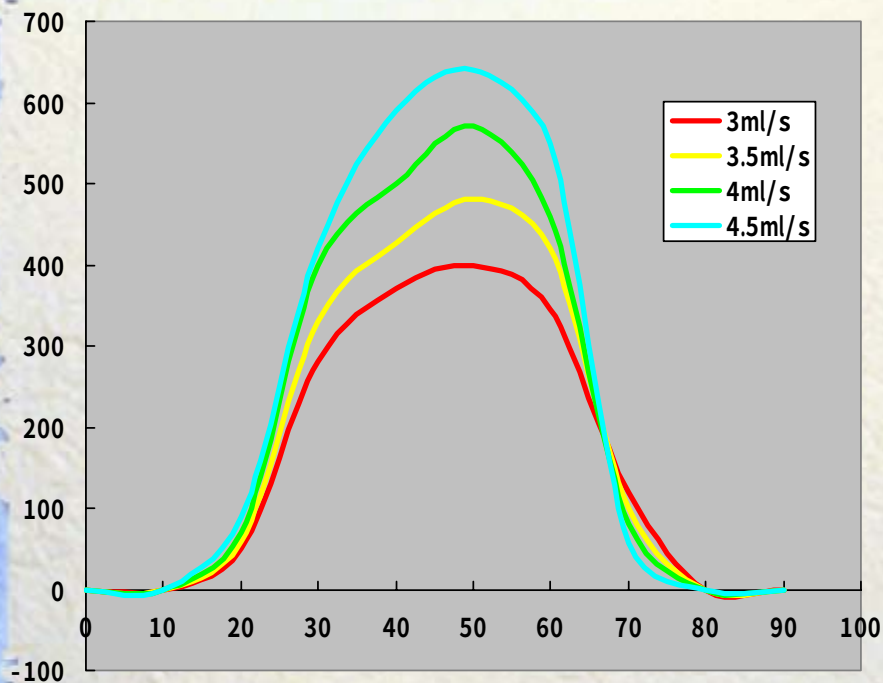


対処

bolus tracking 法
Test injection 法

【解決法】 至適造影法に基づいた造影手技

注入時間固定 (注入速度・総ヨード量を変化させた) の場合

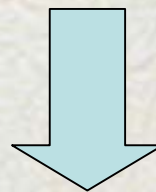


注入時間: 30s

投与量: 90、105、120、135s

- ・最大CT値時間が一定になる。
- ・造影剤到達時間～最大CT値時間が一定になる。

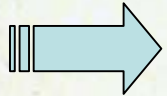
→ 撮像時間のタイミングが測りやすい
撮像時間を一定に出来る



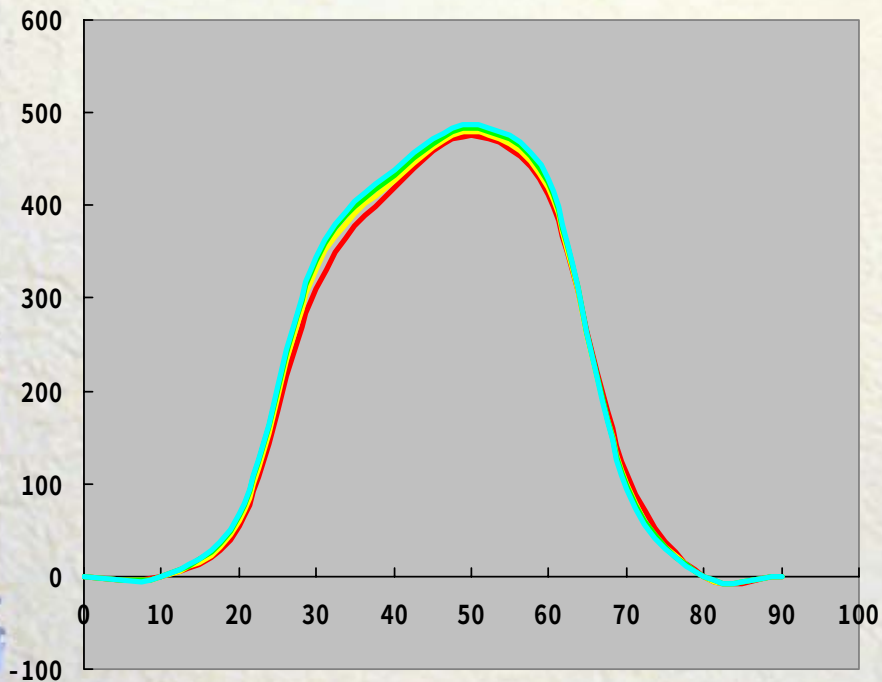
bolus tracking 法
Test injection 法

→ ただし最大CT値のばらつきは変わらない

【解決法】 至適造影法に基づいた造影手技



1kg あたりのヨード量を一定にする。



注入時間: 固定
ヨード量/kg 固定

- ・最大CT値時間が一定になる。
- ・造影剤到達時間～最大CT値時間が一定になる。

に加え

→ 最大CT値も一定してくる。

患者の体重により、造影剤量の低減も実現できる。

血管内の造影剤CT値は300HU以上を目安にする。

【問題点】 TDCに影響を与える他の因子の考慮

心拍出量 (CO)

個々のCOにより

- ・造影剤到達時間
- ・最大CT値
- ・最大CT値時間

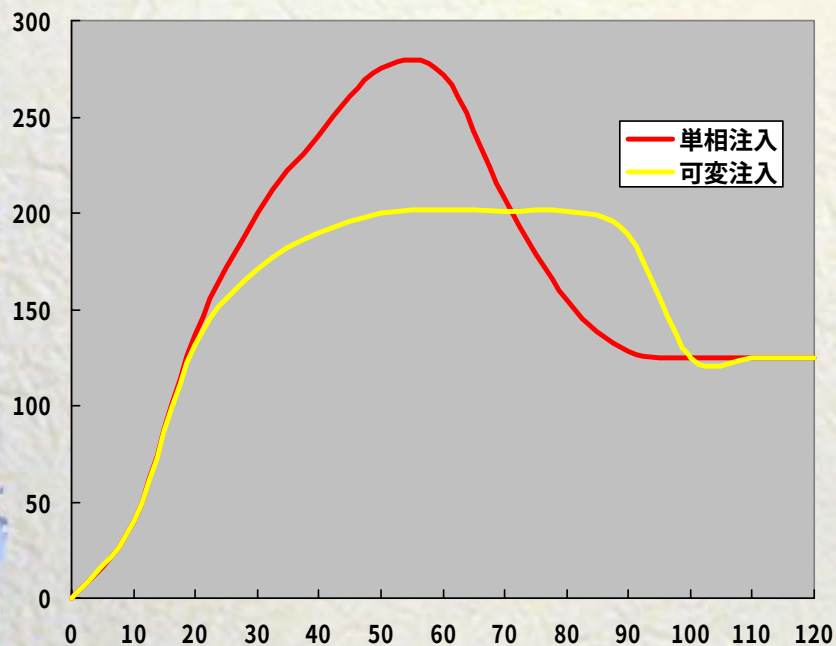
ばらつきが出てくる

※特に下肢領域では影響が大きい

**→ 上記の要因を踏まえると、
やはり到達時間のわかる
Test injection 法が有用
である。**

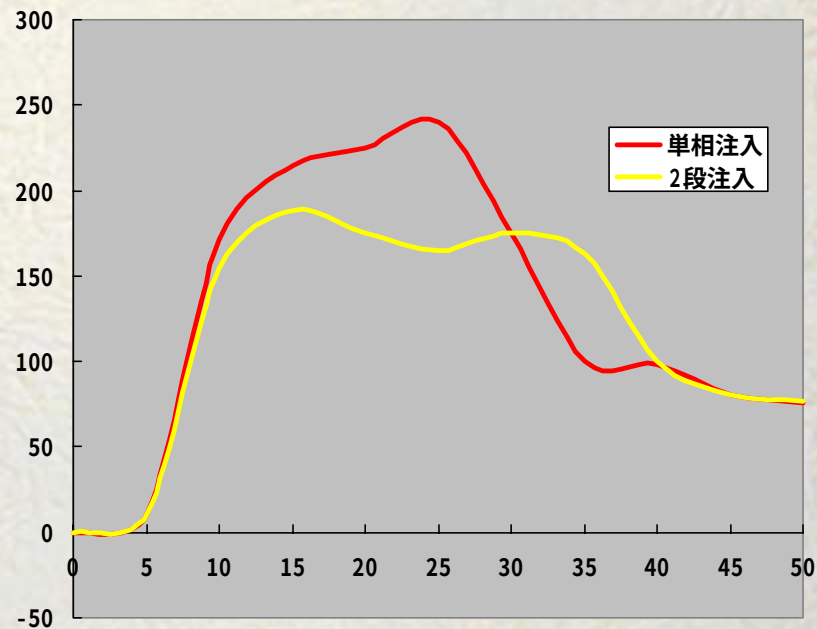
ピーク時間の持続のために・・・

・可変注入



【単相注入と可変注入】

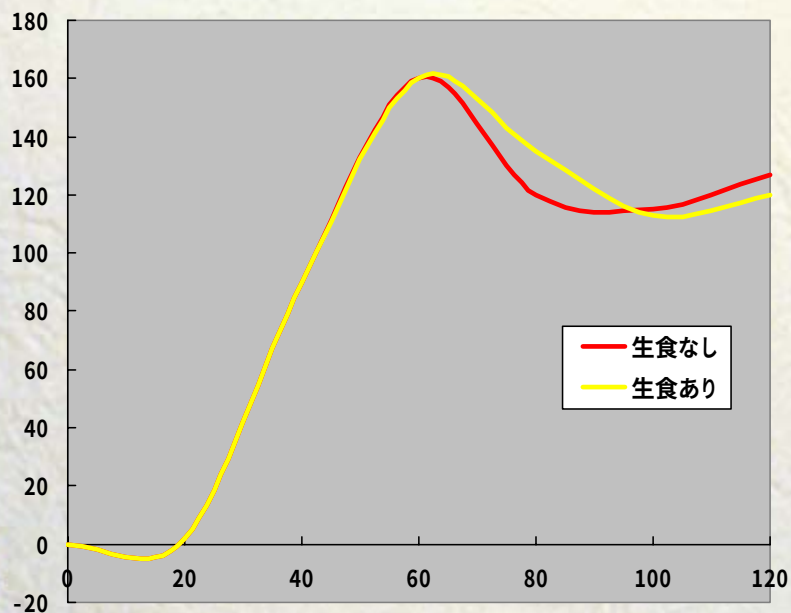
・多段注入



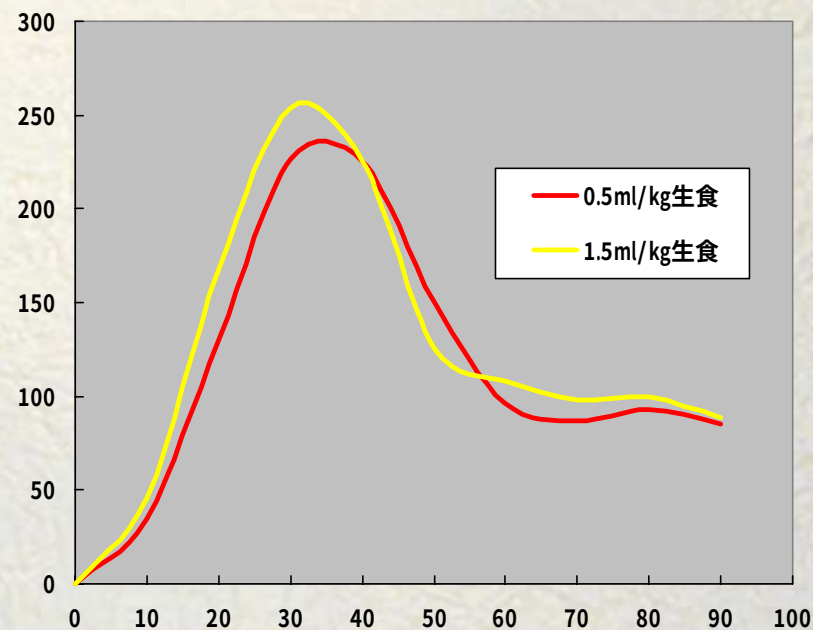
【単相注入と2段注入】

ピーク時間の持続のために・・・

・生理食塩水後押し



【生食後押しの有無】



【生食の量の違い】

- ・撮影後期に撮影される動脈または末梢の小動脈の描出能の改善

下肢動脈CTA撮像のポイント

- ・ 至適造影法を用いる。
 - 注入時間固定、1kgあたりのヨード量固定
- ・ 可変注入・生食後押しにより造影効果を持続させ、至適造影効果を維持している撮影時間内に全範囲を撮影する (ヘリカルピッチと回転速度の調整)
 - 膝下の末梢動脈の描出

1. 検査の前に

2. 撮像方法・造影方法

3. 画像処理方法

4. 症例

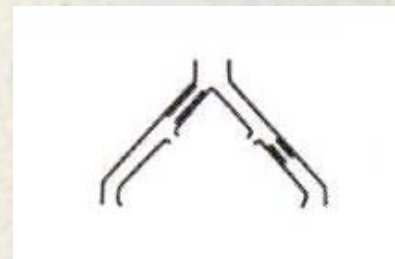
I. 治療法の選択

TASC分類 (大動脈腸骨動脈病変)

A型病変

- ・CIAの片側あるいは両側**狭窄**
- ・EIAの片側あるいは両側の短い ($\leq 3\text{cm}$) **単独狭窄**

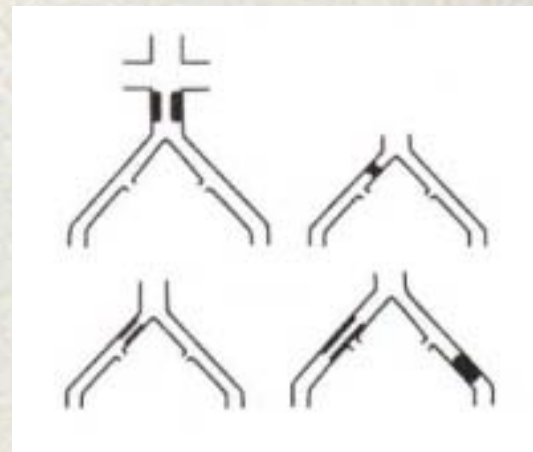
➡ **血管内治療**



B型病変

- ・腎動脈下部大動脈の短い ($\leq 3\text{cm}$) **狭窄**
- ・片側CIA**閉塞**
- ・CFAには及んでないEIAでの3~10cmの**単独あるいは多発性狭窄**
- ・内腸骨動脈またはCFA起始部を含まない片側EIA**閉塞**

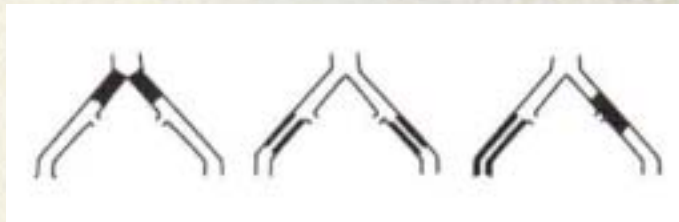
➡ **血管内治療が好ましい**



TASC分類 (大動脈腸骨動脈病変)

C型病変

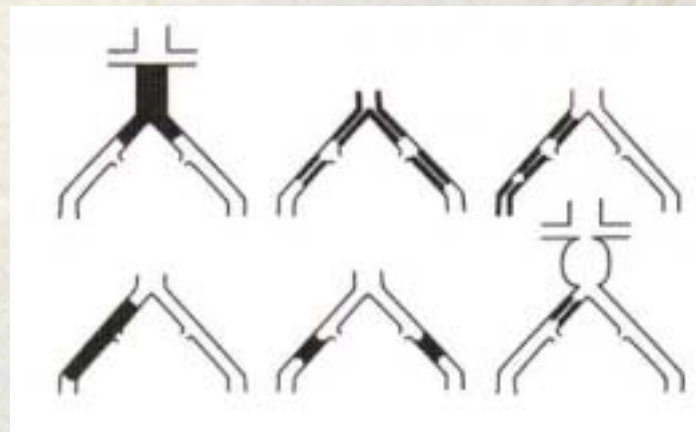
- ・両側CIA閉塞
- ・CFAには及んでいない3~10cmの両側EIA狭窄
- ・CFAに及ぶ片側EIA狭窄
- ・内腸骨動脈および/またはCFA起始部の片側EIA閉塞
- ・内腸骨動脈および/またはCFA起始部あるいは起始部でない、重度の石灰化片側EIA閉塞



→ バイパス術が好ましい

D型病変

- ・腎動脈下部大動脈腸骨動脈閉塞
- ・治療を要する大動脈および腸骨動脈のびまん性病変
- ・片側CIA、EIAおよびCFAを含むびまん性多発性狭窄
- ・CIAおよびEIA両方の片側閉塞
- ・EIAの両側閉塞
- ・治療を要するがステントグラフト内挿術では改善が見られないAAA患者、あるいは大動脈または腸骨動脈外科手術を要する他の病変をもつ患者の腸骨動脈狭窄



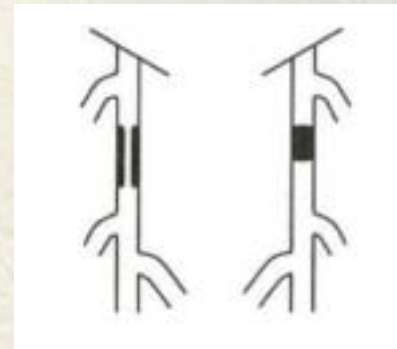
→ バイパス術

TASC分類 (大腿膝窩動脈病変)

A型病変

- ・単独狭窄 $\leq 10\text{cm}$ 長さ
- ・単独閉塞 $\leq 5\text{cm}$ 長さ

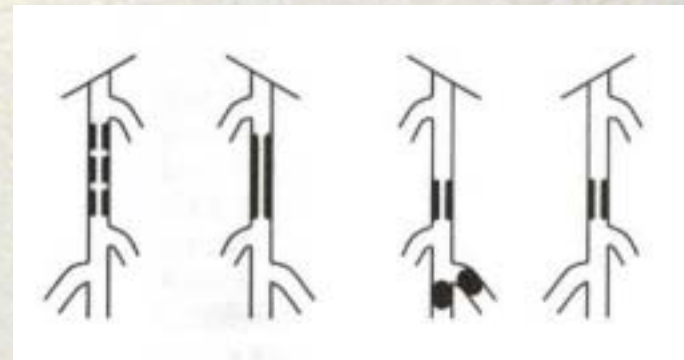
➡ 血管内治療



B型病変

- ・多発性病変 (狭窄または閉塞)、各 $\leq 5\text{cm}$
- ・膝下膝窩動脈を含まない $\leq 15\text{cm}$ の単独狭窄または閉塞
- ・末梢バイパスの流入を改善するための脛骨動脈に連続性をもたない単独または多発性病変
- ・重度の石灰化閉塞 $\leq 5\text{cm}$ 長さ
- ・単独膝窩動脈狭窄

➡ 血管内治療が好ましい

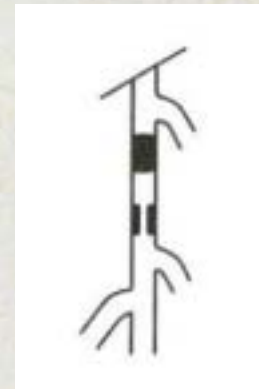


TASC分類 (大腿膝窩動脈病変)

C型病変

- ・重度の石灰化病変があるかあるいはない、**全長>15cm**の多発性狭窄または閉塞
- ・2回の血管内インターベンションに、**治療を要する再発狭窄**または**閉塞**

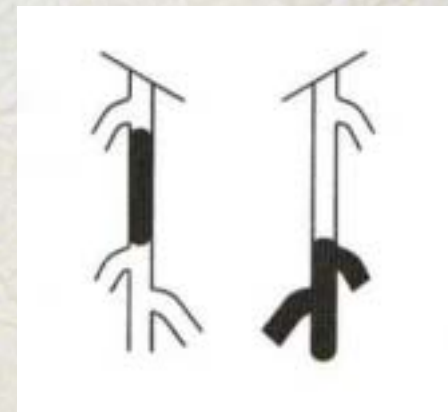
➡ **バイパス術が好ましい**



D型病変

- ・**CFAまたはSFA (>20cm、膝窩動脈を含む)** の慢性完全閉塞
- ・**膝窩動脈および近位三分枝血管の慢性完全閉塞**

➡ **バイパス術**



バイパス術

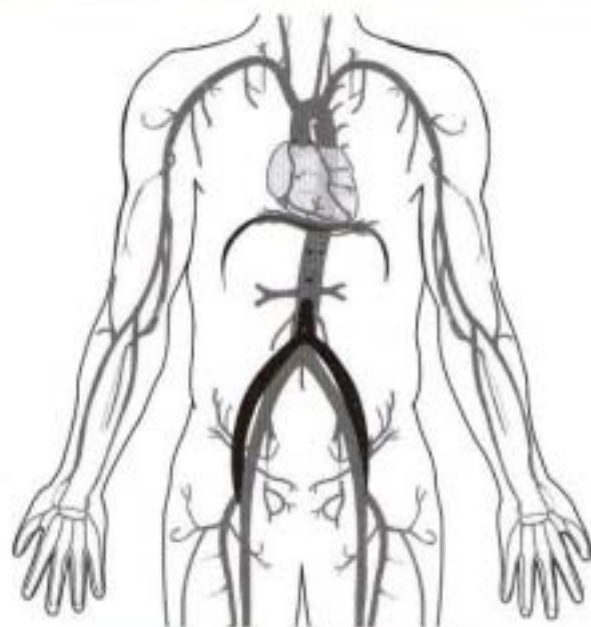


図 F3 腎動脈下部腹部大動脈両側大腿動脈バイパス術

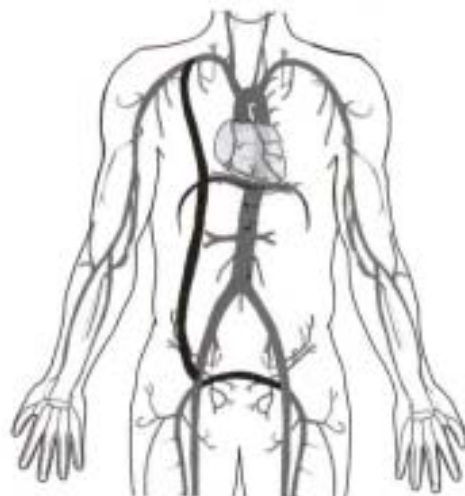


図 F4 腋窩(両側)大腿動脈バイパス術

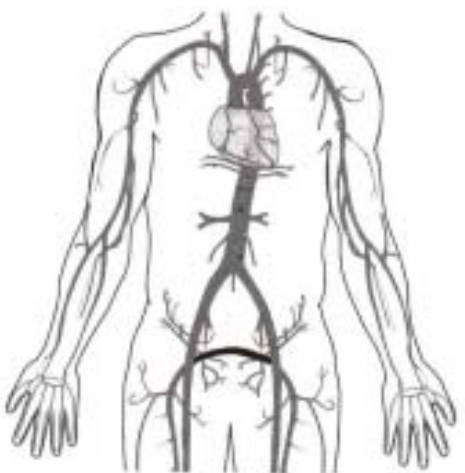


図 F5 大腿動脈クロスオーバーバイパス術

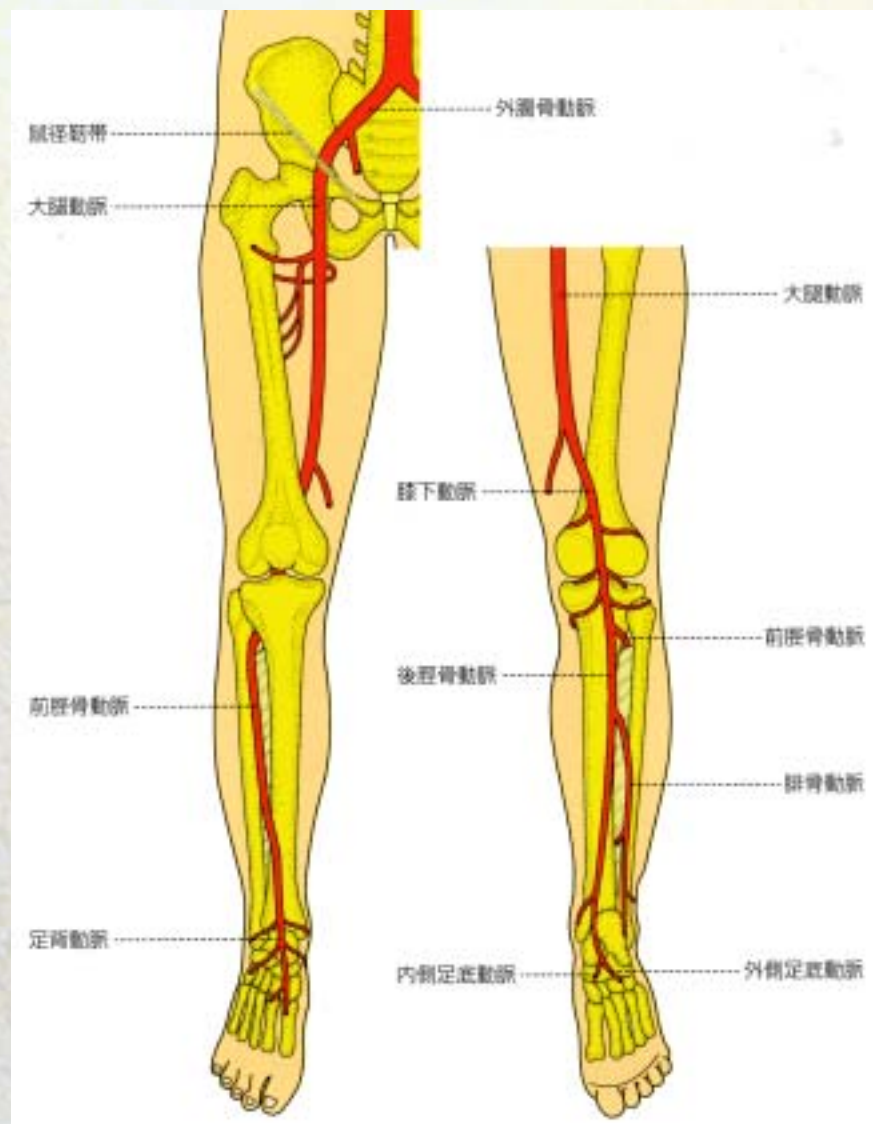


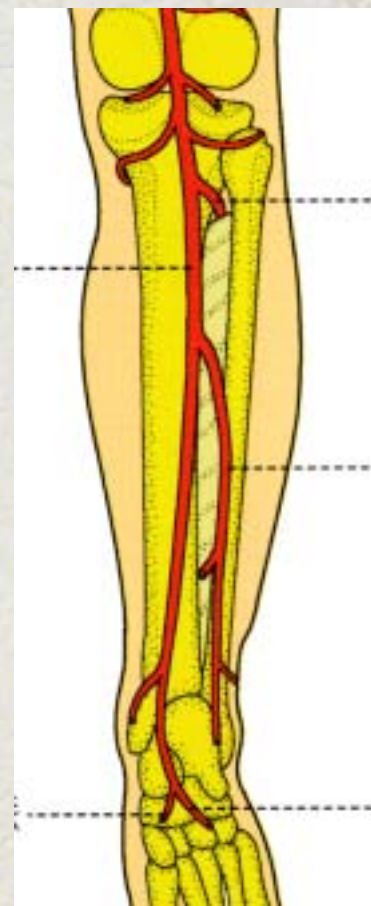
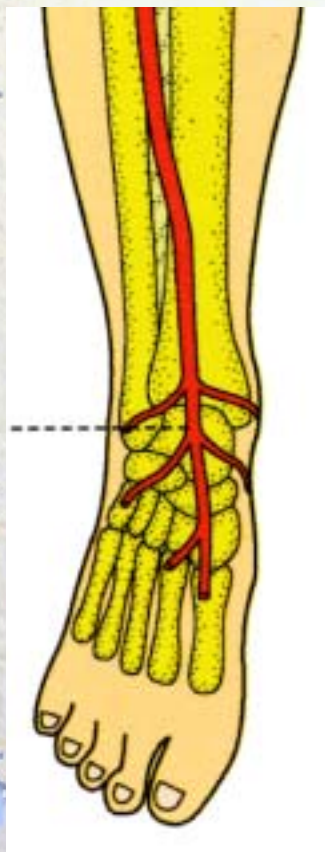
図 F7 大腿股骨動脈バイパス術



図 F6 膝上大腿股動脈バイパス術

II. 下肢動脈の解剖・血管走行を知る。





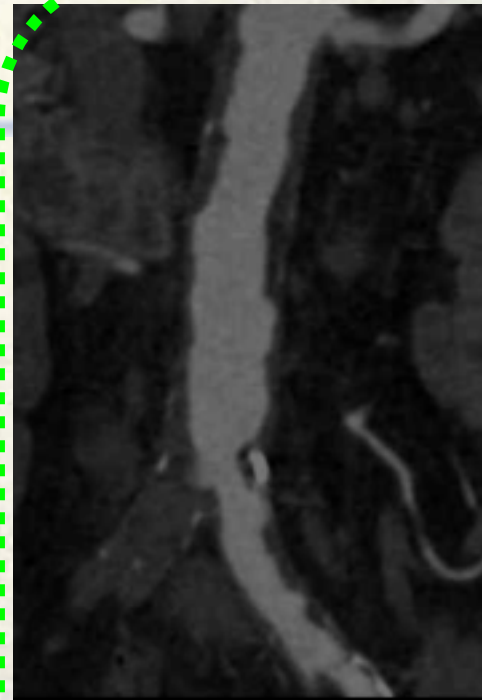
当院での下肢動脈CTにおける画像表示法



①Volume Rendering 像

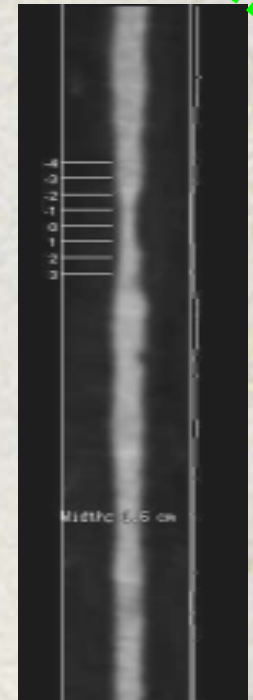


②MIP 像（最大値投影法）

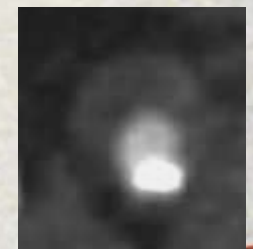


③CPR像（Curved MPR）

ストレッチビュー



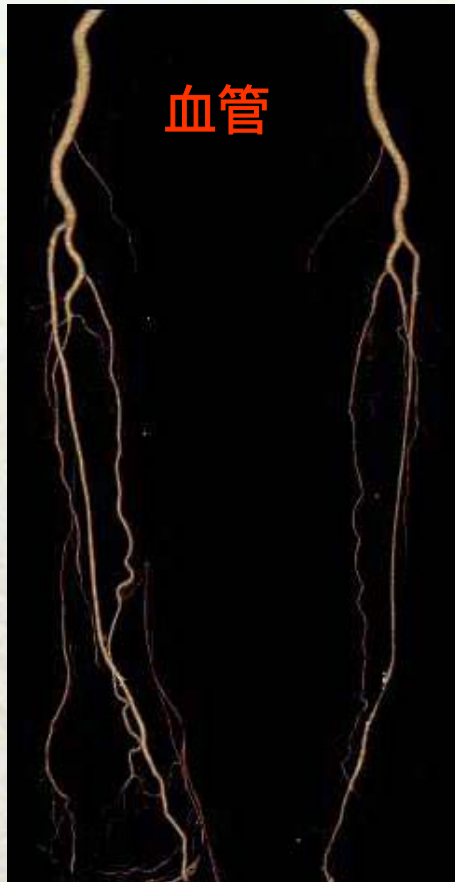
病変部あれば追加



血管短軸像

当院での下肢動脈CTにおける画像表示法

【 Volume Rendering 像 】



- (欠点)
- ・石灰化、ステントの内腔評価困難
 - ・閾値の設定により、細い血管や吸収値の低い血管が描出されず病変を過大評価する場合がある。

当院での下肢動脈CTにおける画像表示法

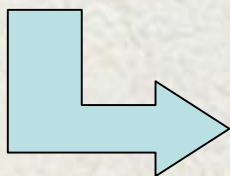
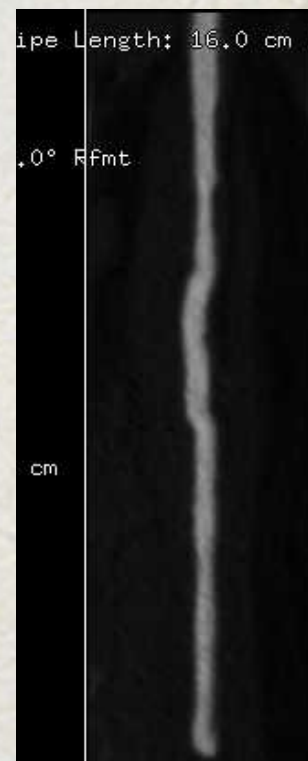
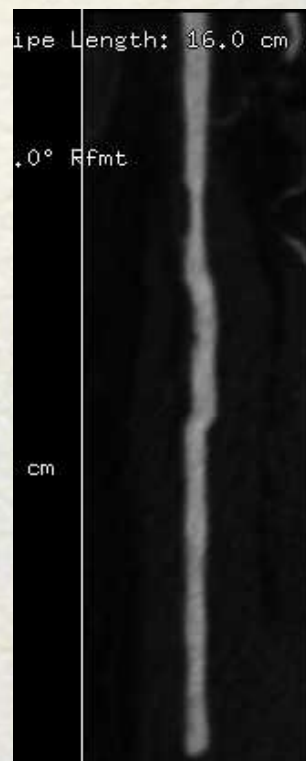
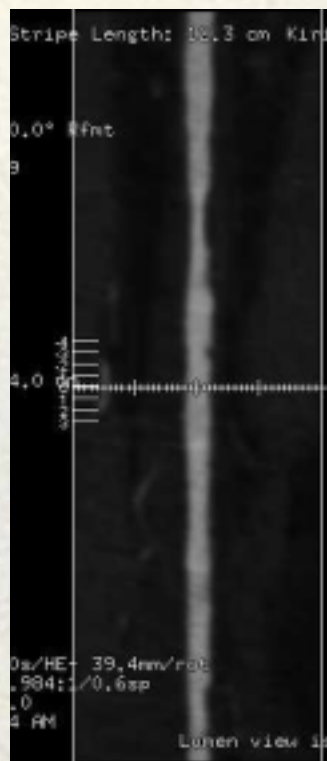
【MIP 像 (最大値投影法)】



・下腿の前脛骨動脈は下方で脛骨と接しており、消しすぎに注意を要する

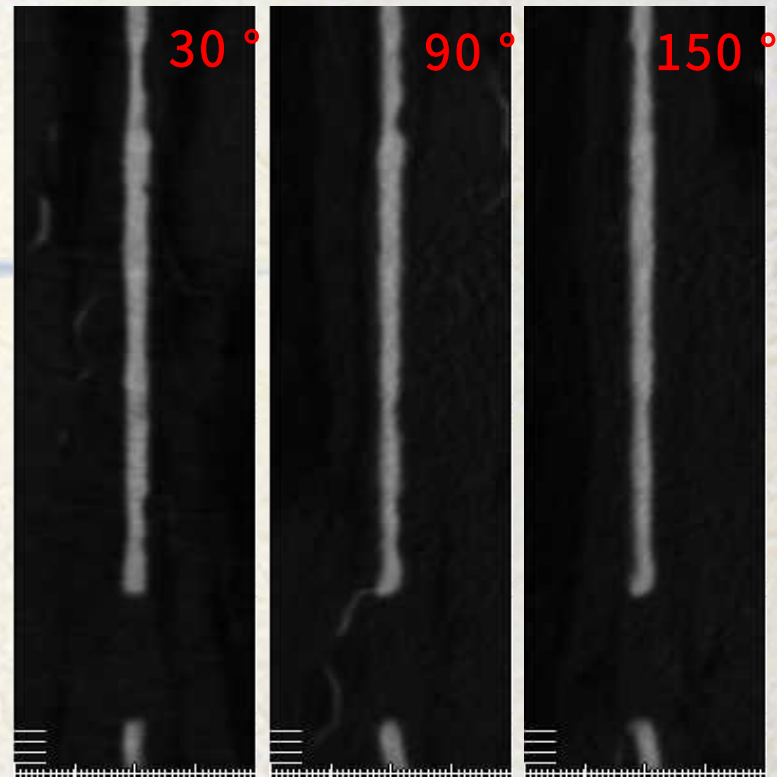
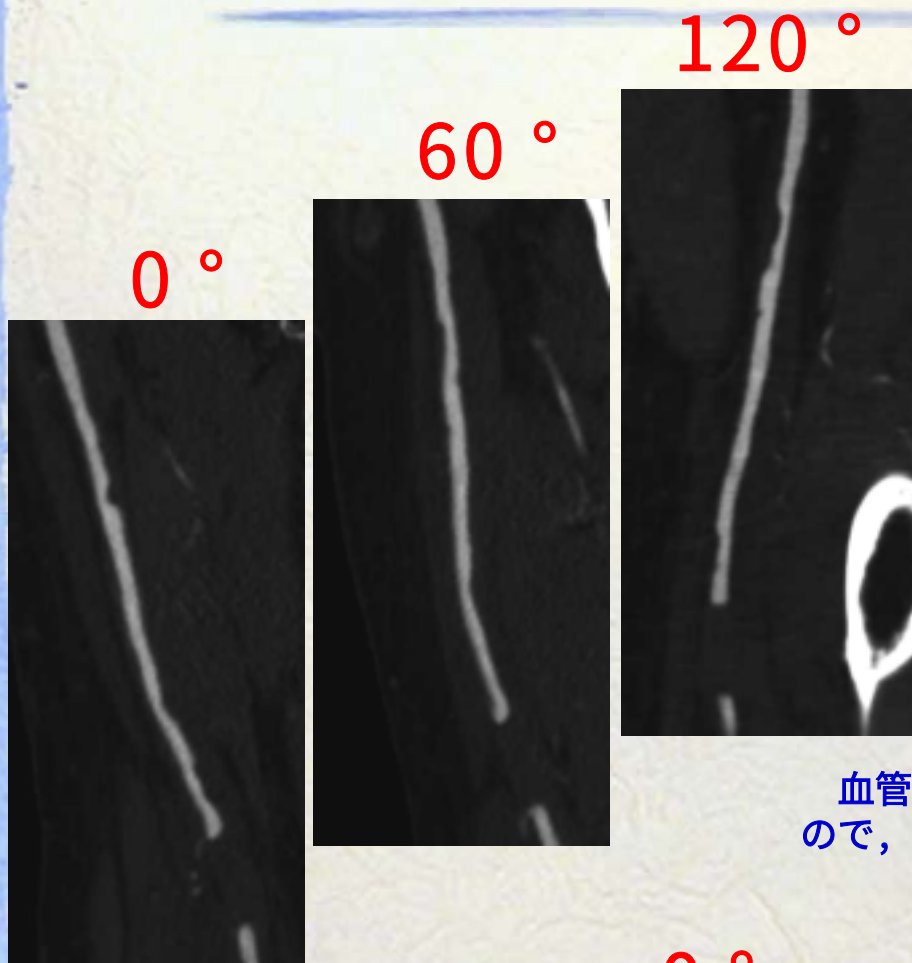


【Curved MPR像その他解析処理】



Curved MPR像より血管の中心を通るように修正することにより、正確な計測が可能となる。

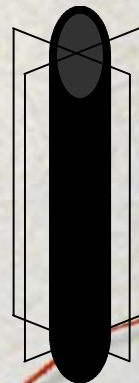
Curved MPR像



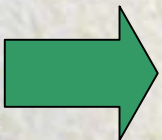
ストレッチビュー

血管のある1断面を表示しているにすぎないので、複数の方向から観察する必要がある。

0° → 150°





- 
- ・**血管内治療のプランニング**
(術前に金属ステントやバルーン等の使用器具のサイズを予測可能)
…合併症を防ぐうえでもステントやバルーンのサイズ選定は重要である。
 - ・**治療後のフォローアップ** (再狭窄、バイパス後の吻合部狭窄の有無等) にも有用

1. 検査の前に

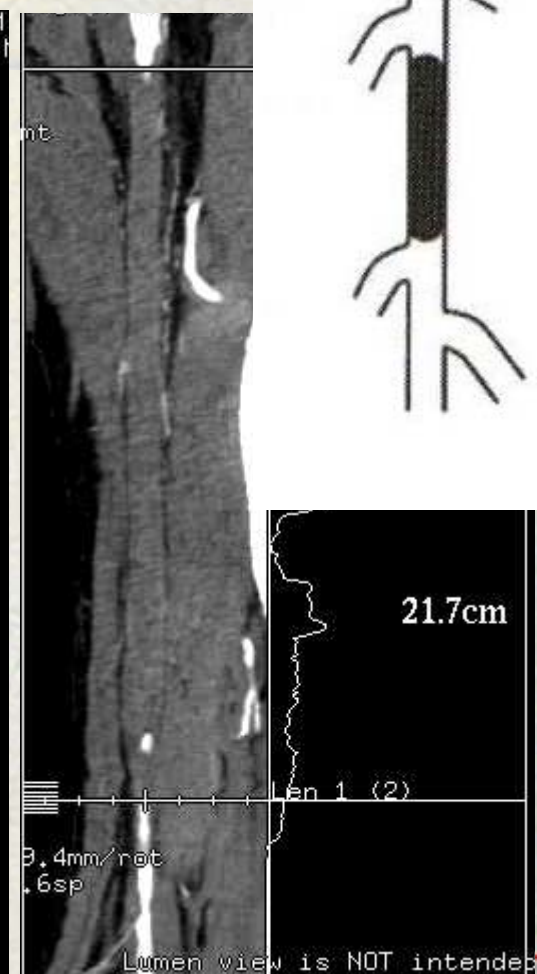
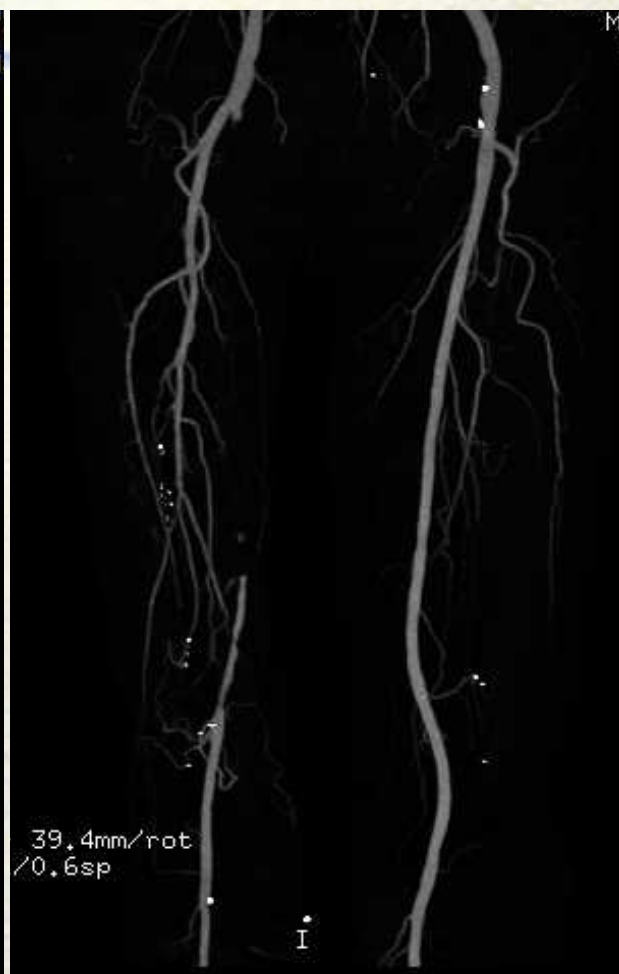
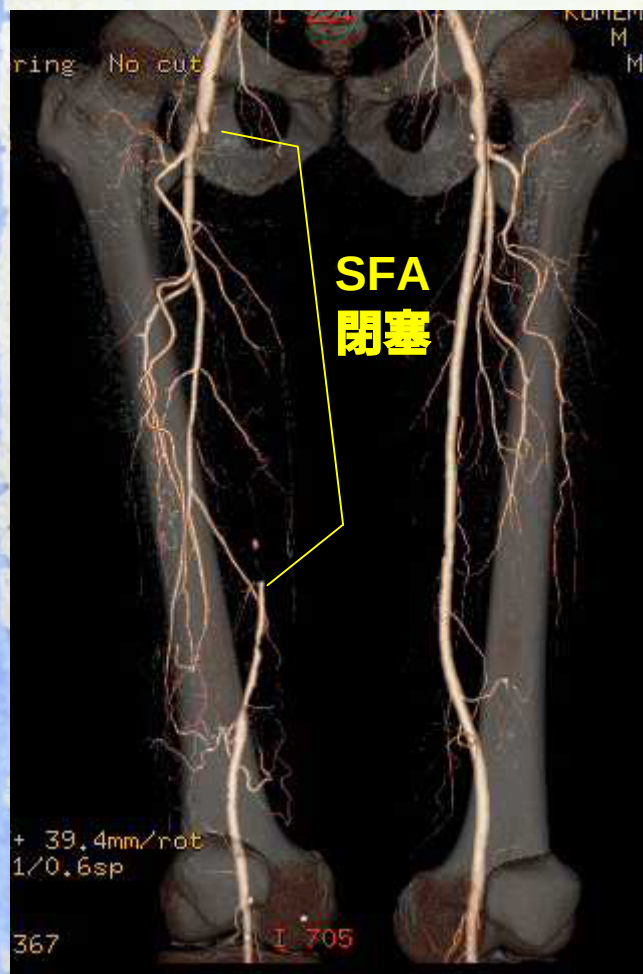
2. 撮像方法・造影方法

3. 画像処理方法

4. 症例

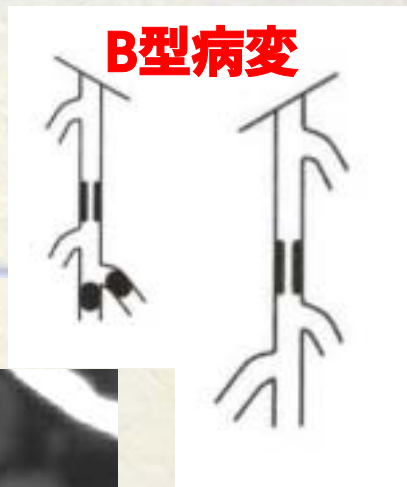
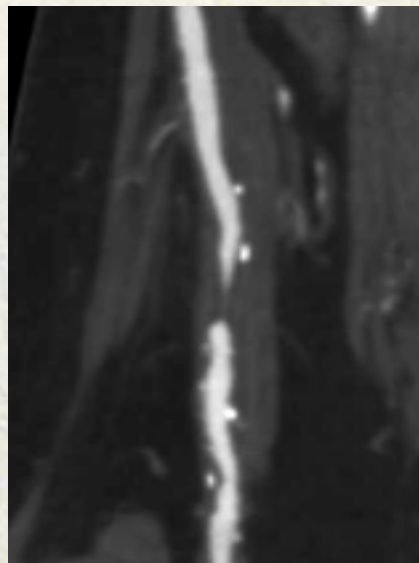
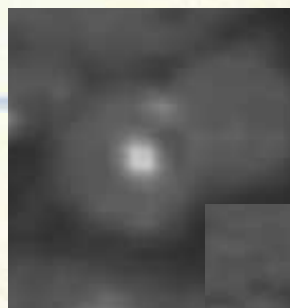
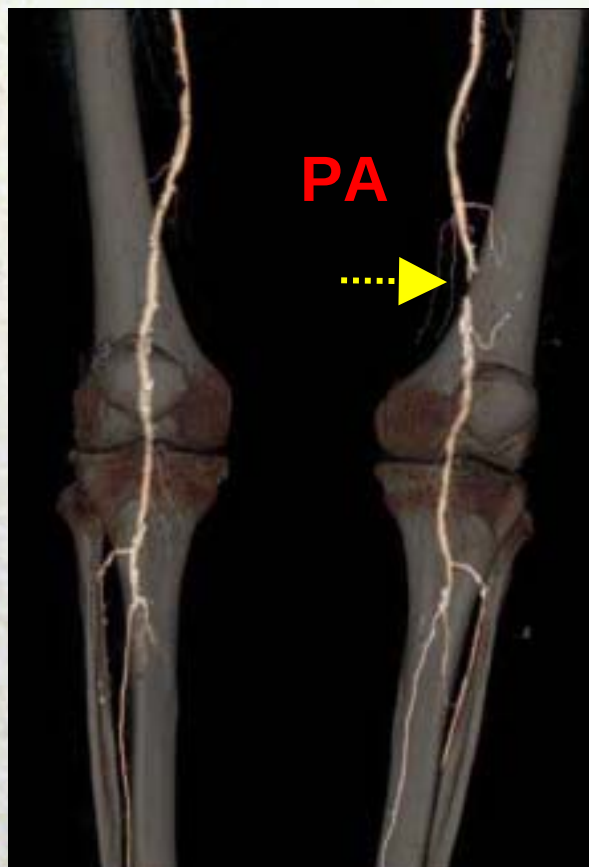
閉塞症例

D型病変

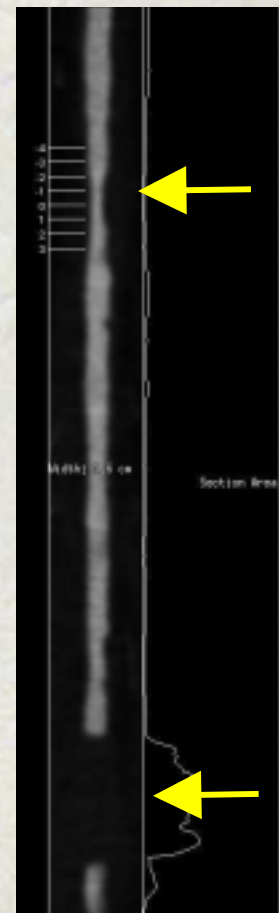


狭窄症例

B型病変



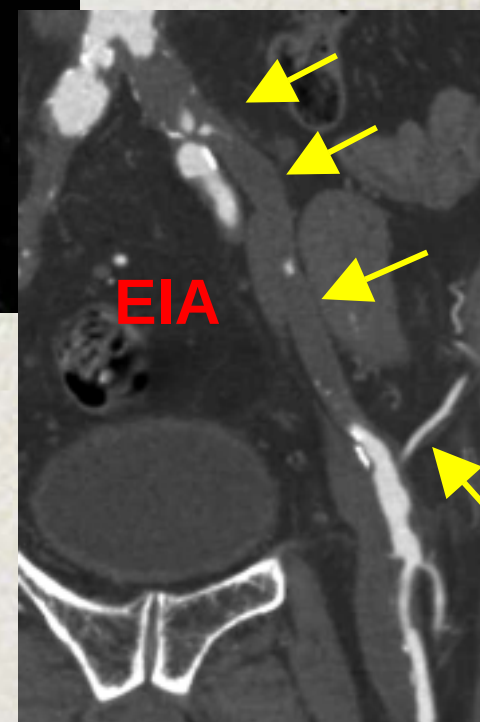
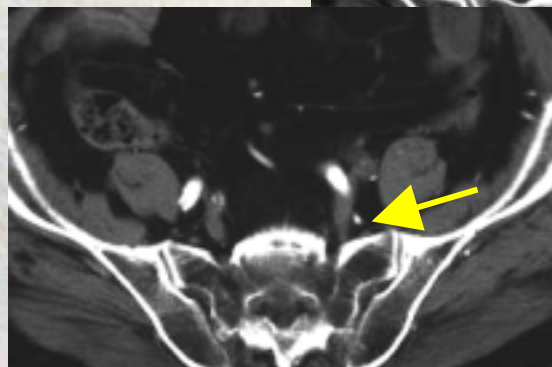
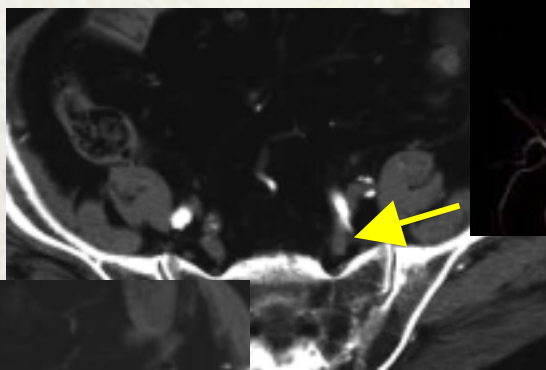
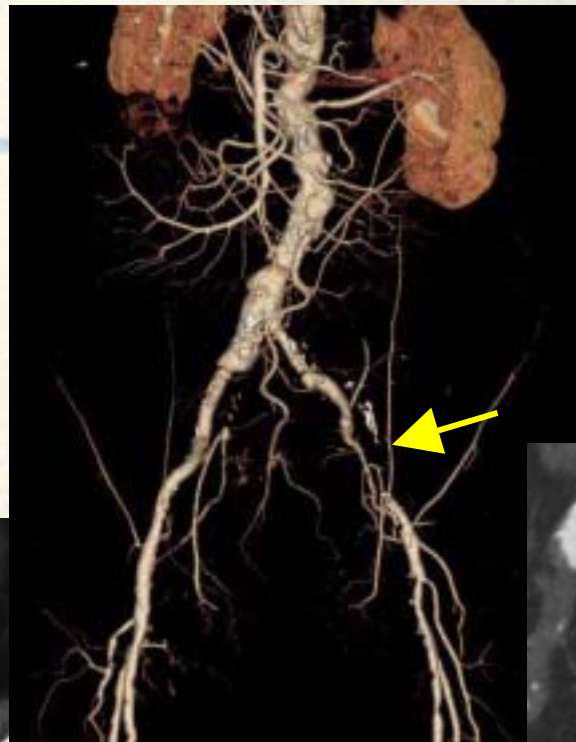
閉塞症例



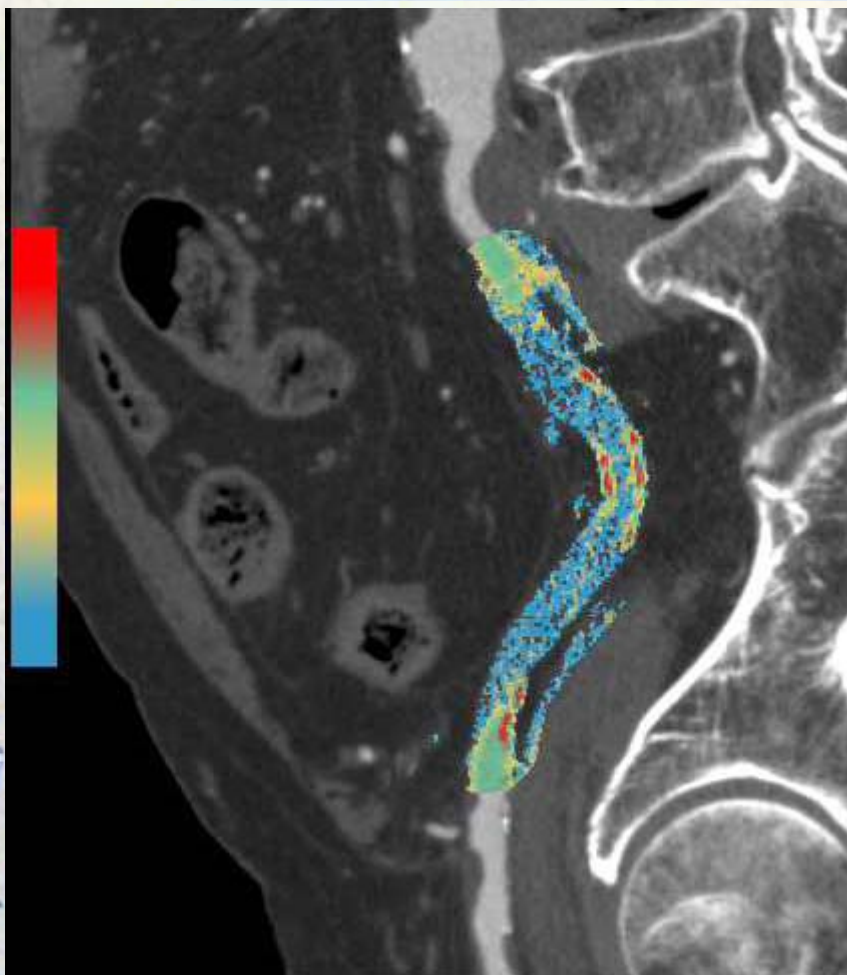
B型病変



閉塞症例



閉塞症例



閉塞症例



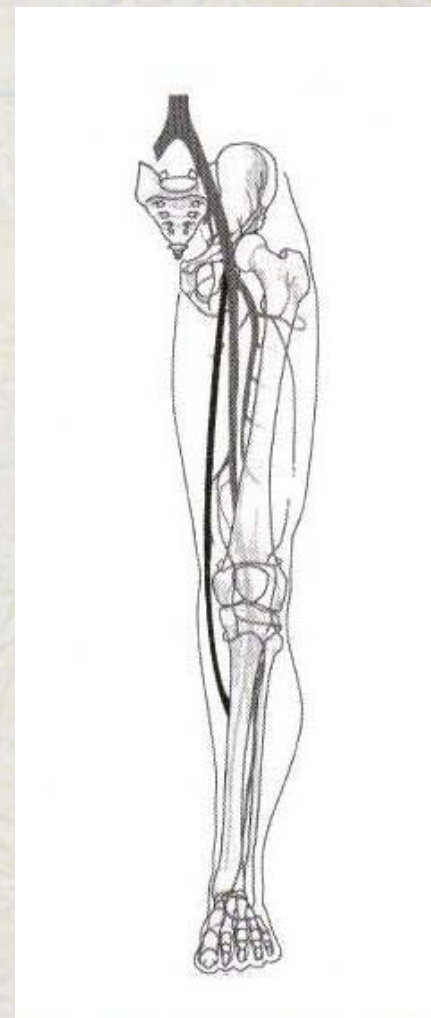
D型病変



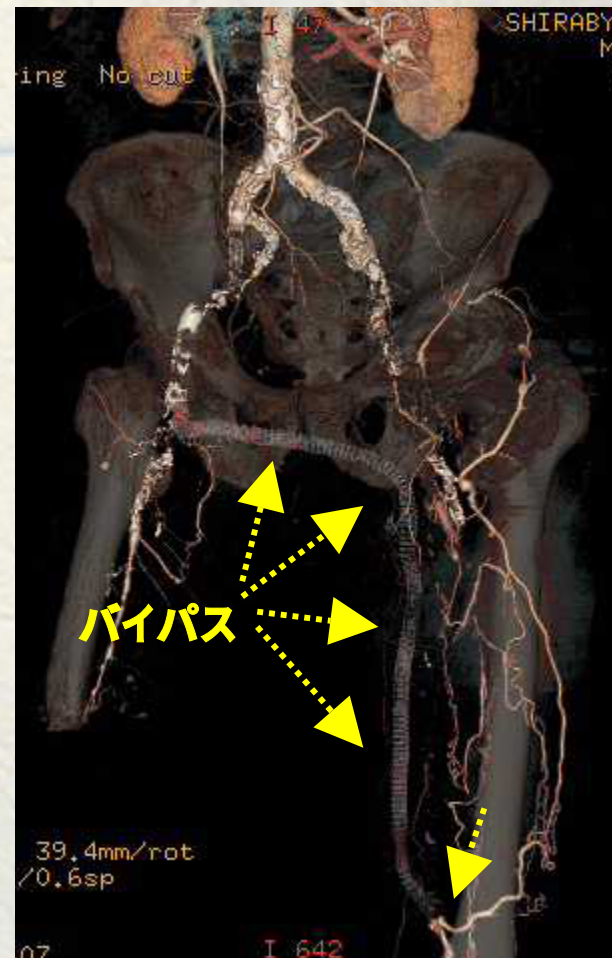
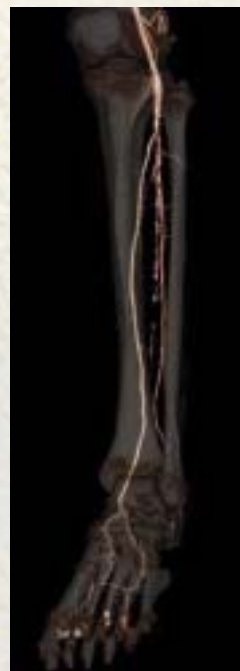
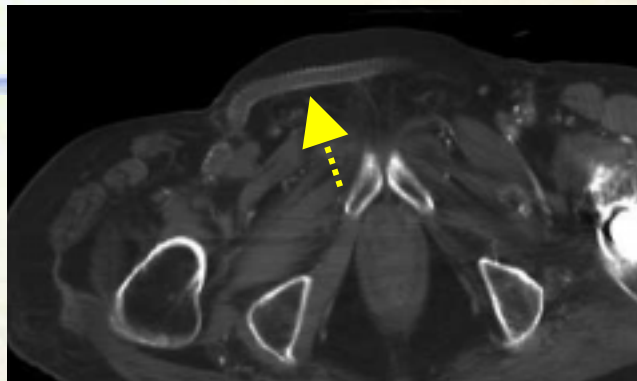
閉塞症例



閉塞症例

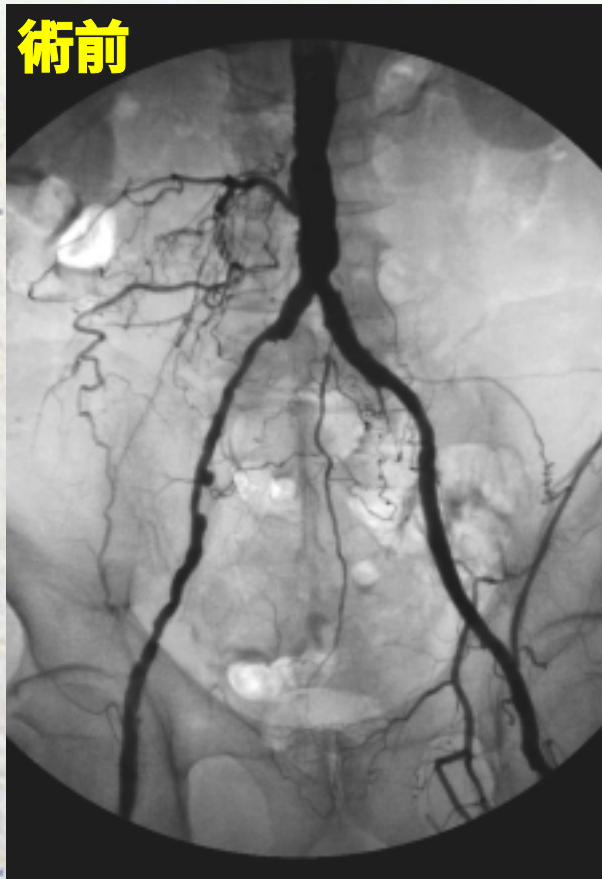


バイパス術後症例

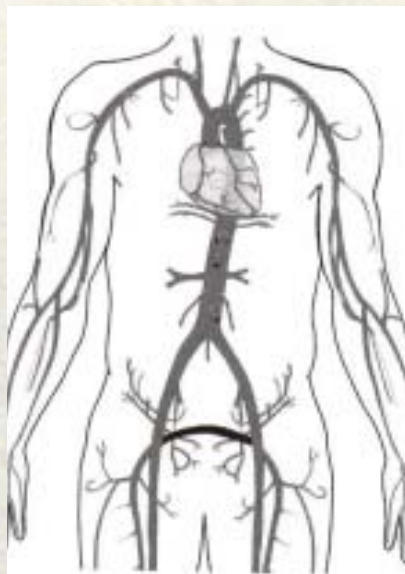


バイパス術後症例

術前

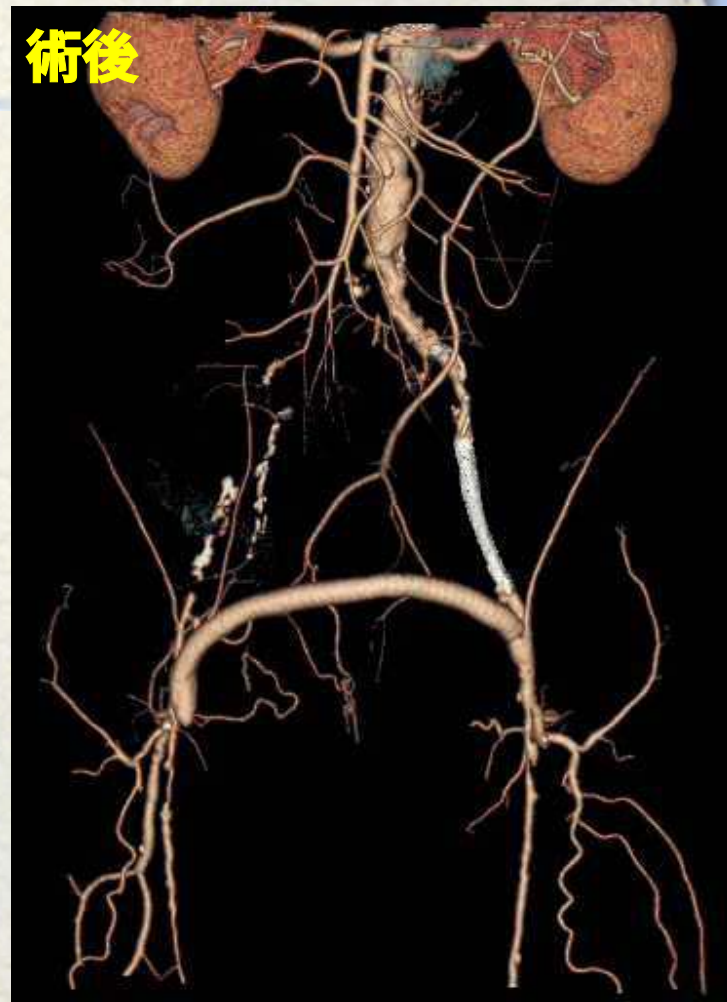


D型病変

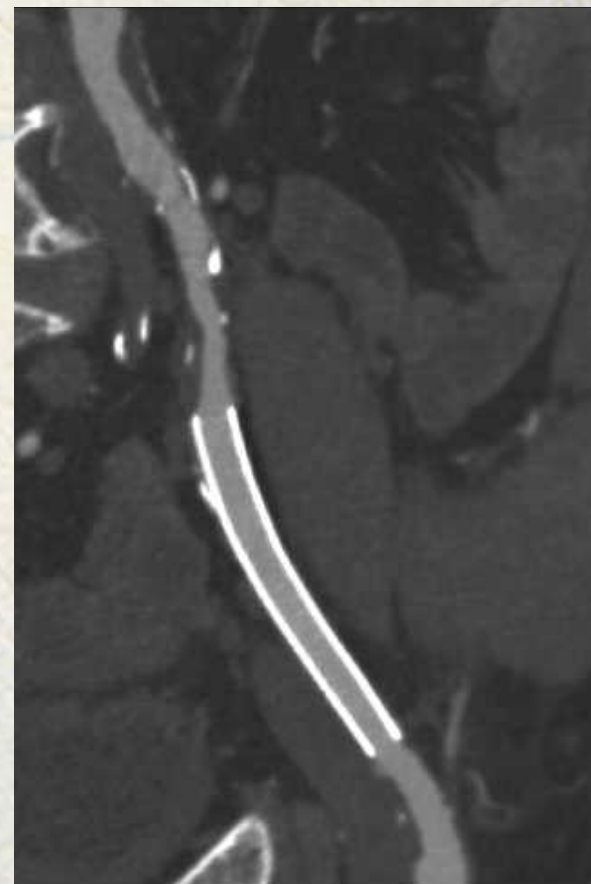
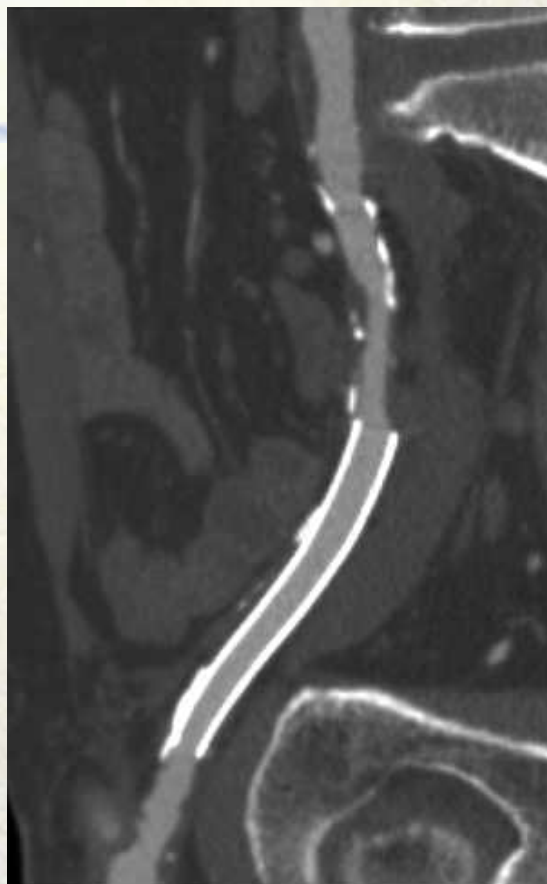
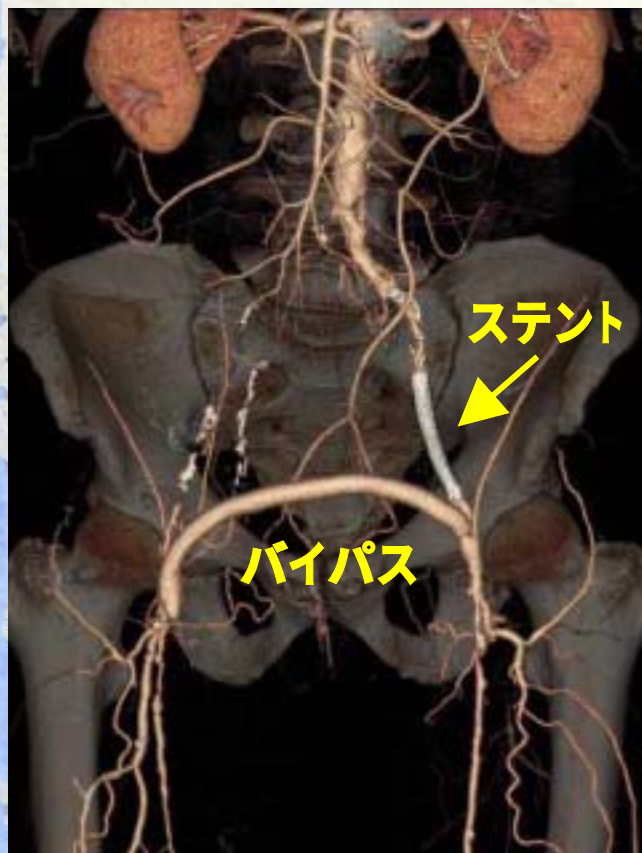


大動脈クロスオーバーバイパス術

術後

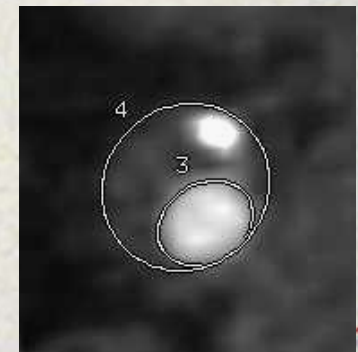
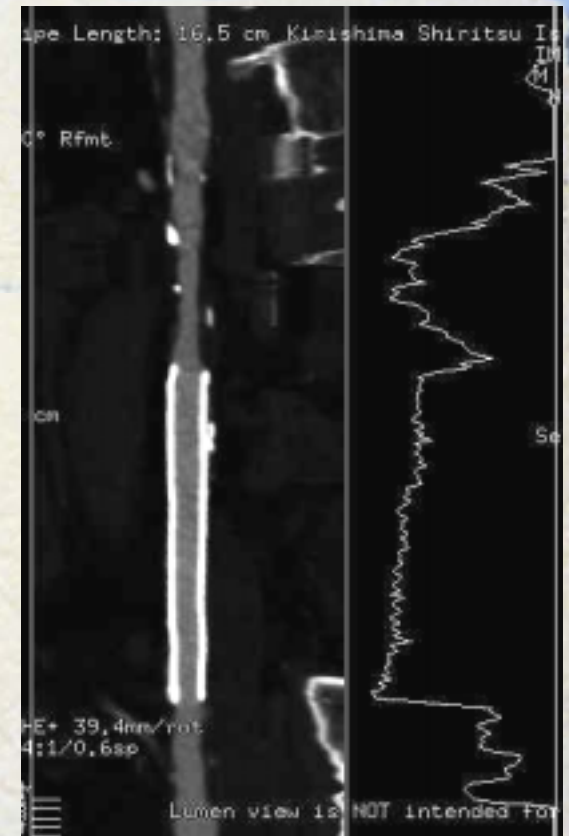
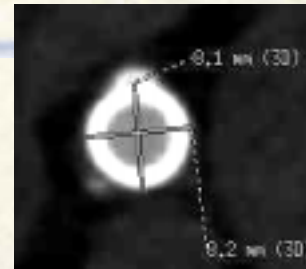
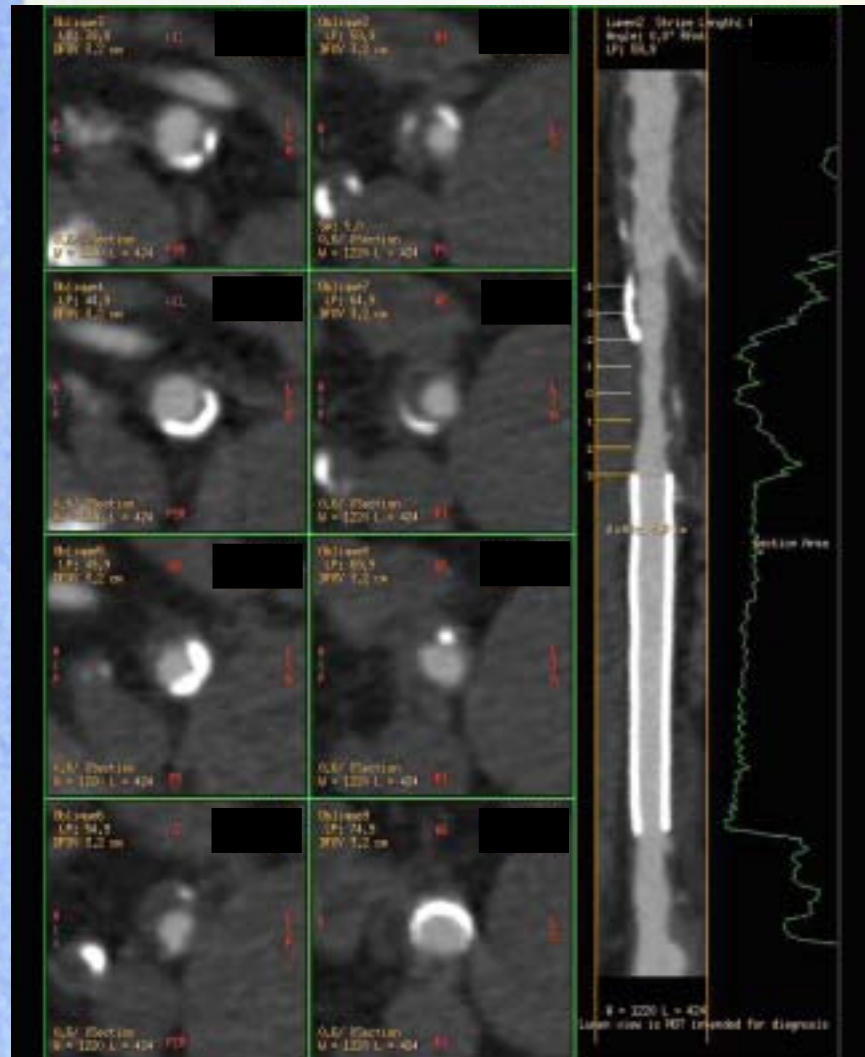


バイパス術後症例

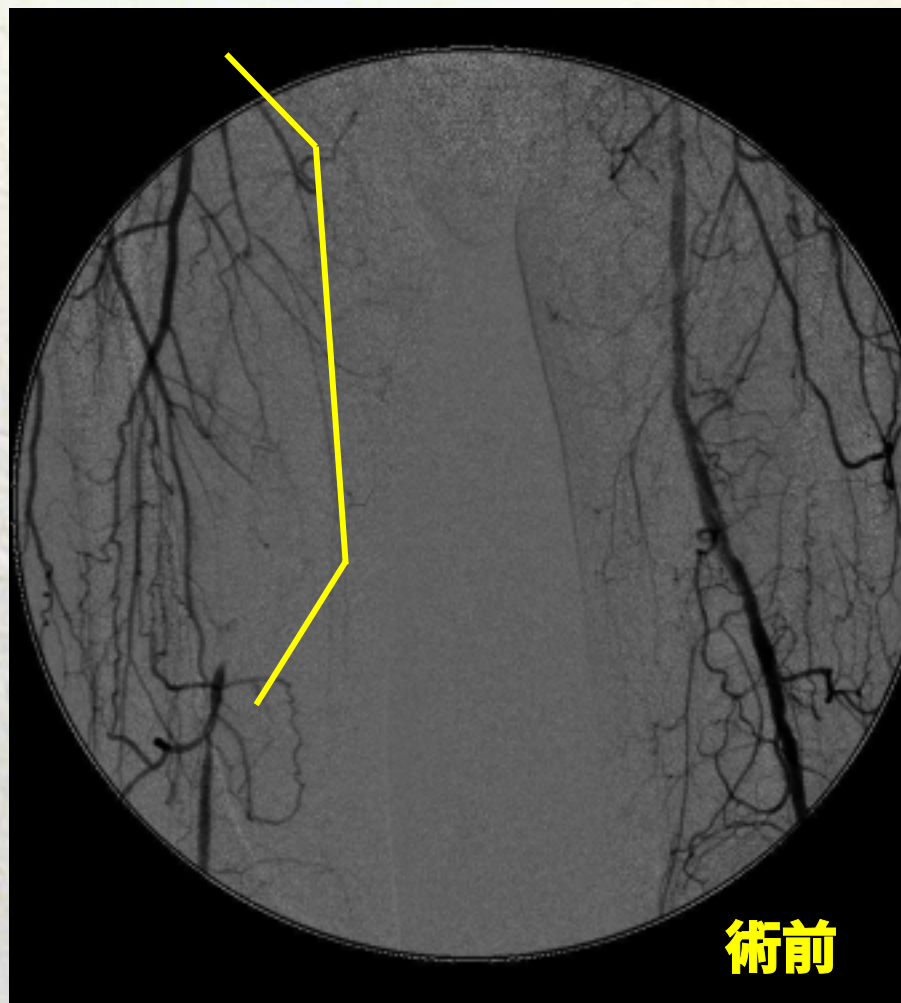


【Lt-EIAのステント内CPR】

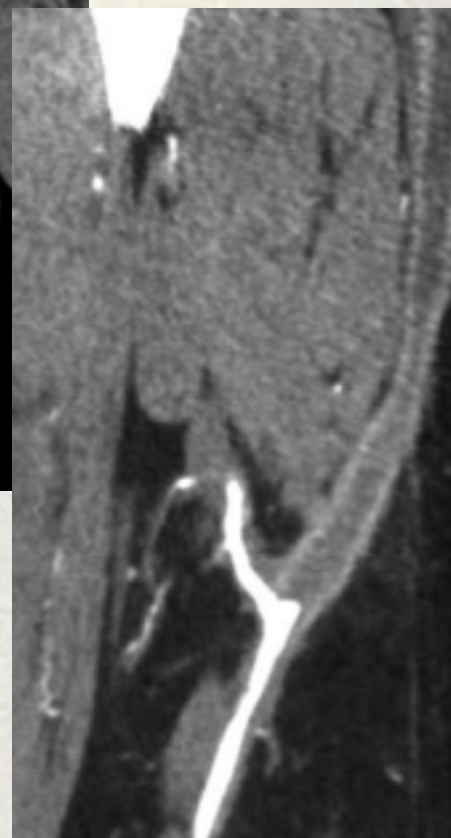
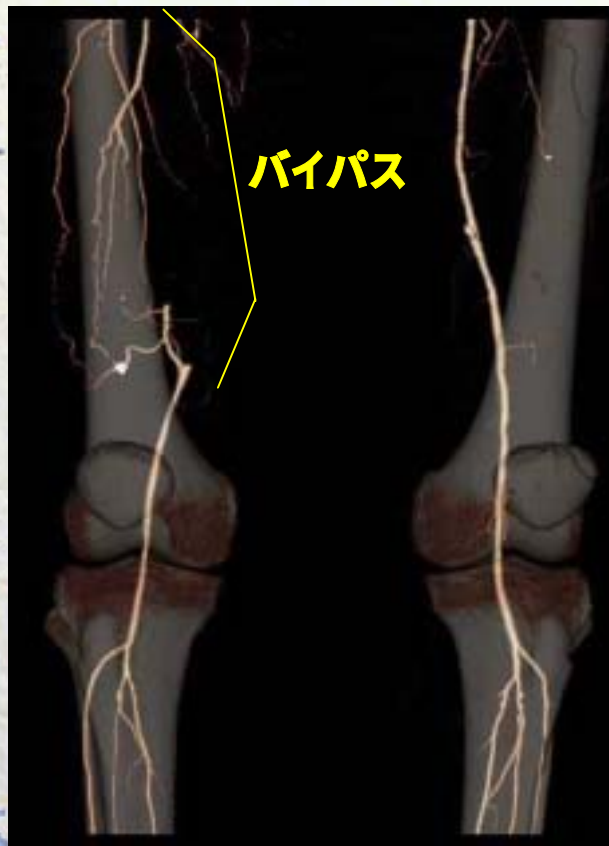
バイパス術後症例



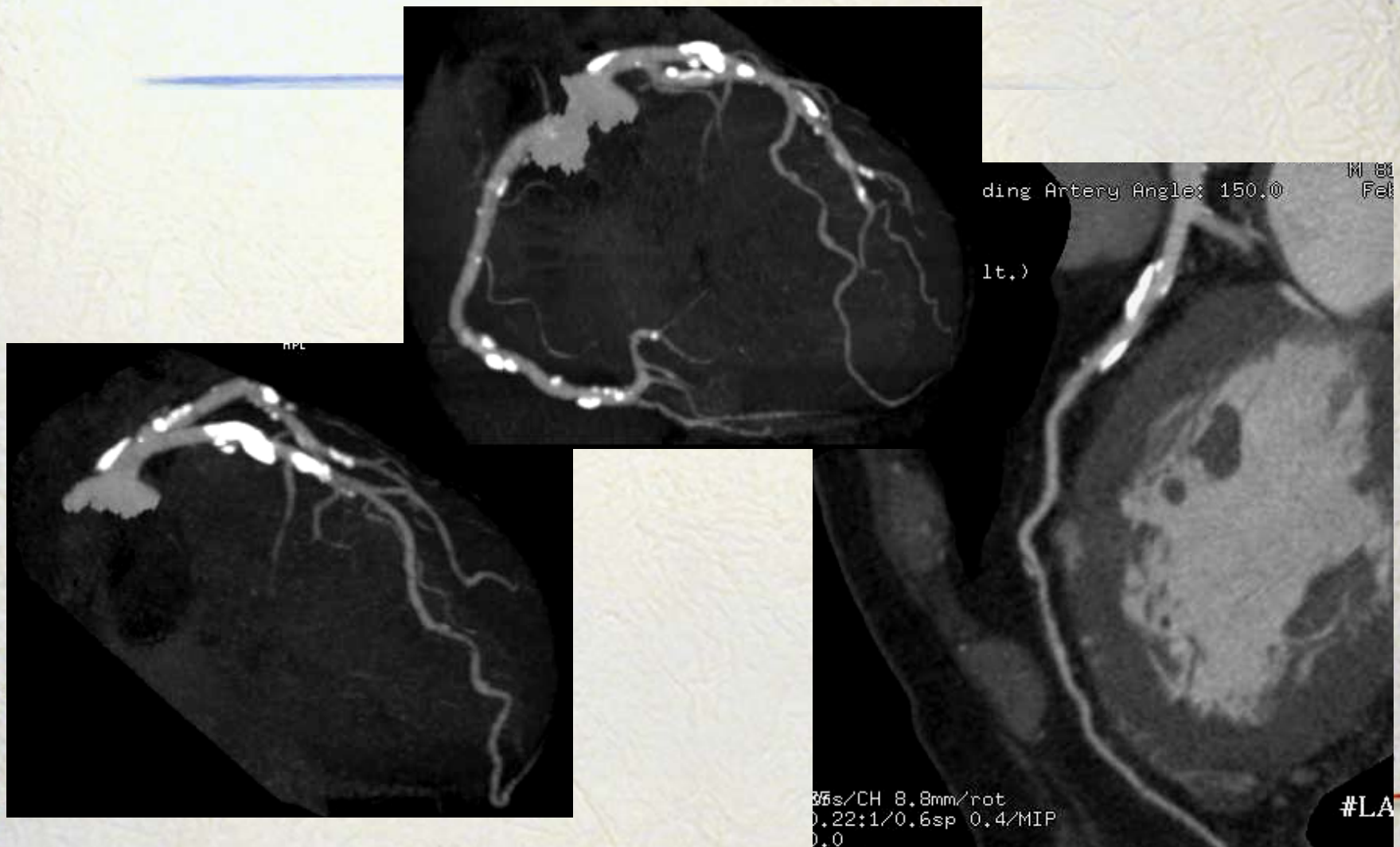
バイパス術後症例



バイパス術後症例



同患者の冠動脈CT



最適な検査を行うために

- 1.検査に臨む前にまずその疾患を知る。
- 2.他検査より出来る限り情報を入れる。
- 3.至適造影法に基づいた患者様のための造影検査とそれに見合った撮像法を考慮する。
- 4.疾患に対する治療法（手術法）を知り、それに支援する最良の画像を提供する。

ご静聴有り難うございました。