CTの新たなる潮流

-スペクトラルCTとノイズ除去ソフトの有用性-

熊本中央病院　放射線科

片平和博、中原慧美、川田賢治、本田恵一

2017/5/20 第9回九州CT研究会　北九州国際会議場

CTの新たなる潮流

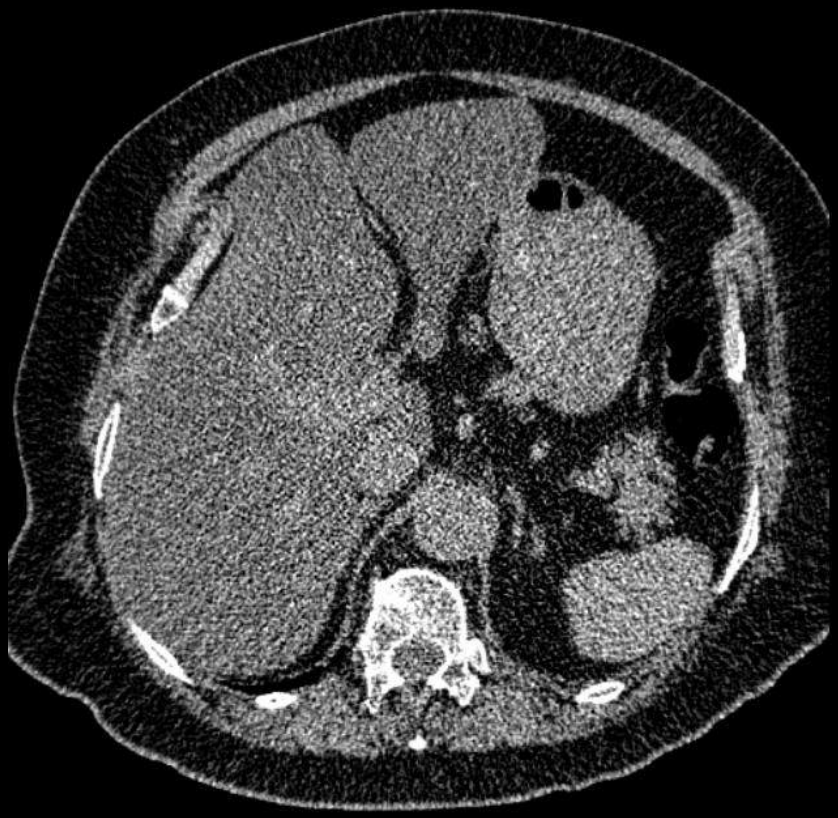
1. ノイズ除去ソフト
2. スペクトラルCT

CTの新たなる潮流

1. ノイズ除去ソフト
2. スペクトラルCT

Noise reduction software

=ノイズ低減(iNoir)

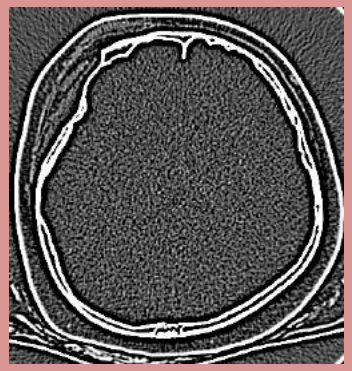


FBP

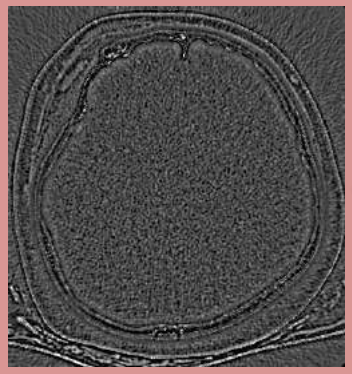
FBP+iNoir

ノイズリダクションソフト(iNoir)の仕組み

Original Image

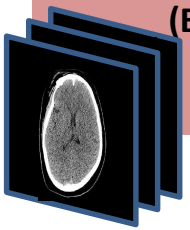


Extract High Frequency Components (Edge + Noise)



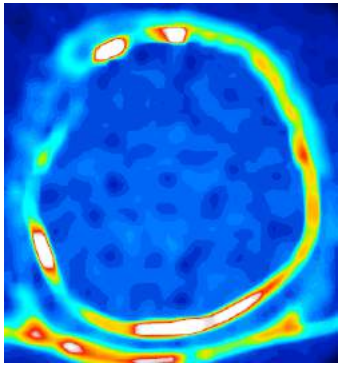
Extract Noise Components

Outputl Image



3D Adaptive Noise Extraction

Update Algorithm



Noise Level

ノイズ推定

Noise Level Estimation

ノイズ低減アルゴリズムの
パラメータを最適化するため

Noise reduction software

＝ノイズ低減(iNoir)

ただ単に・・

画像が綺麗になるだけ？

Noise reduction software

＝ノイズ低減(iNoir)

でも

ノイズが低減することに

よるメリットはかなり大

Noise reduction software

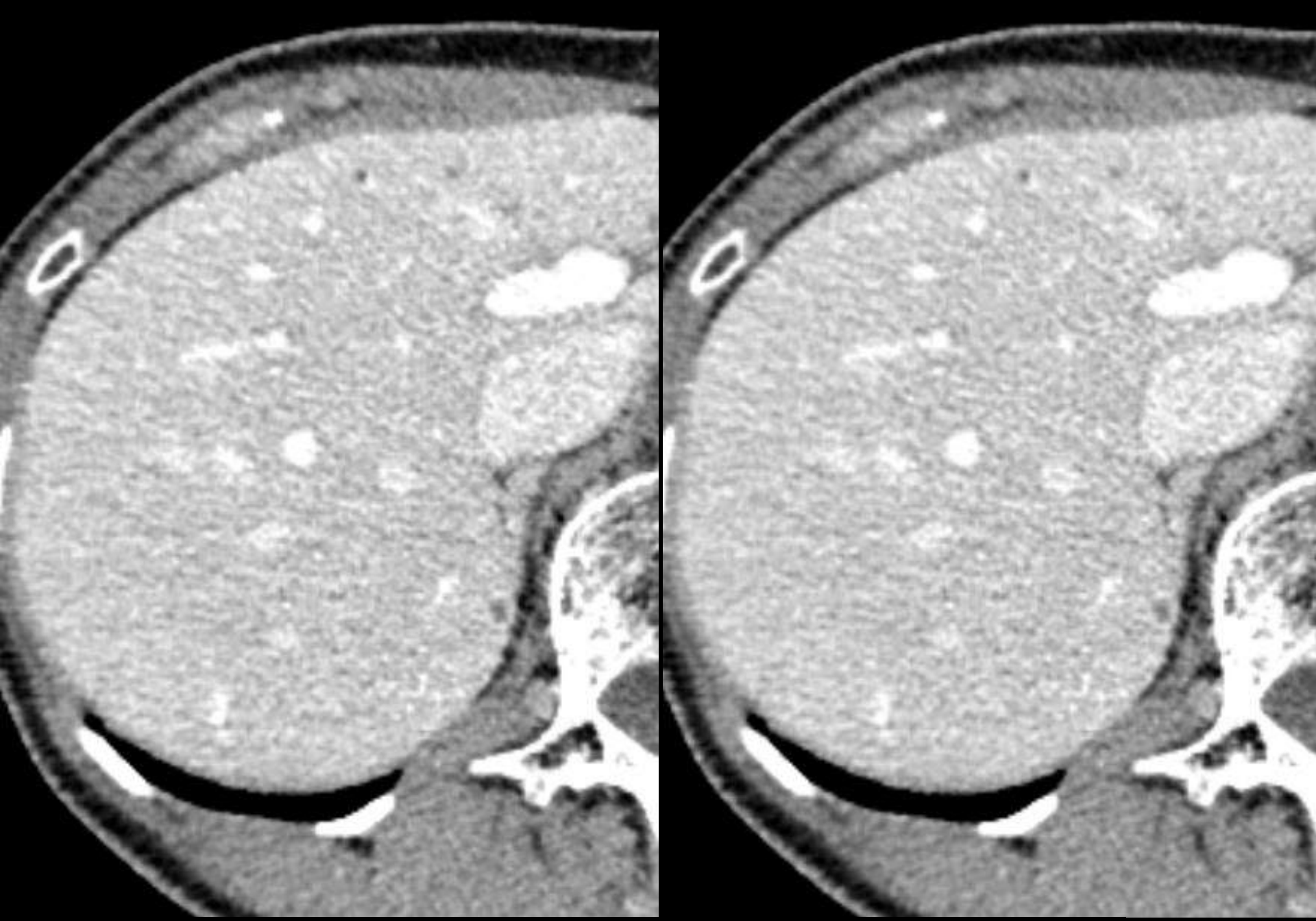
＝ノイズ低減(iNoir)

≒逐次近似法

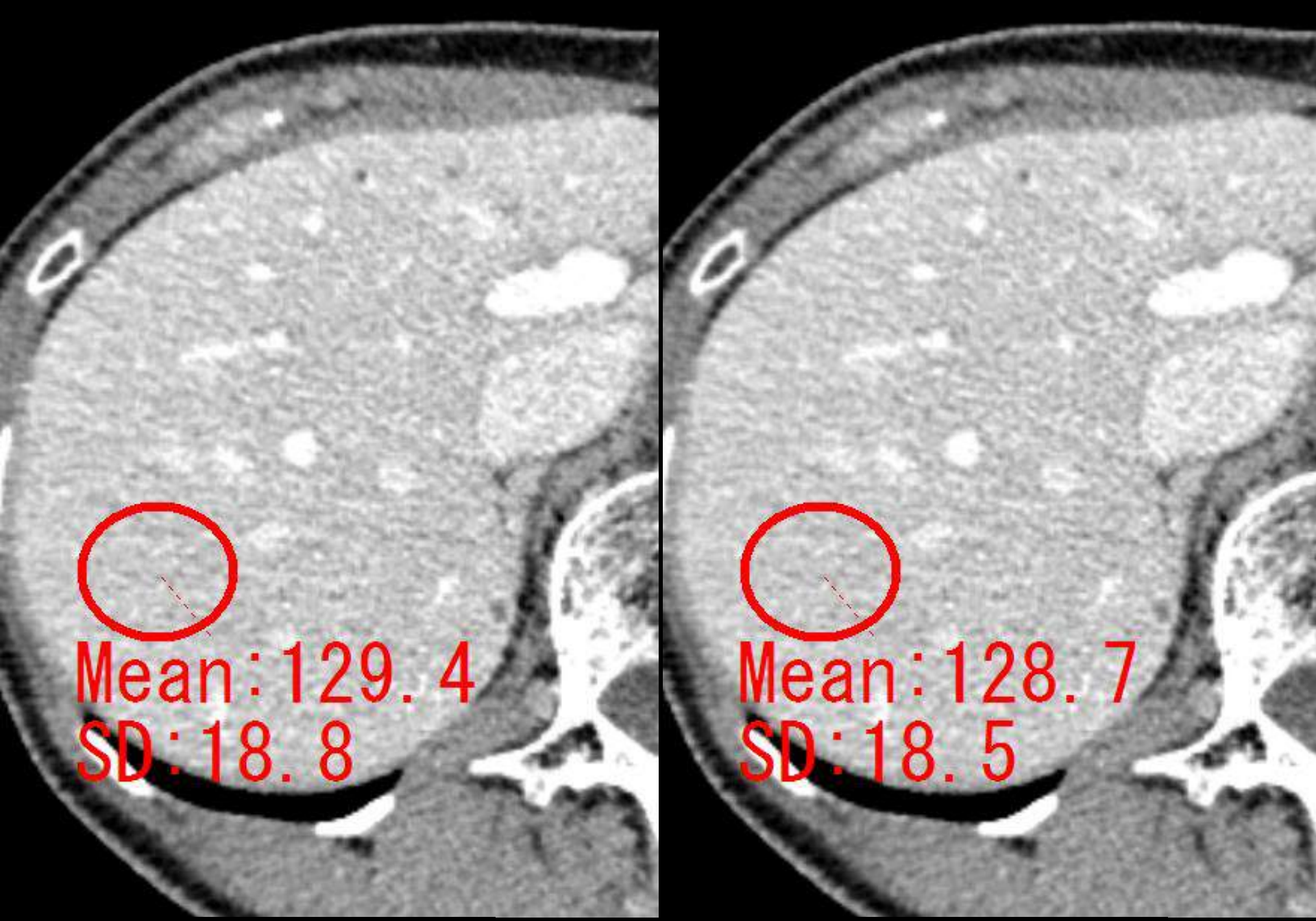
ノイズ低減という意味に

おいてはほぼ同様のメリット

どちらの画像がお好みですか？

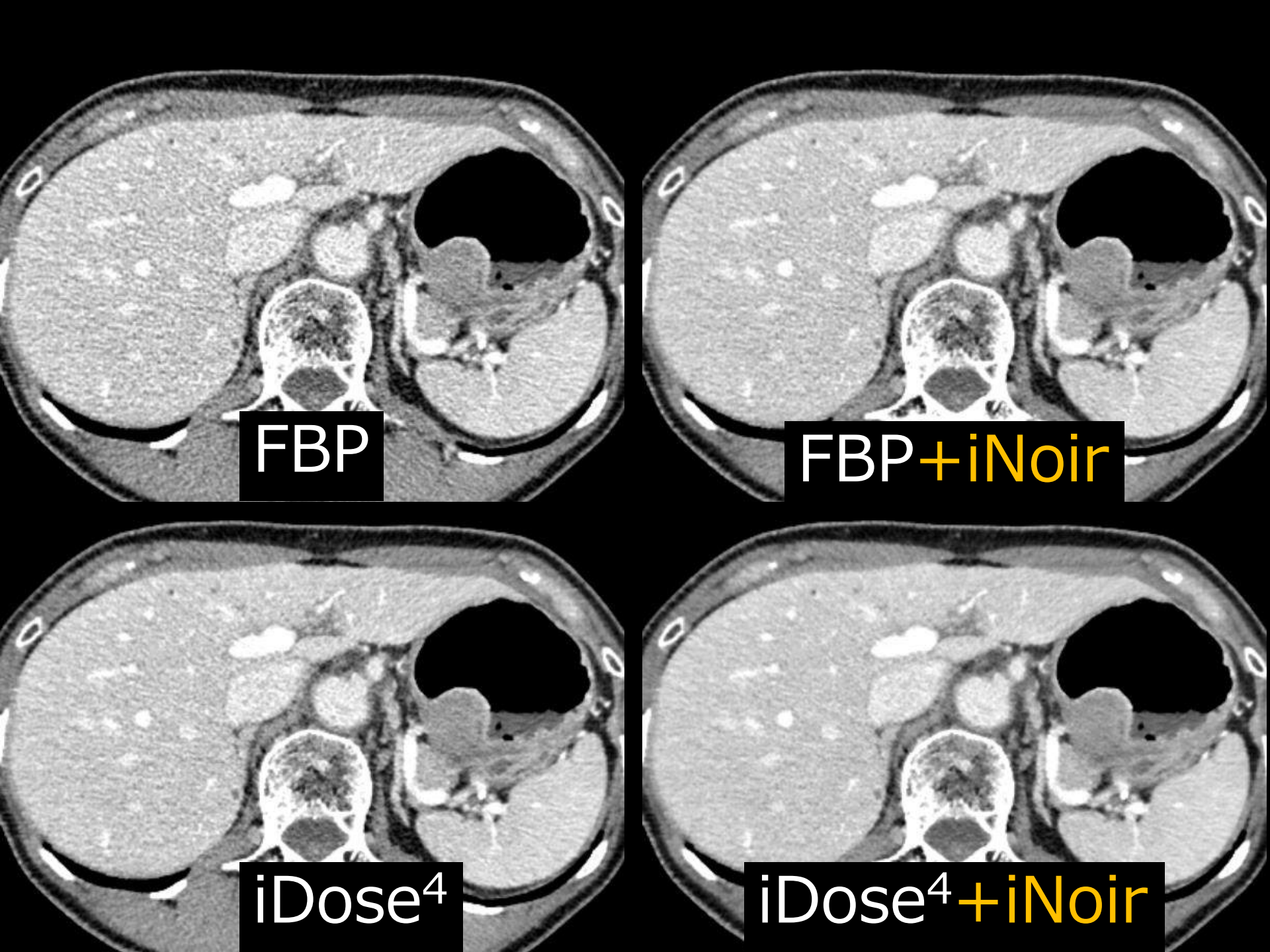


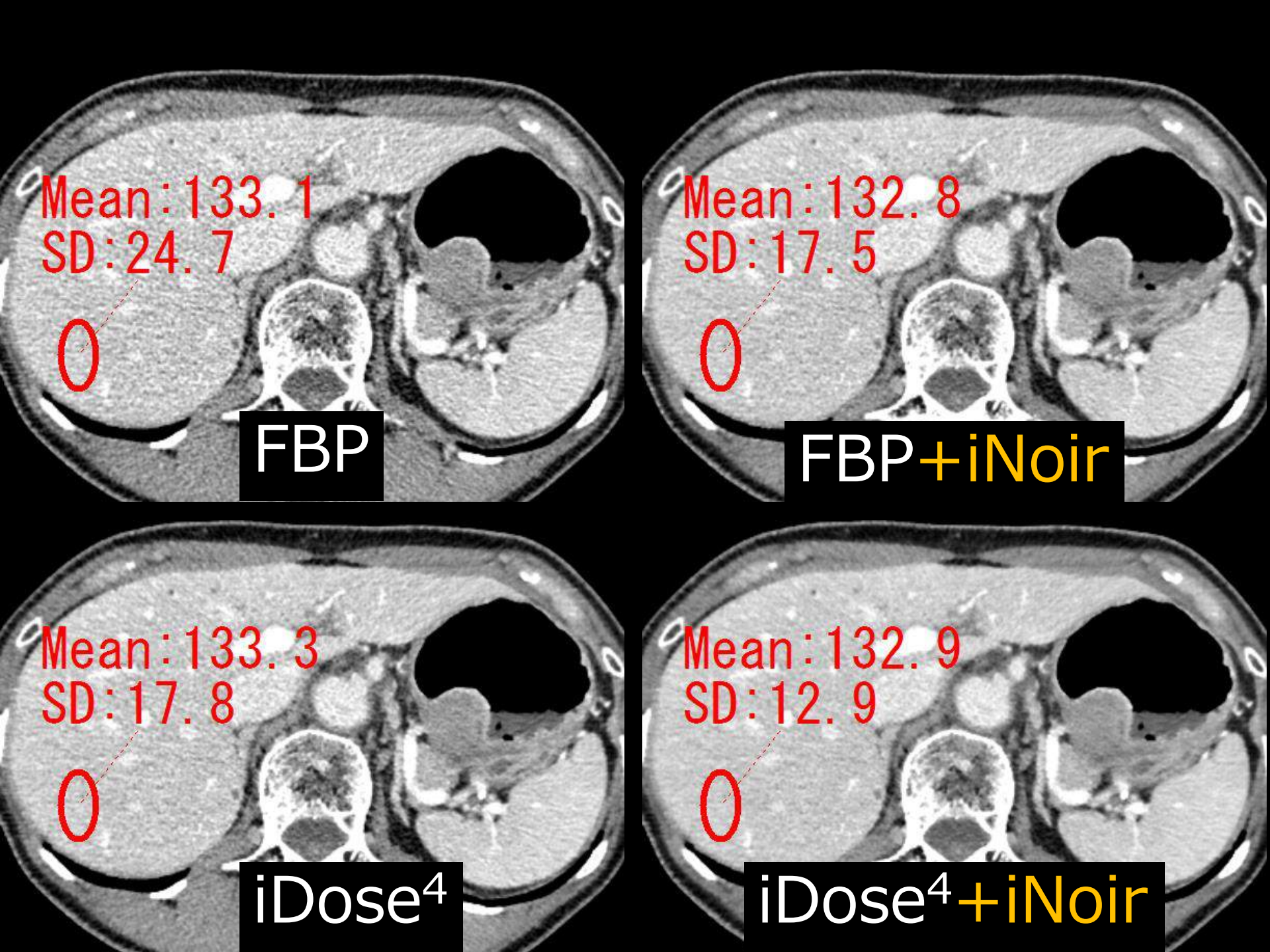
造影CT-いずれも1mmスライス



iDose^4 L4

FBP+iNoir


FBP
FBP+iNoir
iDose4
iDose4+iNoir


Mean:133.1
SD:24.7
FBP
Mean:132.8
SD:17.5
FBP+iNoir
Mean:133.3
SD:17.8
iDose4
Mean:132.9
SD:12.9
iDose4+iNoir

CT画像に求めるもの

1. 綺麗(ノイズが少ない)
2. 精細(高分解能/thin slice)
3. 低被曝(被曝少なく)

CT画像に求めるもの

1. 綺麗(ノイズが少ない)
2. 精細(高分解能/thin slice)
3. 低被曝(被曝少なく)

精細　低被曝　綺麗

CT画像に求めるもの

1. 綺麗(ノイズが少ない)
2. 精細(高分解能/thin slice)
3. 低被曝(被曝少なく)

精細　低被曝　綺麗

CT画像に求めるもの

1. 綺麗(ノイズが少ない)
2. 精細(高分解能/thin slice)
3. 低被曝(被曝少なく)

精細　低被曝　綺麗

CT画像に求めるもの

1. 綺麗(ノイズが少ない)
2. 精細(高分解能/thin slice)
3. 低被曝(被曝少なく)

精細　低被曝　綺麗

CT画像に求めるもの

1. 綺麗(ノイズが少ない)
2. 精細(高分解能/thin slice)
3. 低被曝(被曝少なく)

精細　低被曝　綺麗

CT画像に求めるもの

1. 綺麗(ノイズ…ない)
2. 精細(高分解能/thin slice)
3. 低被曝(被曝少なく)

もっといい方法はないの？

精細	低被曝	綺麗	iNoir

CT画像に求めるもの

1. 綺麗(ノイズが少ない)
2. 精細(高分解能/thin slice)
3. 低被曝(被曝少なく)

精細　低被曝　綺麗

CT画像に求めるもの

1. 綺麗(ノイズが少ない)
2. 精細(高分解能/thin slice)
3. 低被曝(被曝少なく)

精細　低被曝　綺麗

CT画像に求めるもの

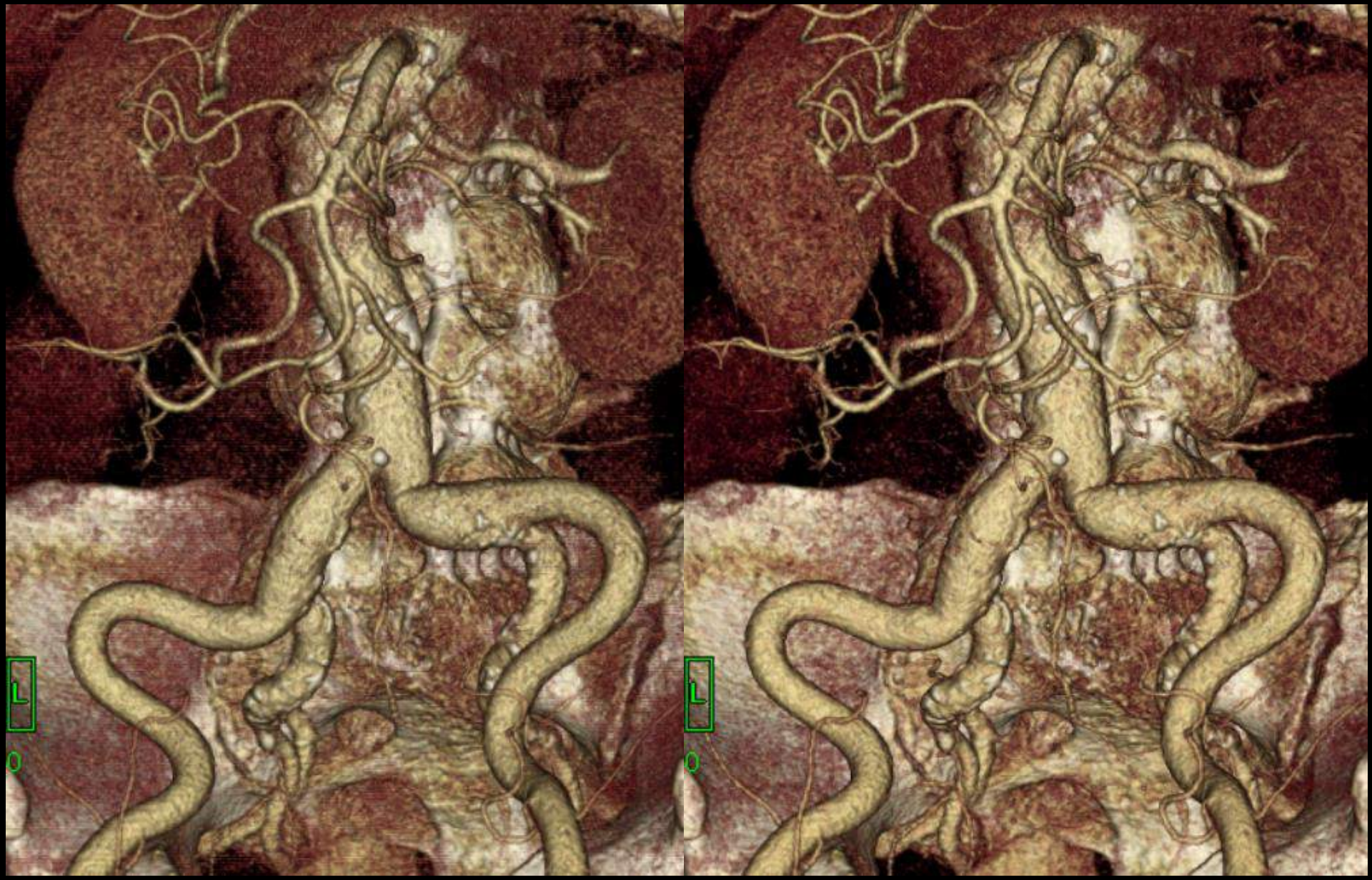
1. 綺麗(ノイズが少ない)
2. 精細(高分解能/thin slice)
3. 低被曝(被曝少なく)

精細　低被曝　綺麗

ノイズ低減のメリット

1. ノイズ低減で診断能上昇
2. ノイズ低減で3D画質向上
3. 低被曝撮影が可能
4. ノイズの少ないthin slice
5. 高分解能関数を使用可能
6. 低電圧撮像で造影剤減量

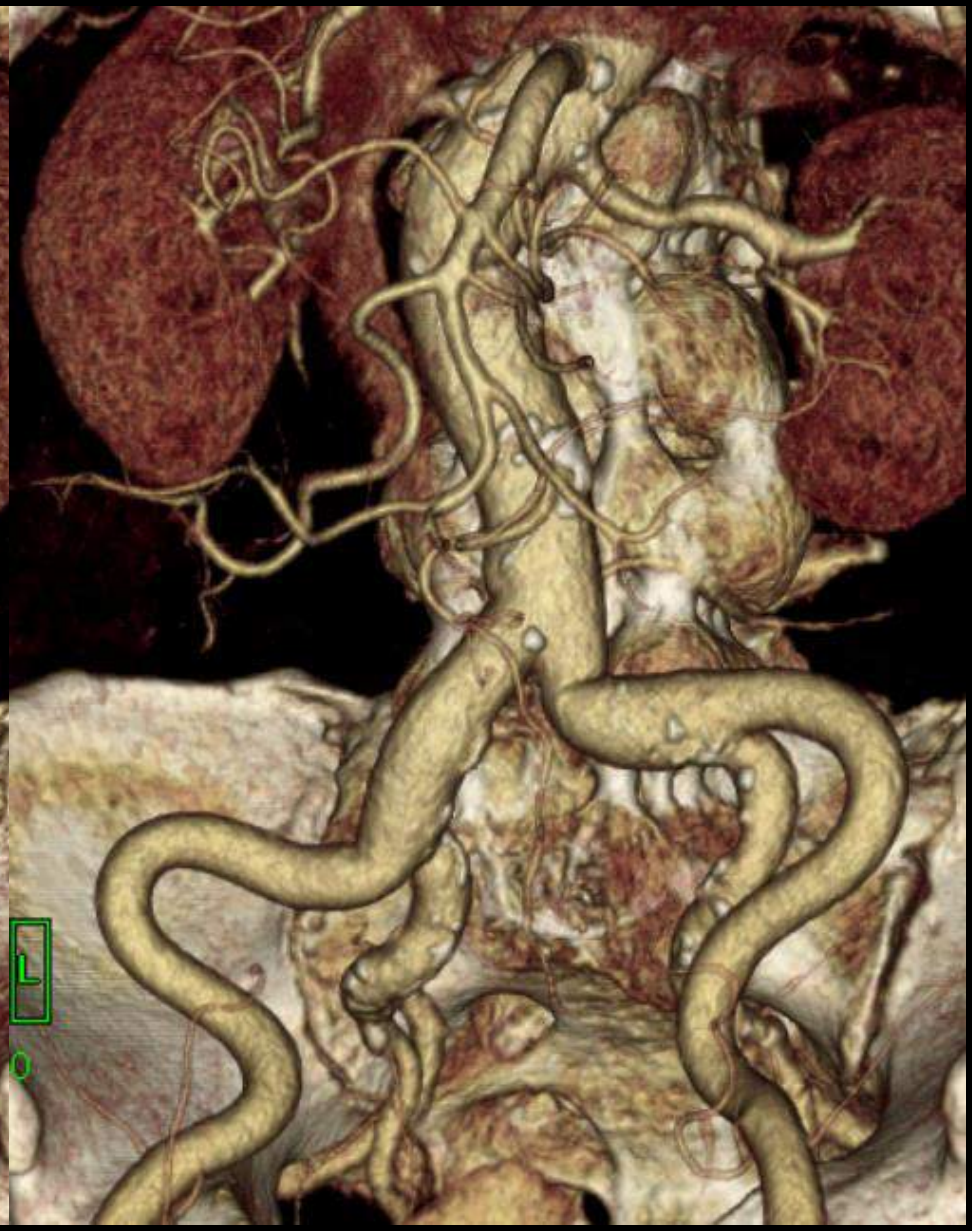
84M, colon ca. pre op. 3D image, BMI=34, 80KV, eGFR=44



FBP

iDose^4-L5

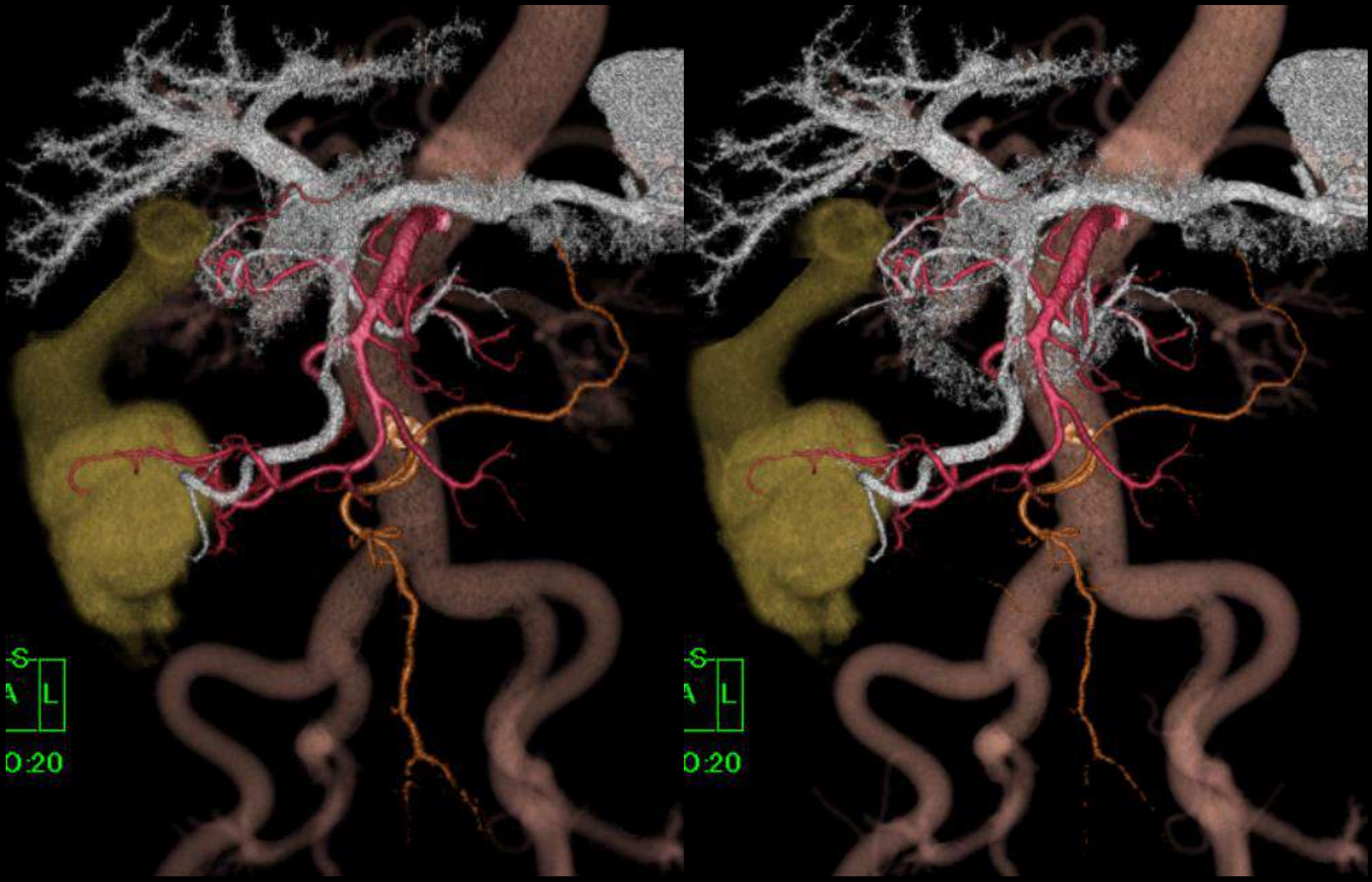
84M, colon ca. pre op. 3D image, BMI=34, 80KV, eGFR=44



iDose^4-L5

iDose^4-L5+iNoir

84M, colon ca. pre op. 3D image, BMI=34, 80KV, eGFR=44



FBP

iDose^4-L5

84M, colon ca. pre op. 3D image, BMI=34, 80KV, eGFR=44

iDose^4-L5

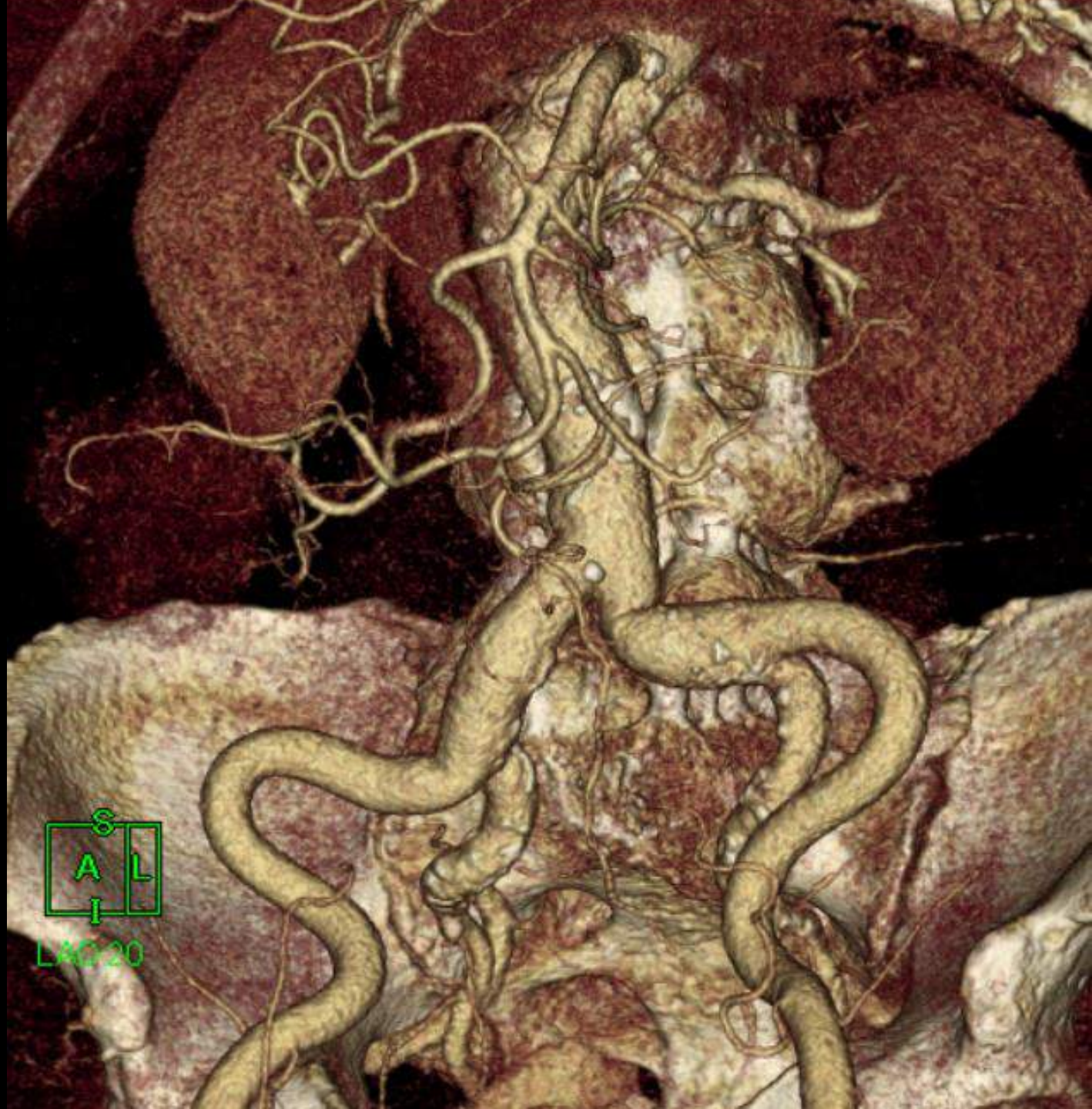
iDose^4-L5+iNoir

BMI=34
80kVp
eGFR↓

FBP

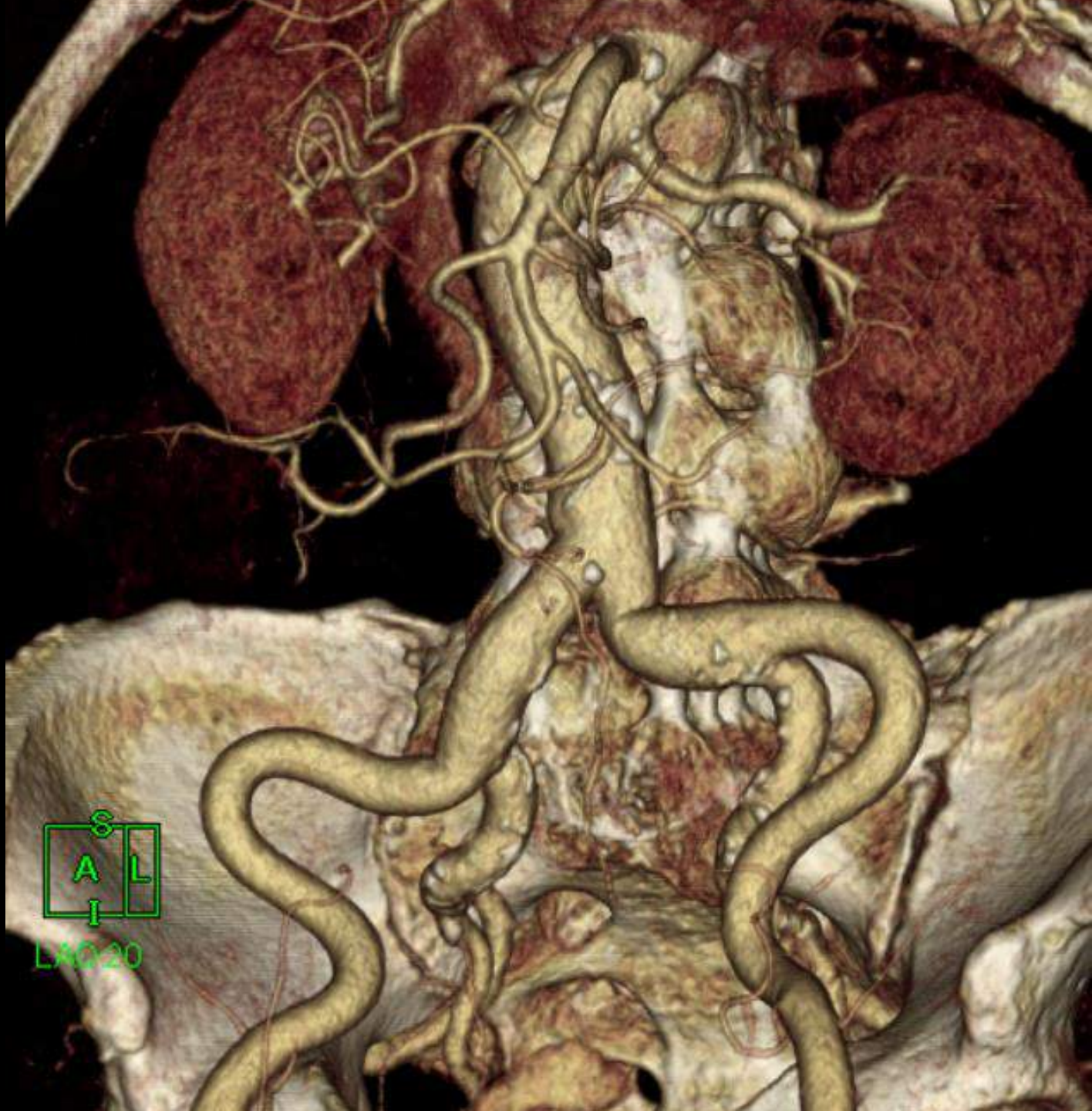
BMI=34
80kVp
eGFR↓

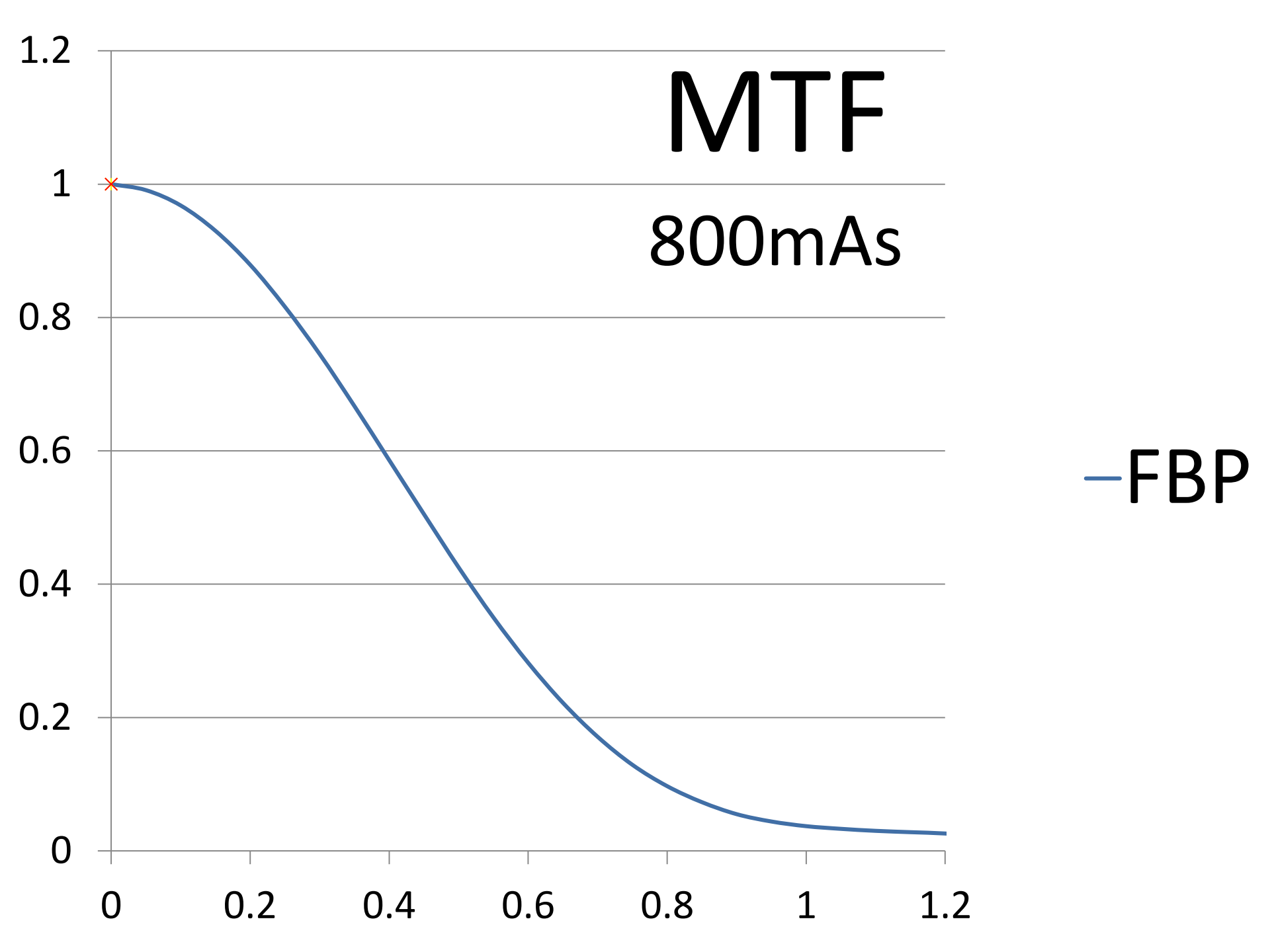
iDoseL5

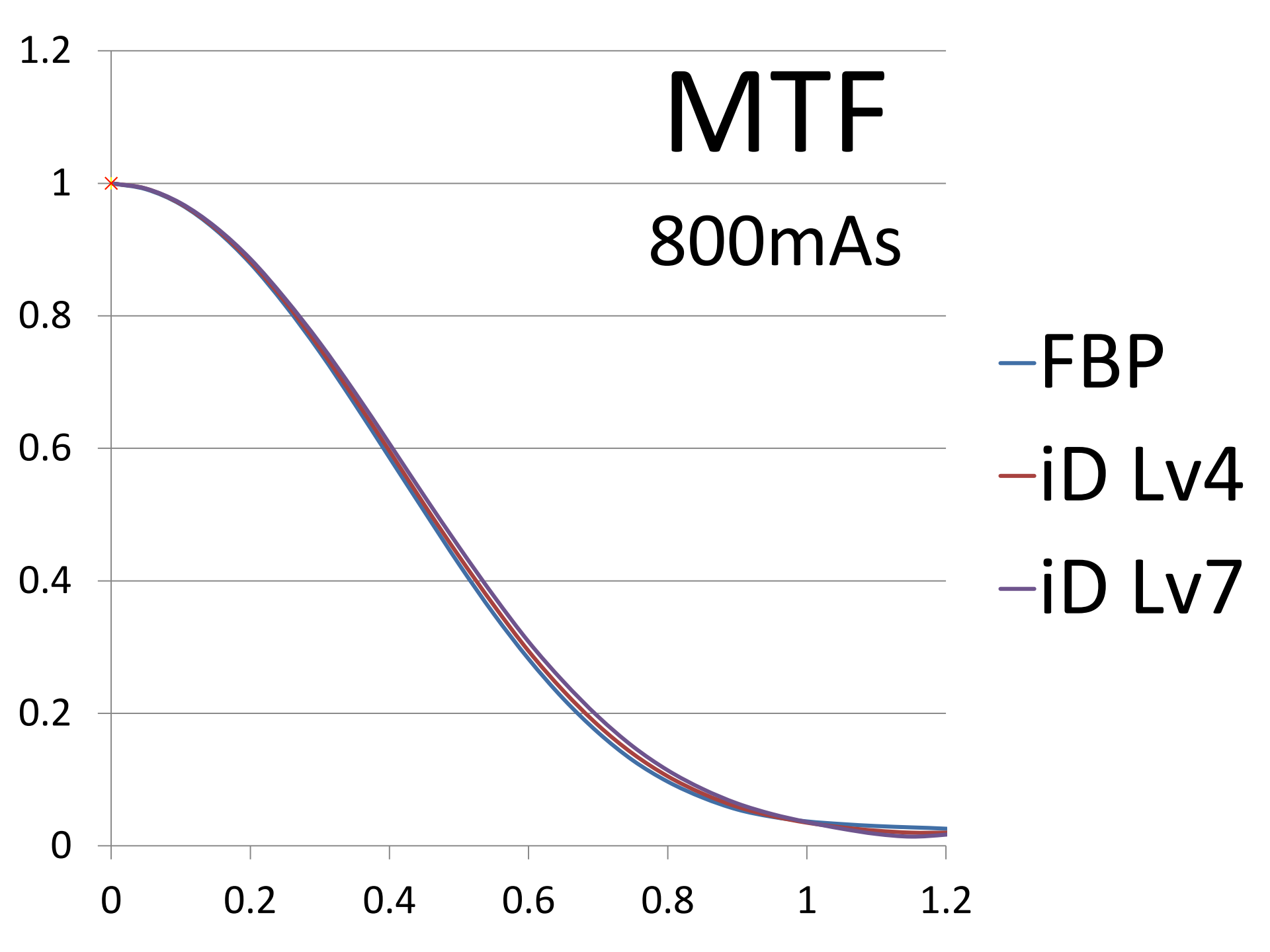


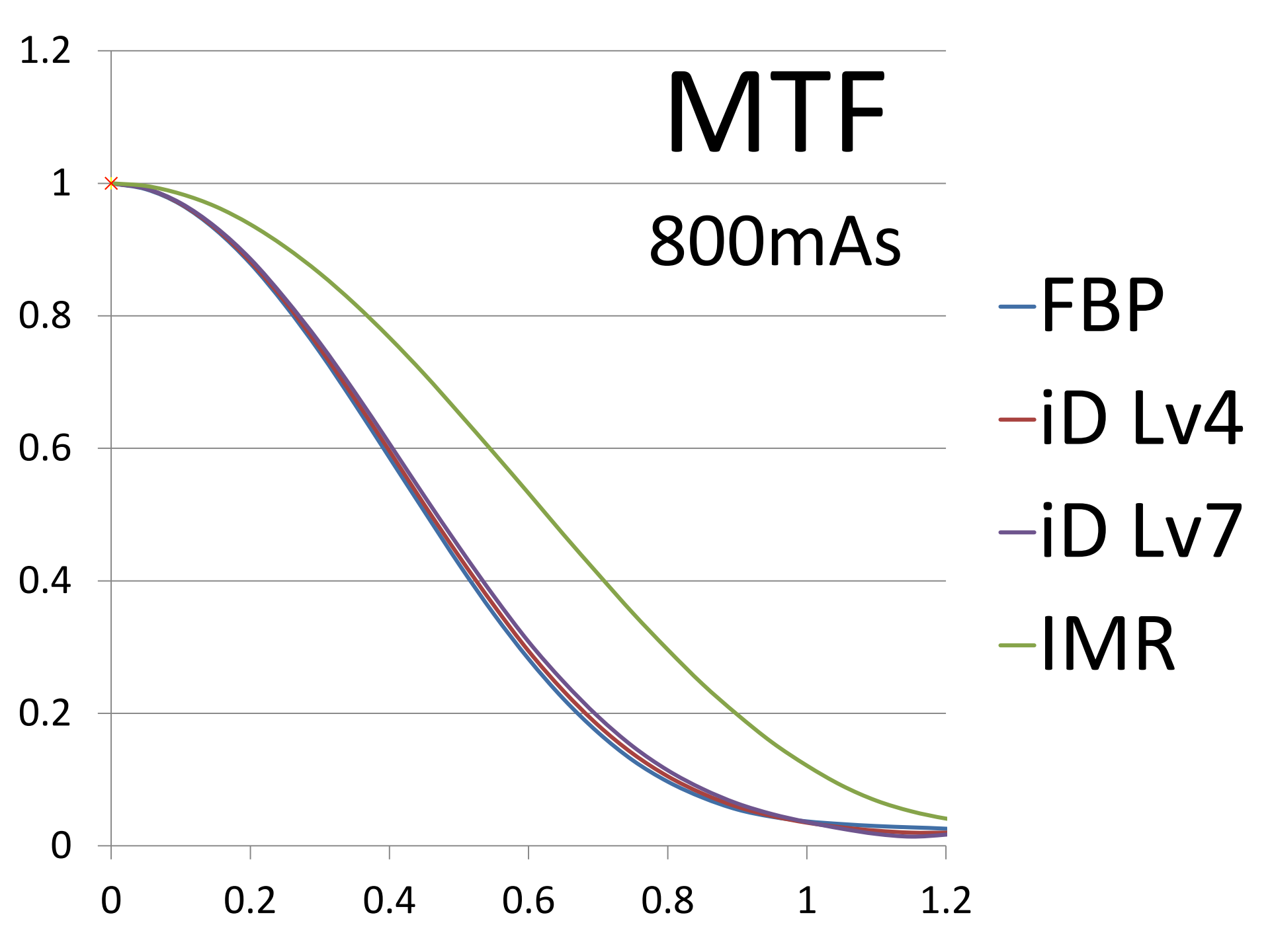
BMI=34
80kVp
eGFR↓

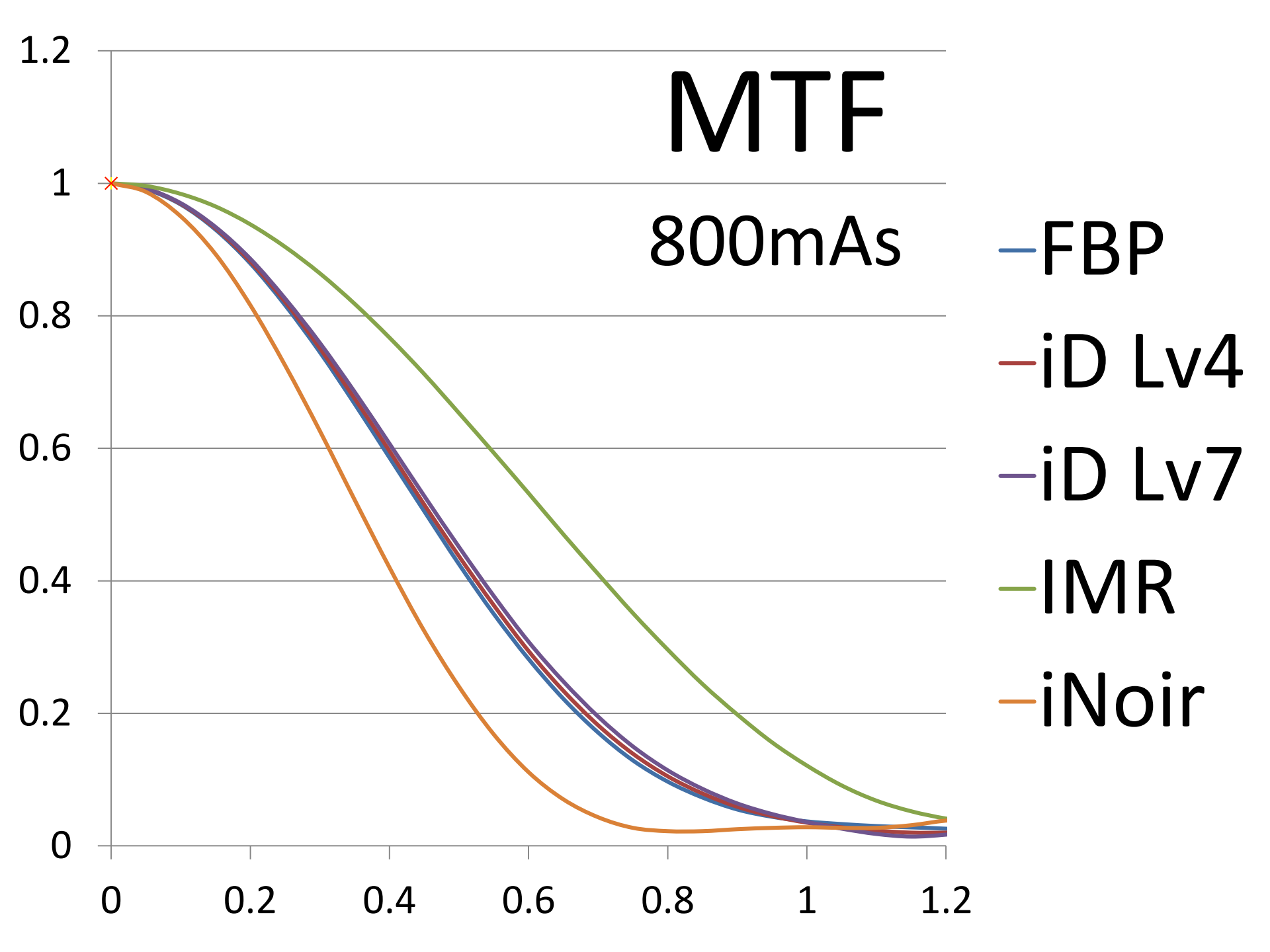
iDoseL5
+
iNoir

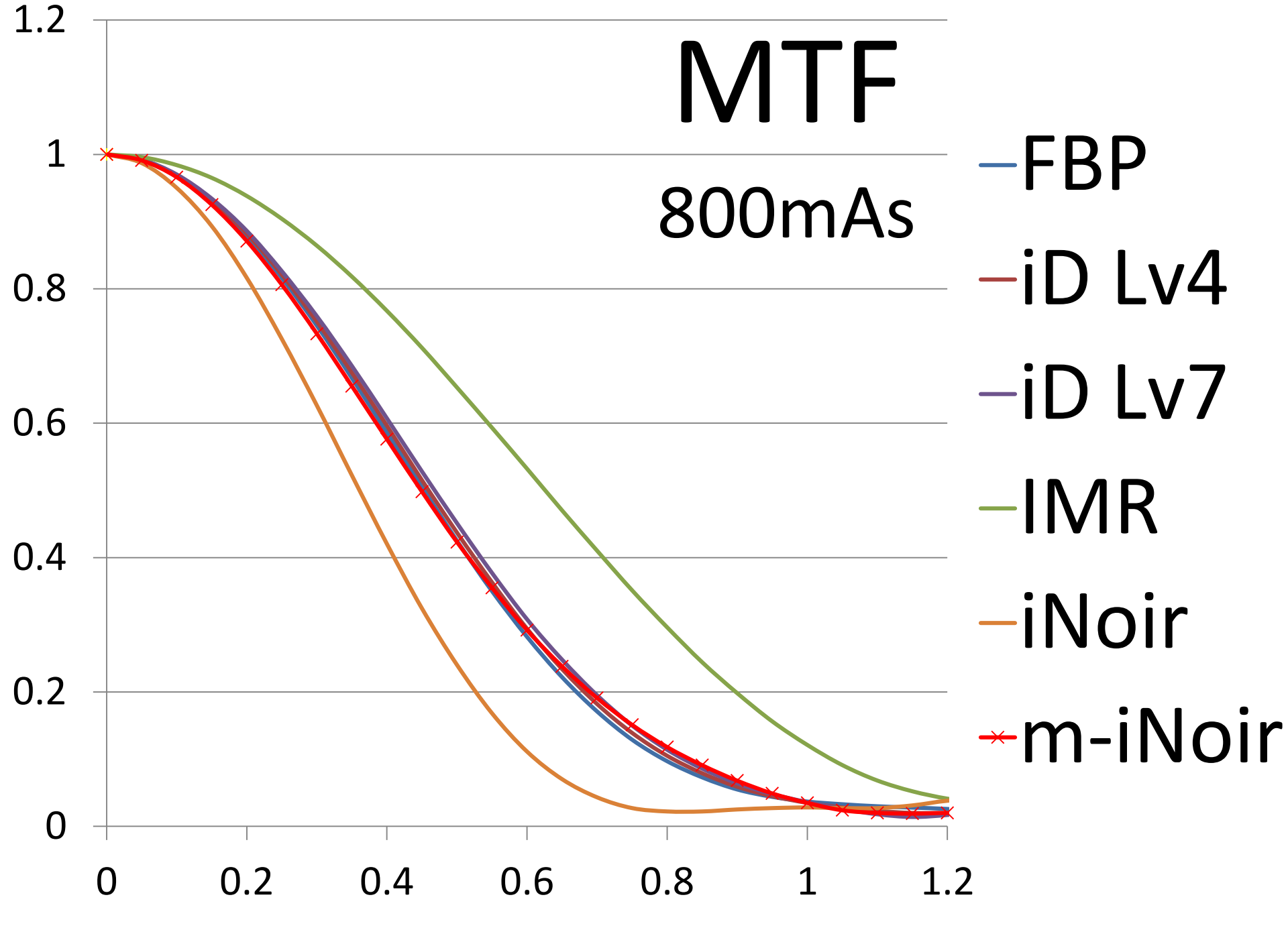


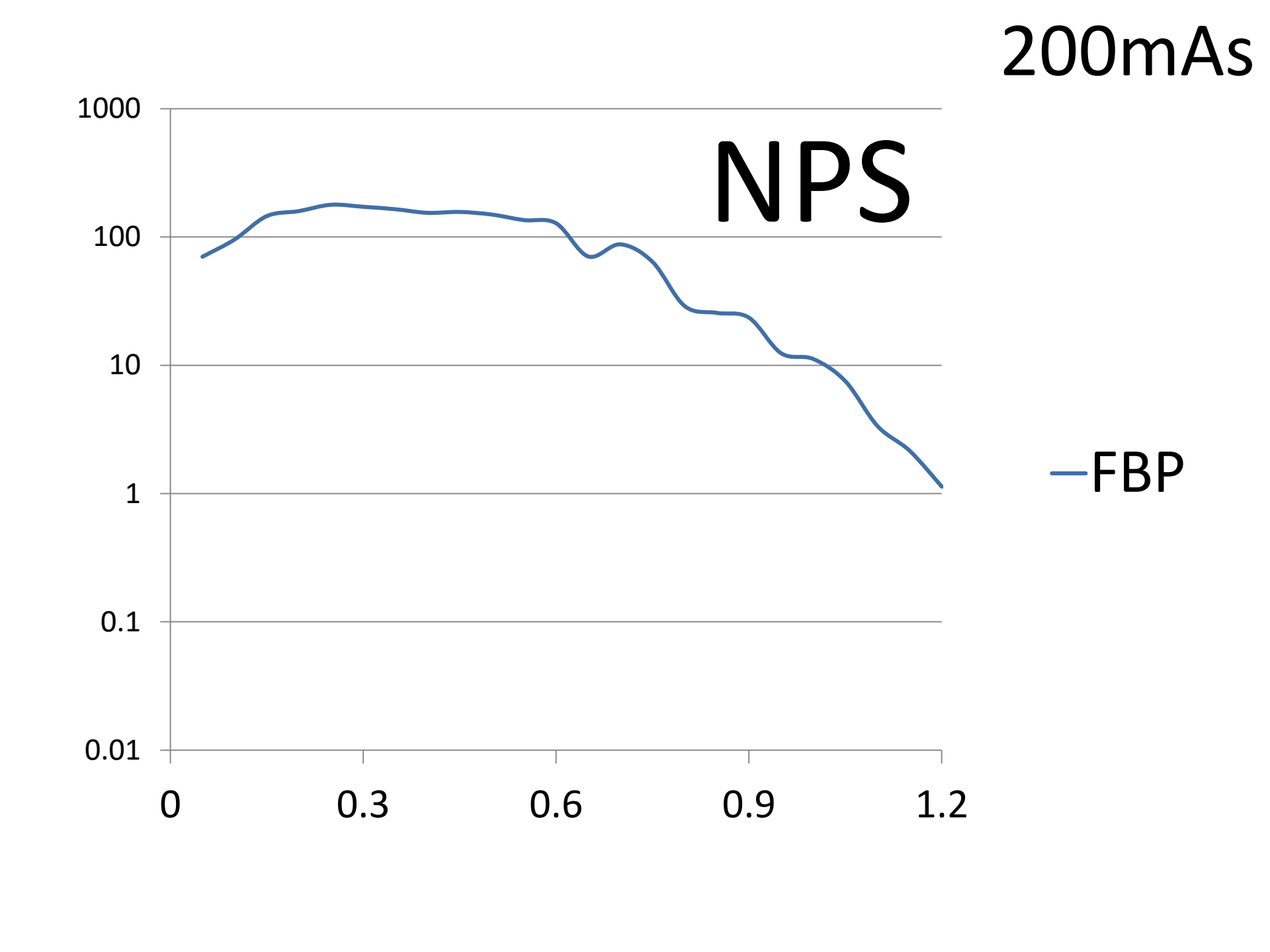

MTF
800mAs
FBP
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2

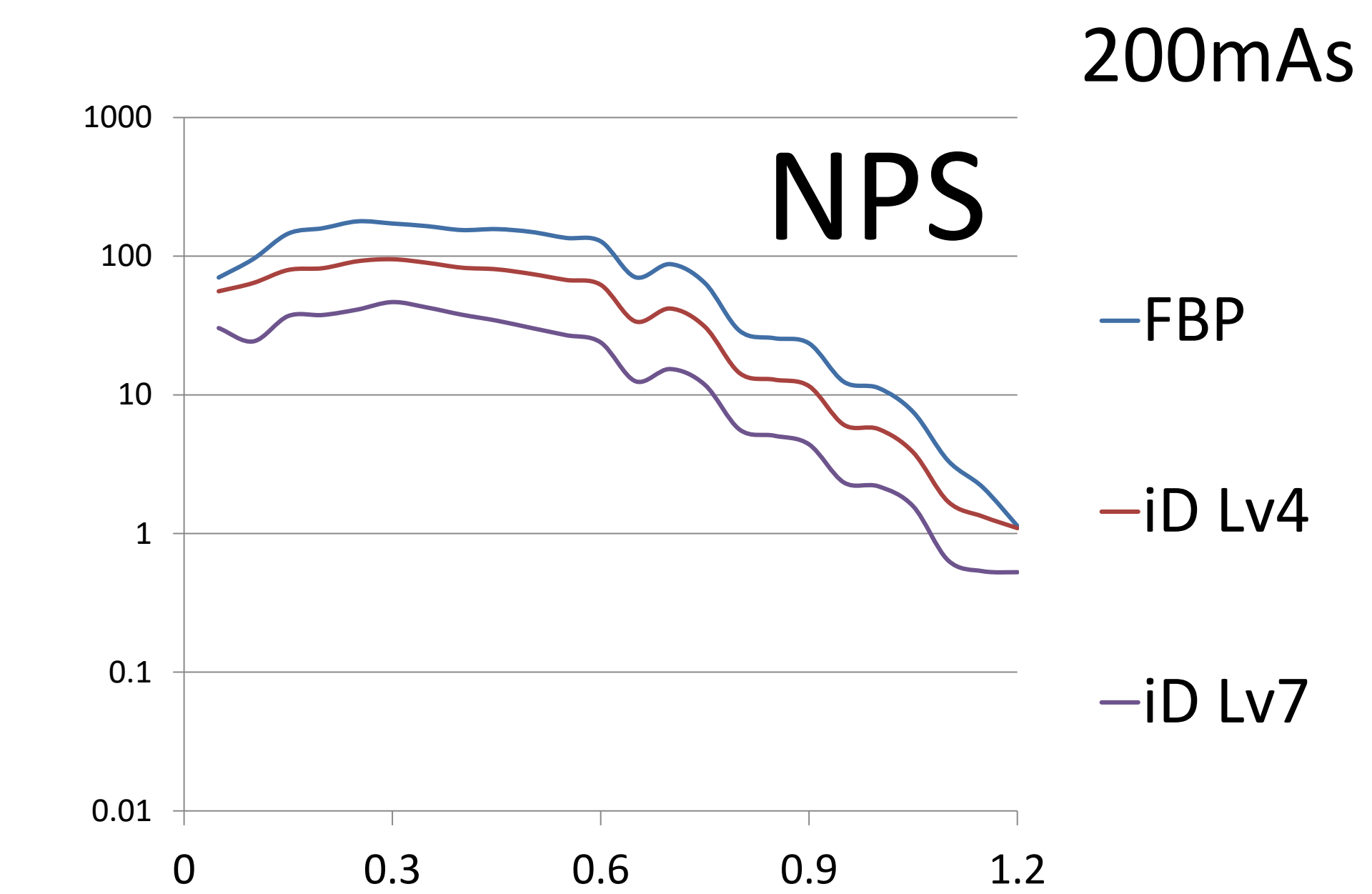

MTF
800mAs
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
FBP
iD Lv4
iD Lv7

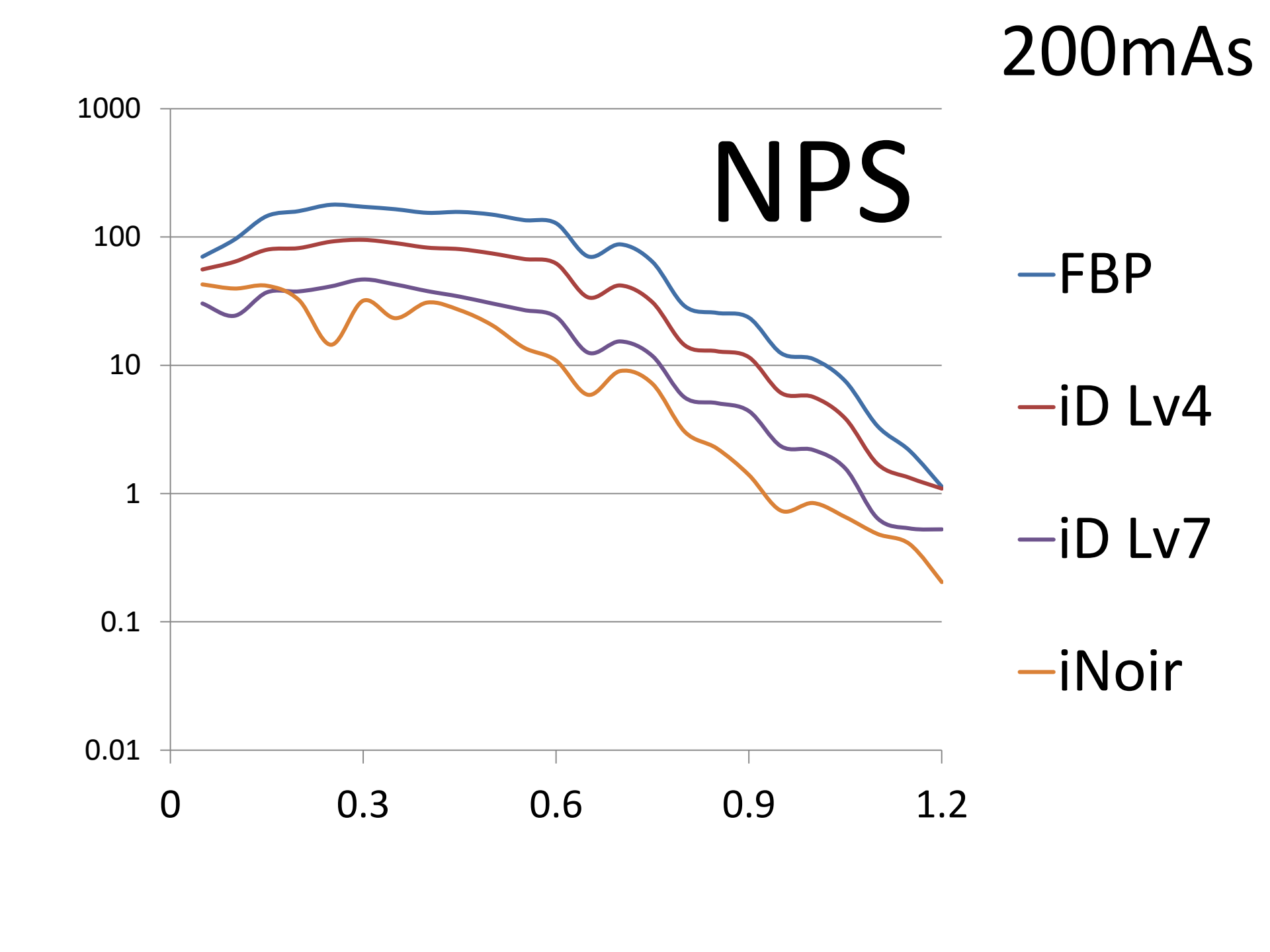

MTF
800mAs
FBP
iD Lv4
iD Lv7
IMR
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2

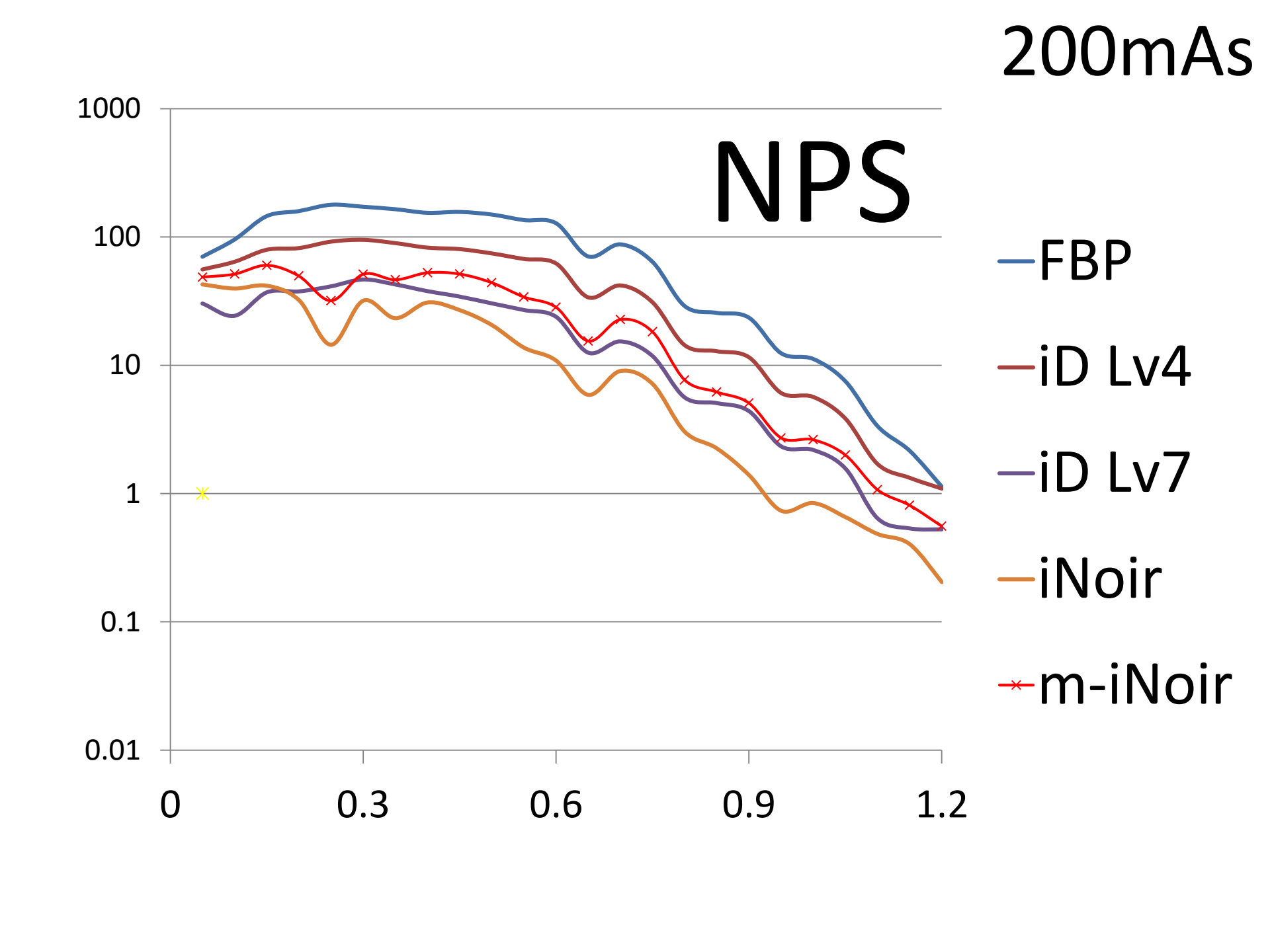

MTF
800mAs
FBP
iD Lv4
iD Lv7
IMR
iNoir
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2


MTF
800mAs
FBP
iD Lv4
iD Lv7
IMR
iNoir
m-iNoir
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2


200mAs
NPS
1000
100
10
1
0.1
0.01
0
0.3
0.6
0.9
1.2
FBP


200mAs
NPS
1000
100
10
1
0.1
0.01
0
0.3
0.6
0.9
1.2
FBP
iD Lv4
iD Lv7


200mAs
NPS
1000
100
10
1
0.1
0.01
0
0.3
0.6
0.9
1.2
FBP
iD Lv4
iD Lv7
iNoir


200mAs
NPS
1000
100
10
1
0.1
0.01
0
0.3
0.6
0.9
1.2
FBP
iD Lv4
iD Lv7
iNoir
m-iNoir

FBP

iDose

iNoir

m-
iNoir

FBP

iDose

iNoir

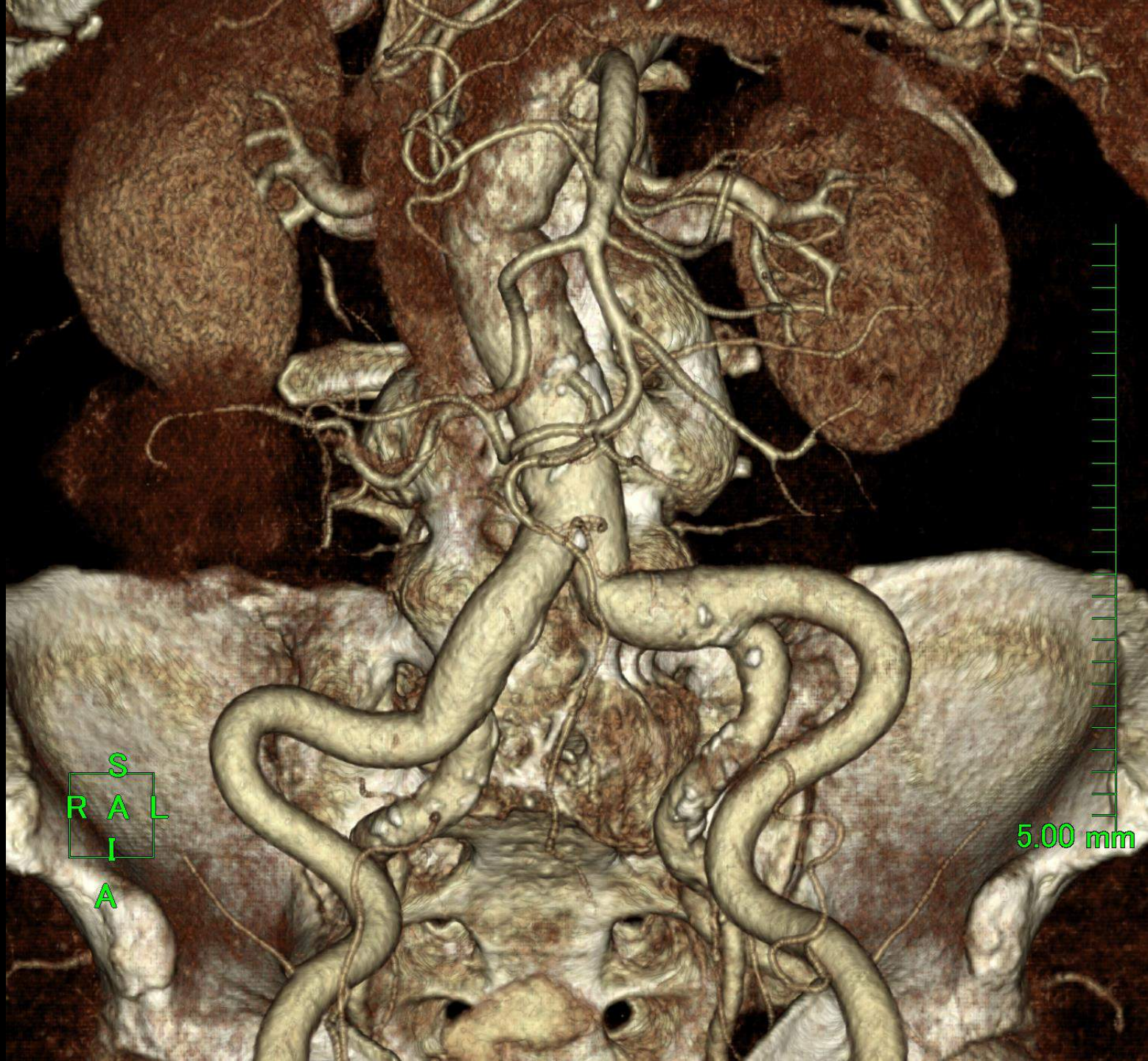
m-iNoir

FBP

iDose

iNoir

m-iNoir

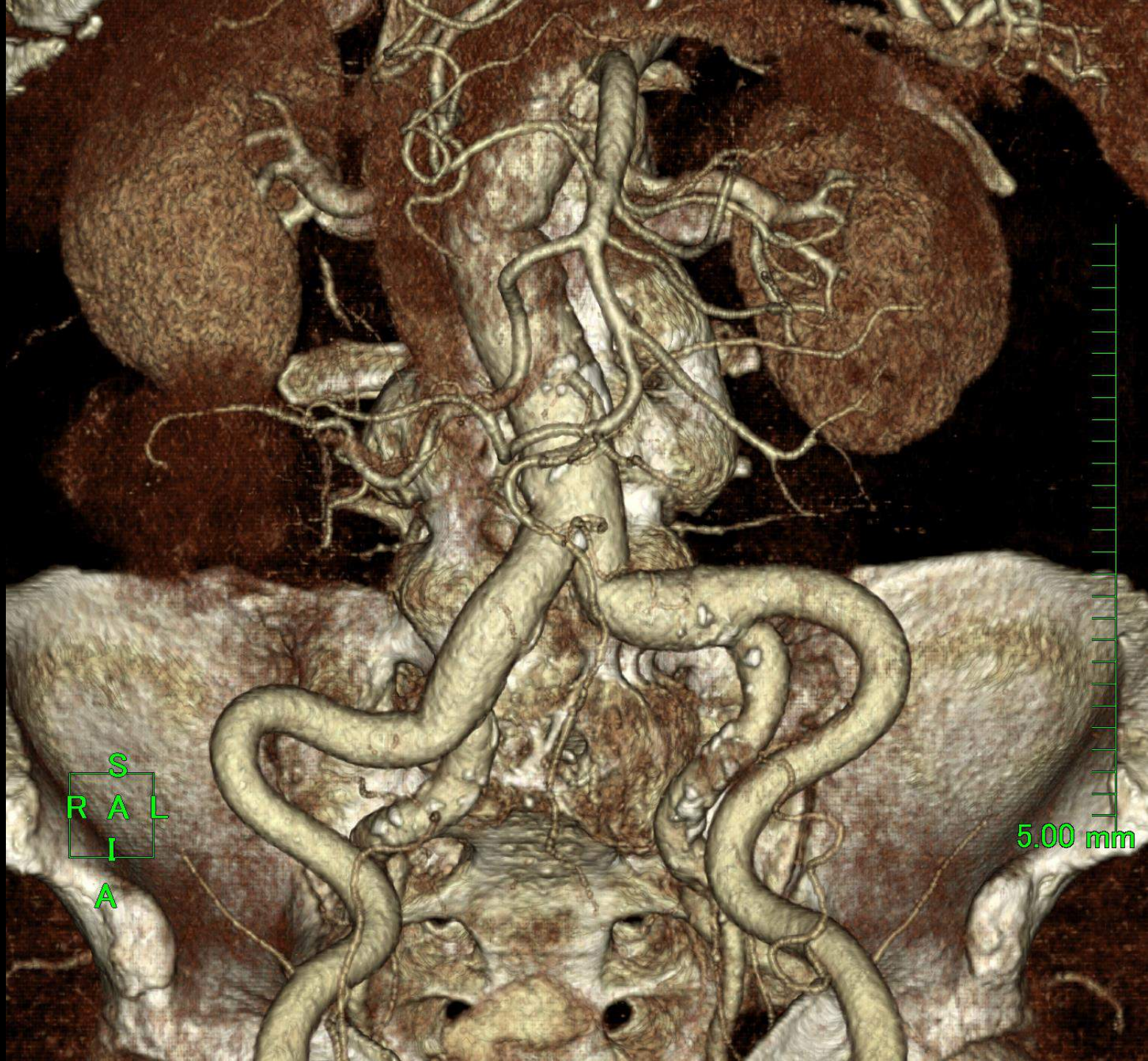


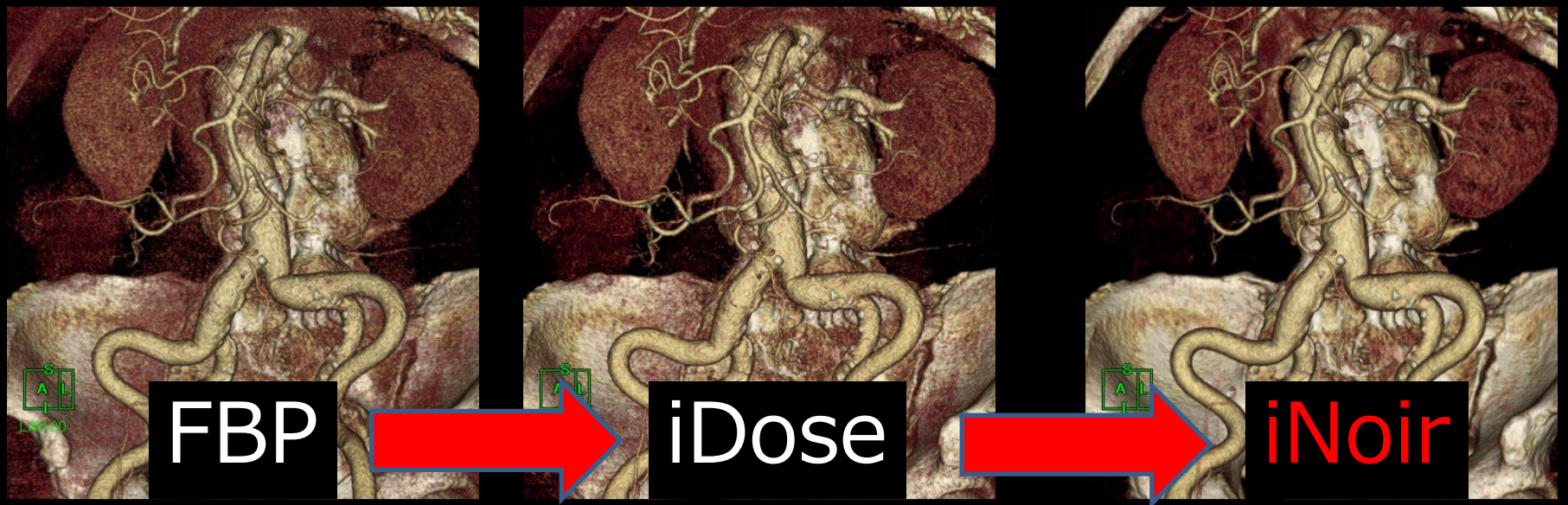
FBP

iDose

iNoir

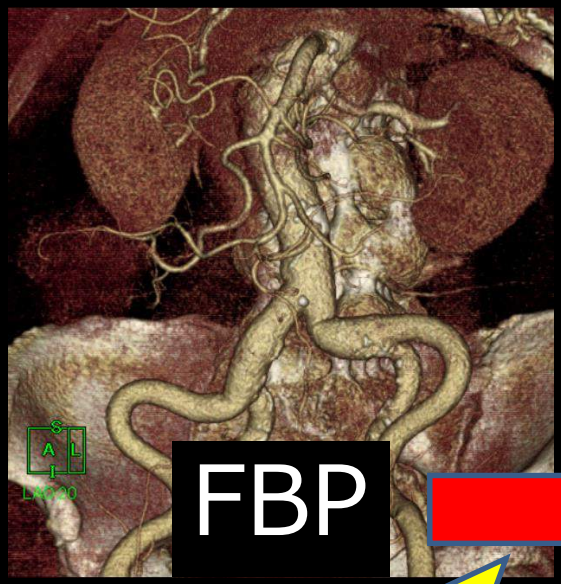
m-iNoir



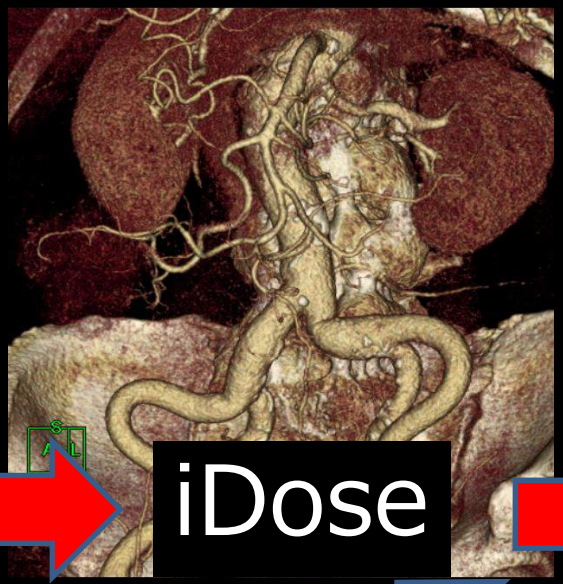


iNoir導入→技師のメリット

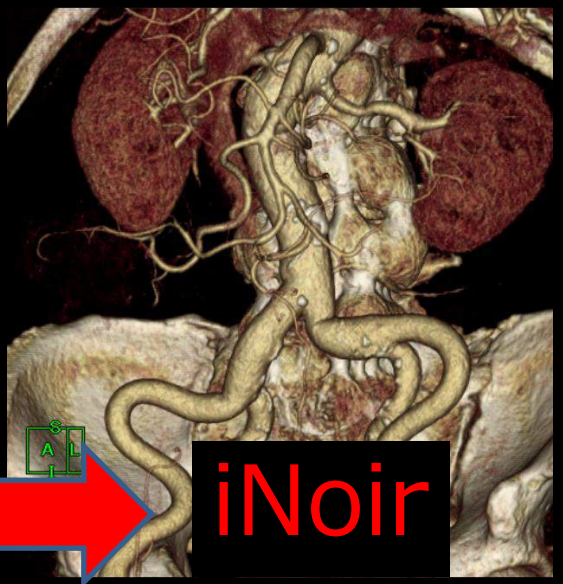
1. 3D画像が綺麗になる
2. 3D画像作成の労力減！



FBP



iDose



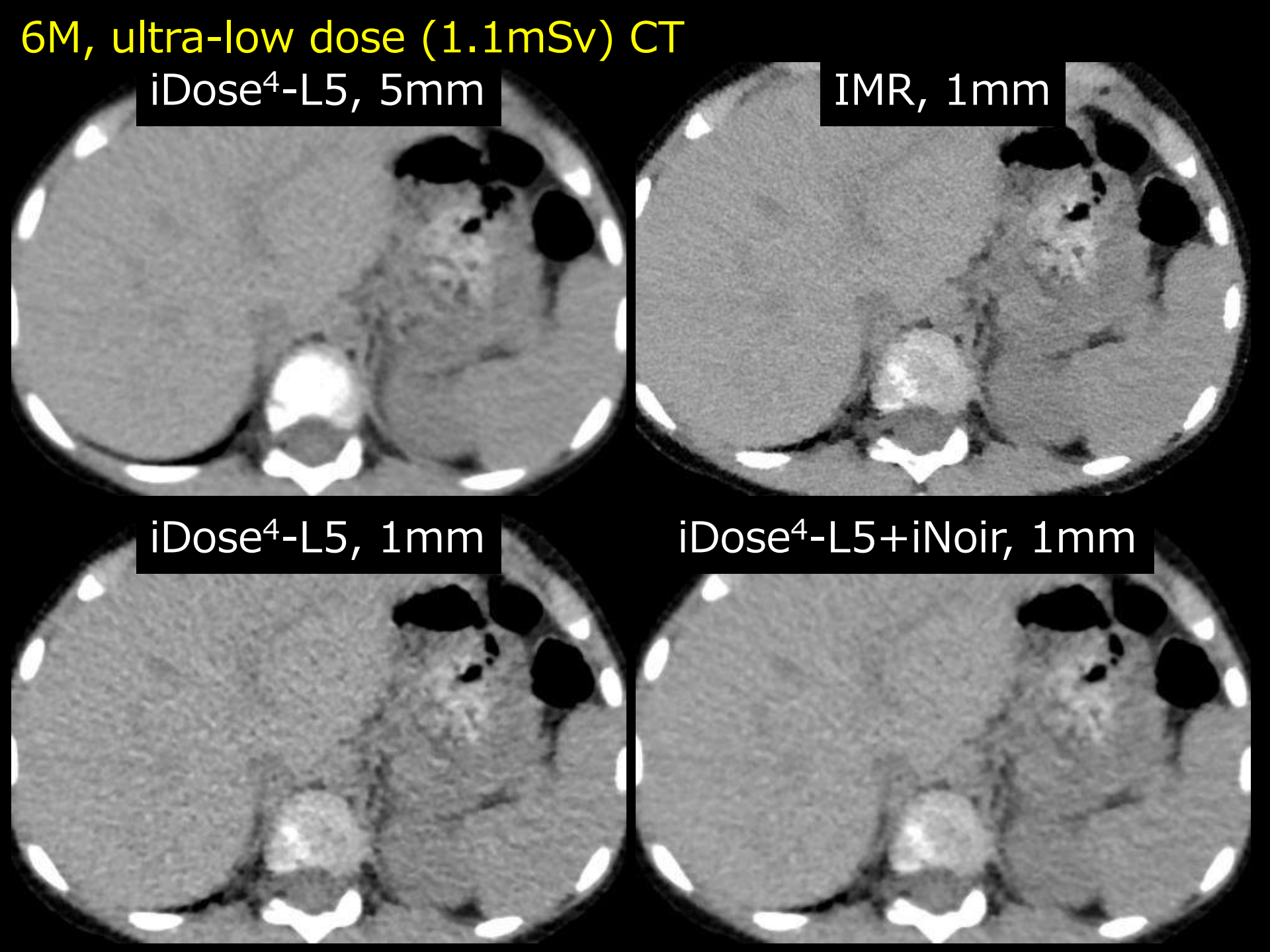
iNoir

自動前処理(AAA)で完全自動処理

iNoir

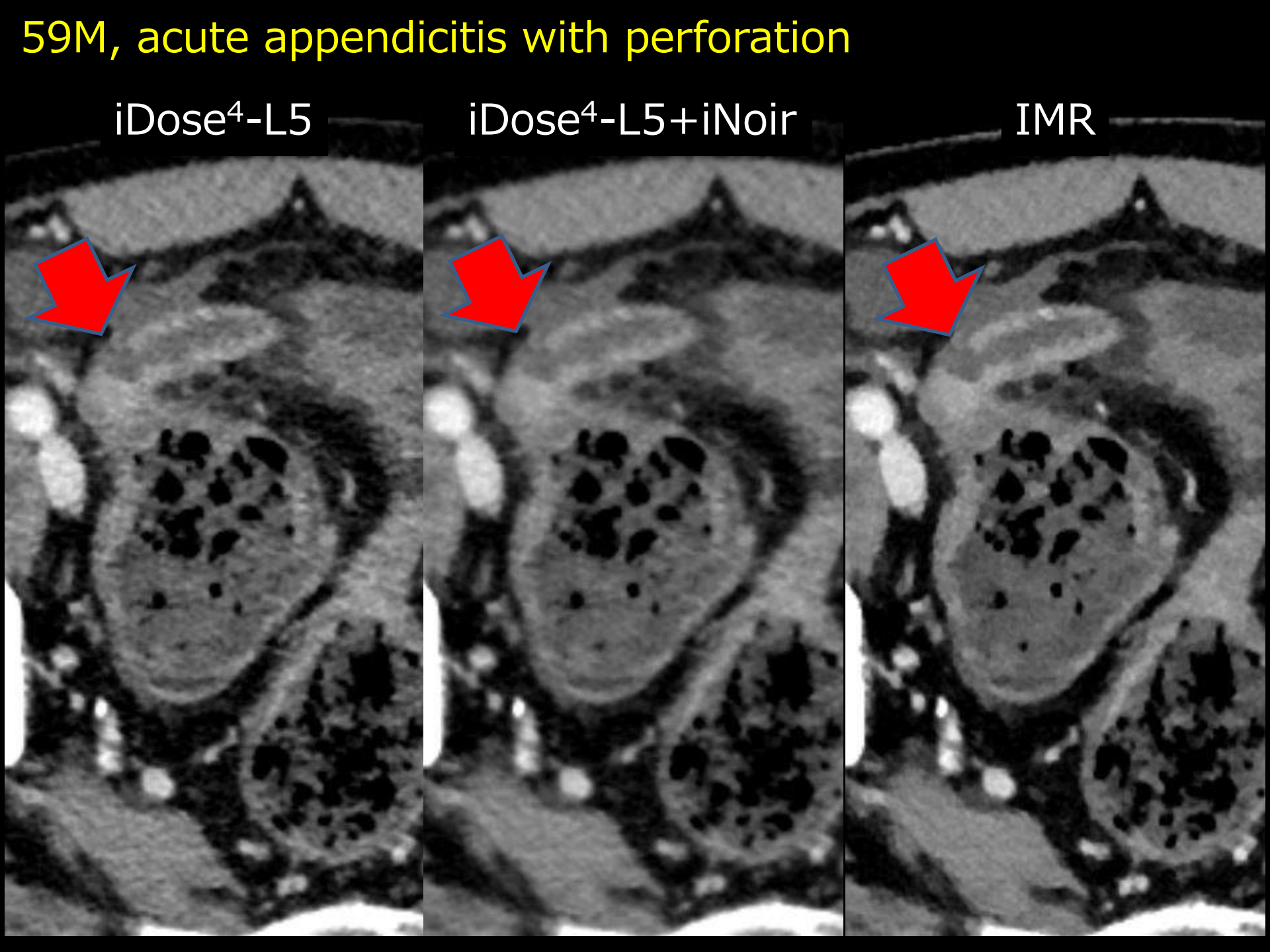
VP

低被曝＋ノイズ低減

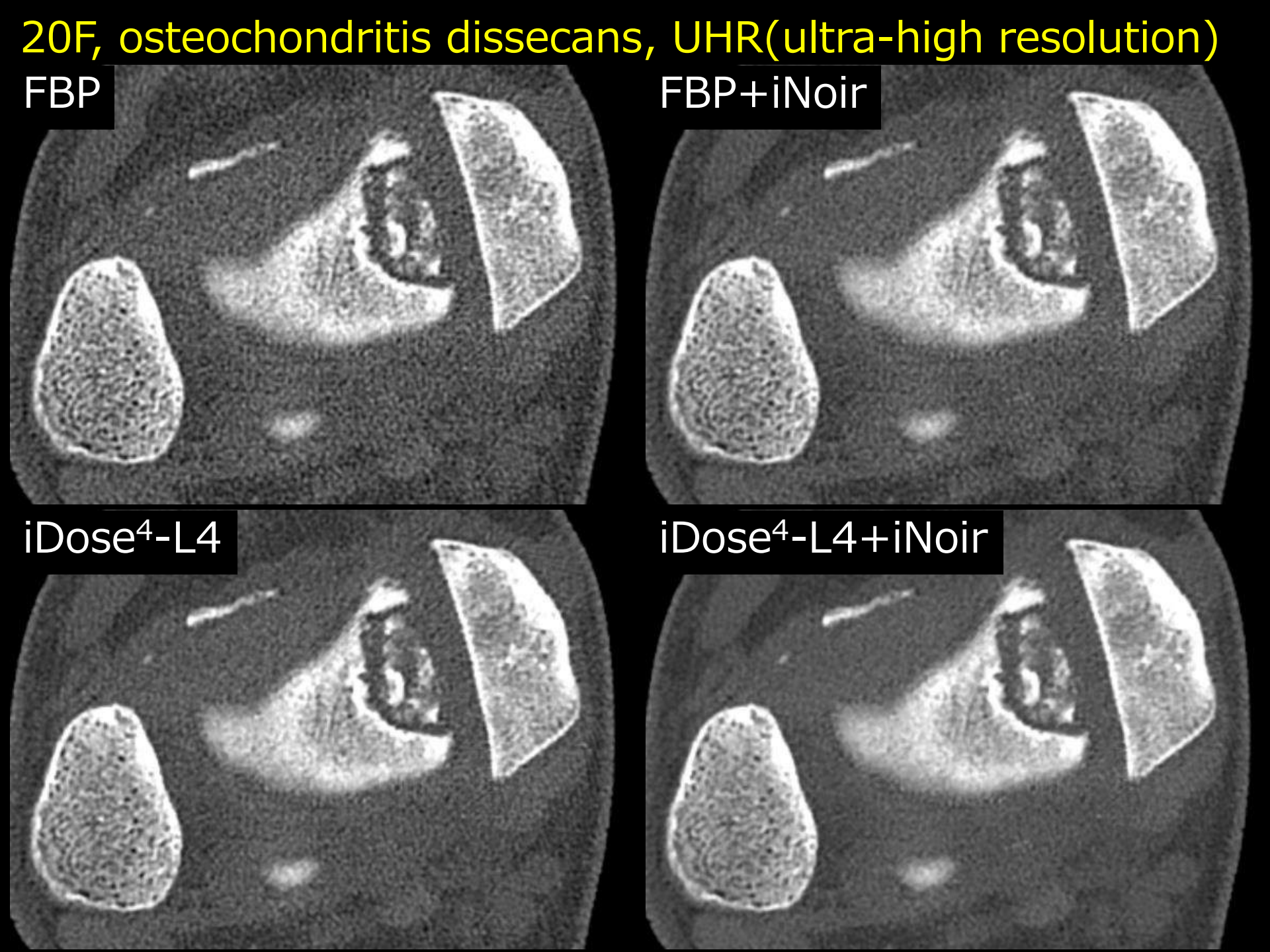

6M, ultra-low dose (1.1mSv) CT
iDose4-L5, 5mm
IMR, 1mm
iDose4-L5, 1mm
iDose4-L5+iNoir, 1mm

高分解能＋ノイズ低減

59M, acute appendicitis with perforation

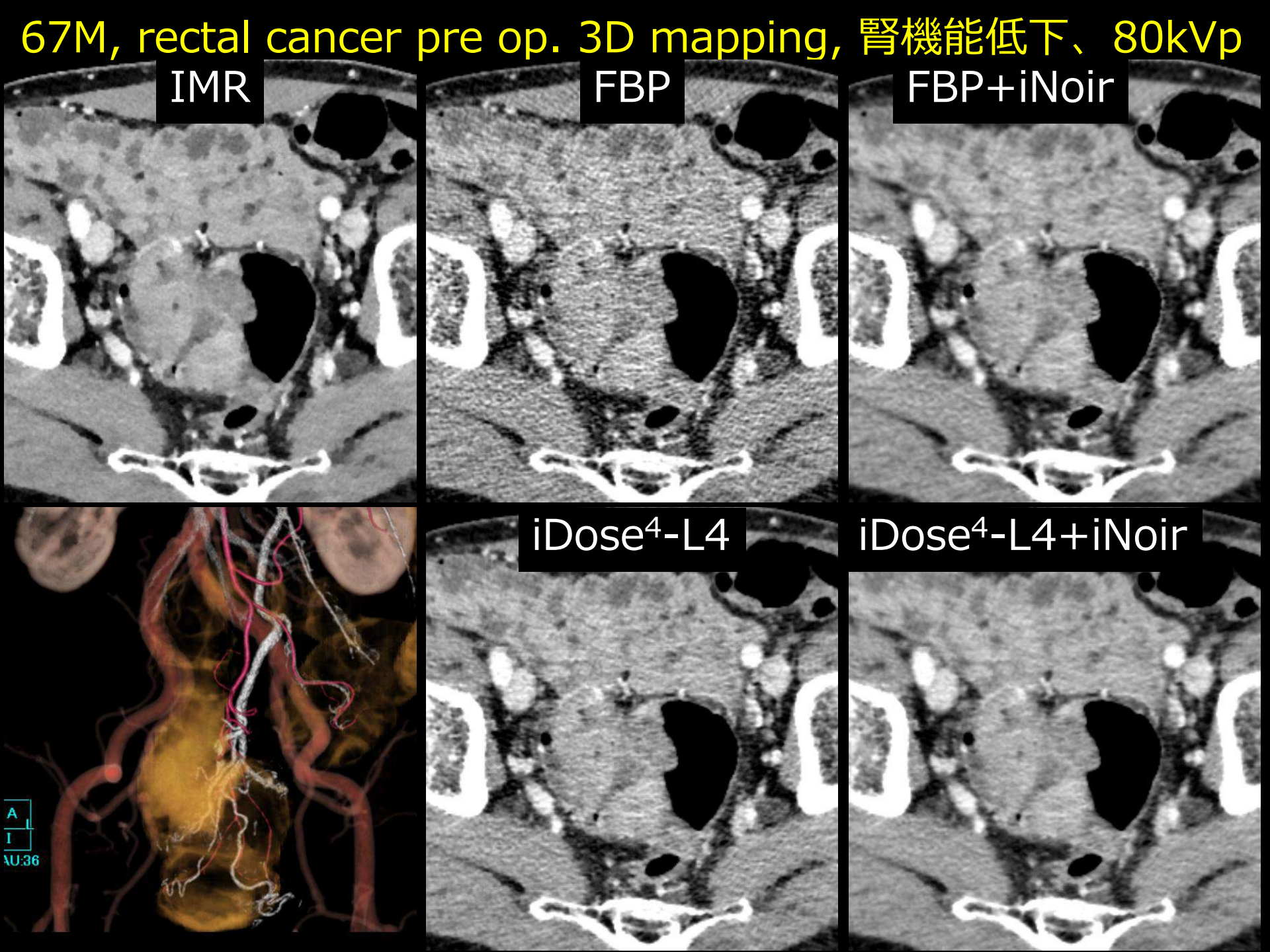


高分解能関数＋ノイズ低減


20F, osteochondritis dissecans, UHR(ultra-high resolution)
FBP
FBP+iNoir
iDose4-L4
iDose4-L4+iNoir

造影剤減量＋ノイズ低減

67M, rectal cancer pre op. 3D mapping, 腎機能低下、80kVp



ワークステーションで行う CT/MRIノイズ除去機能の有用性

-逐次近似法に勝るメリット満載-

AZE ノイズ低減システム

V.S.

各ベンダー逐次近似法

ノイズ低減システム＞逐次近似法

1. 全てのCTに適応可能
2. 逐次近似法画像にも適応可能
3. 過去の画像にも適応可能(DICOM対応)





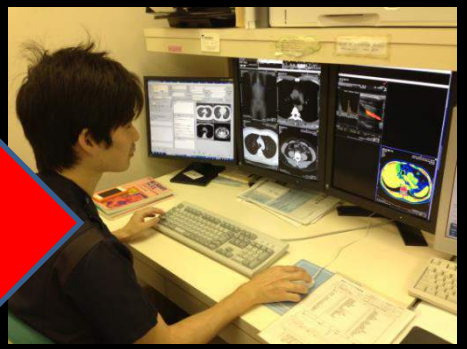
iNoir

PACS

自動転送

転送ボタン

全自動



ノイズ低減システム＞逐次近似法

1. 全てのCTに適応可能
2. 逐次近似法画像にも適応可能
3. 過去の画像にも適応可能(DICOM対応)

1. 古いCT (12年前の画像)
2. 低性能CT (RIのfusion用CT)
3. 低線量撮影(肺ドックの縦隔)

古いCT(12年前の画像)

2004/8/27, QX/i画像

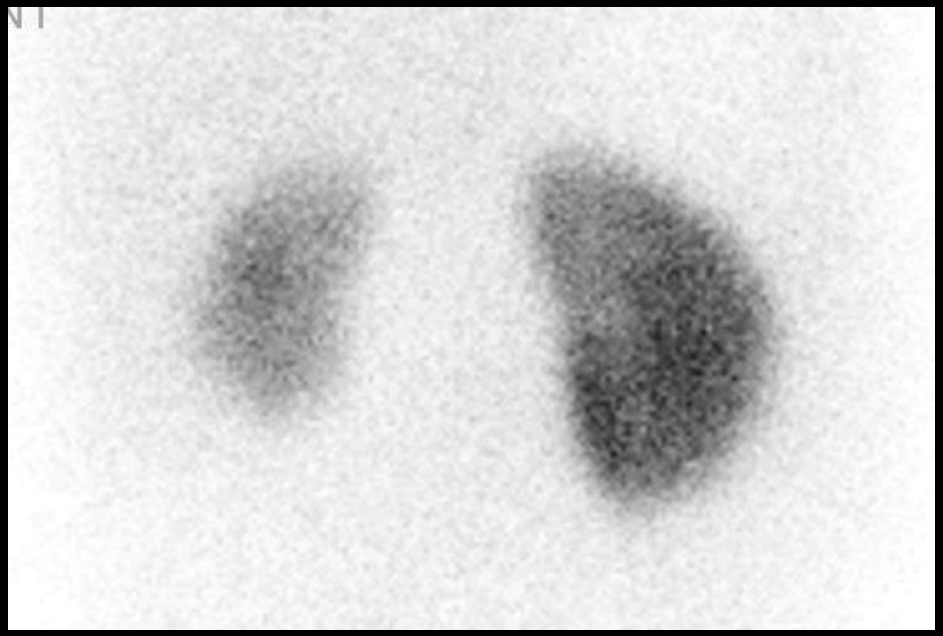
iNoirで復活！

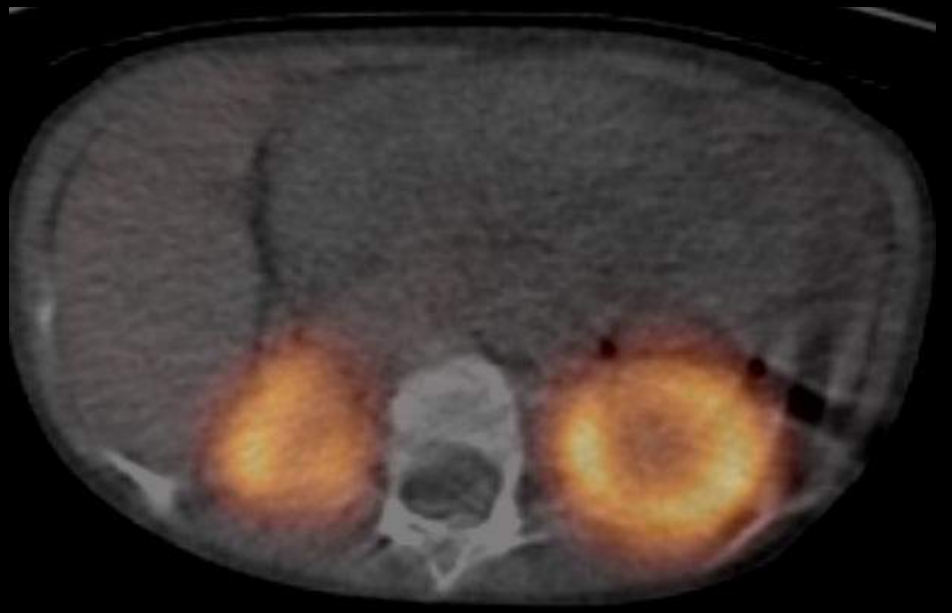
古いCT(12年前の画像)

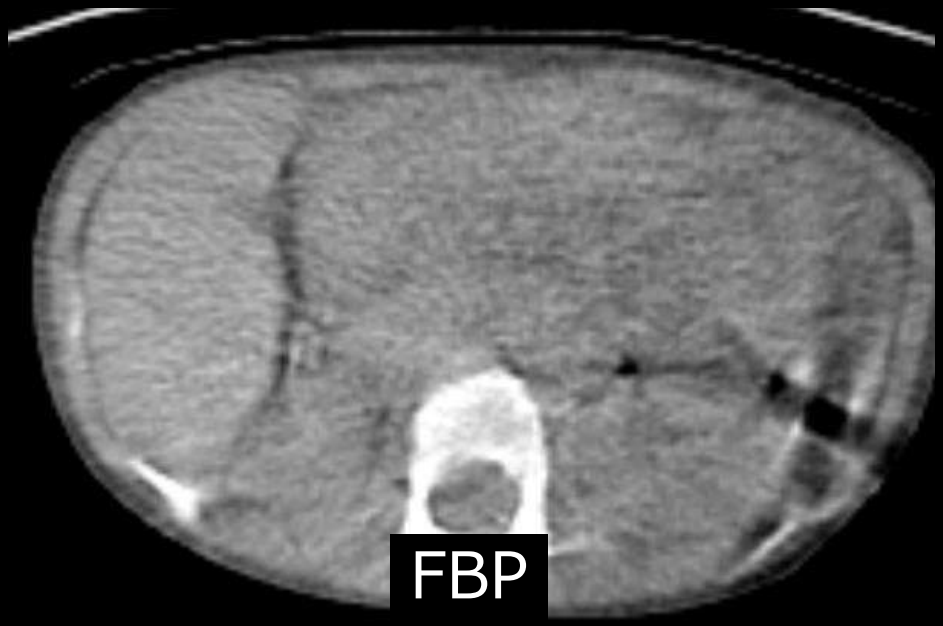
2004/8/31, QX/i画像

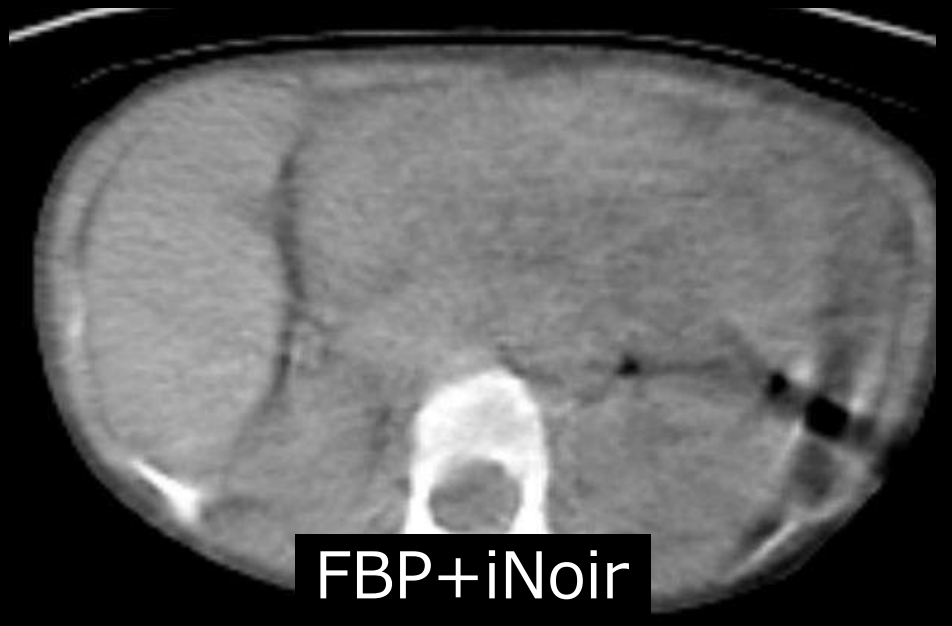
iNoirで復活！

3M, Renogram+CT(3mA!!, 0.22mSv) fusion image

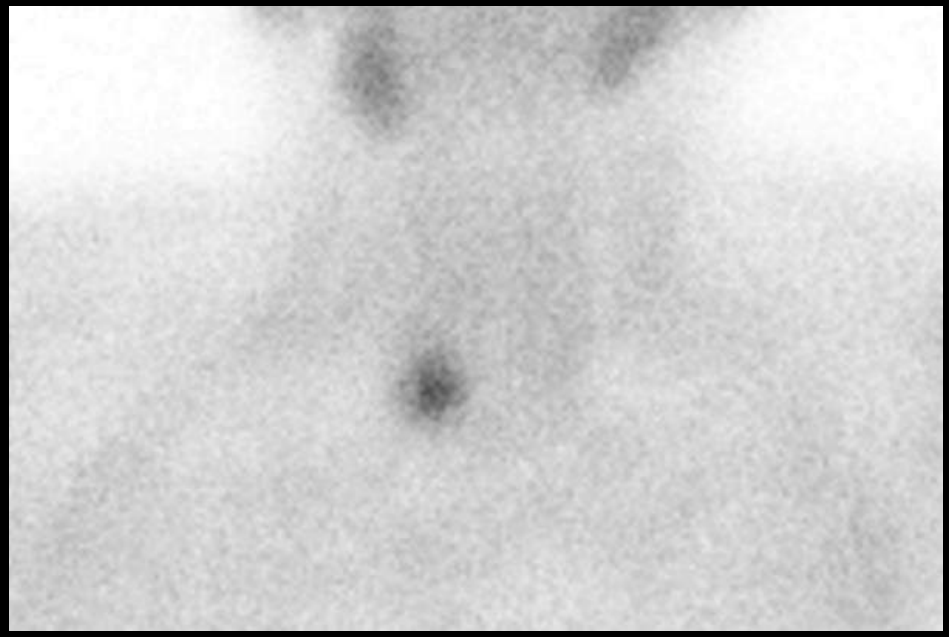


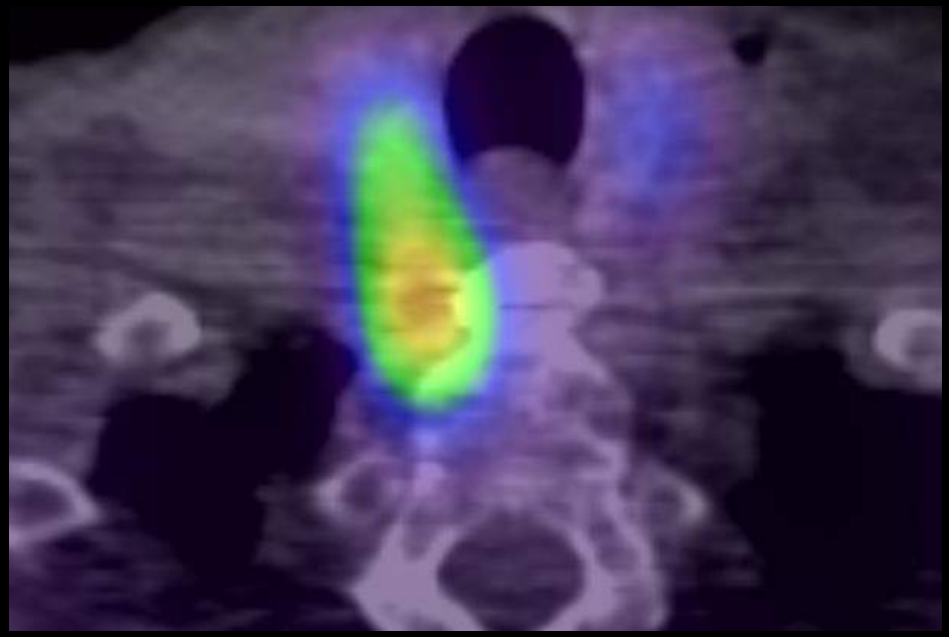


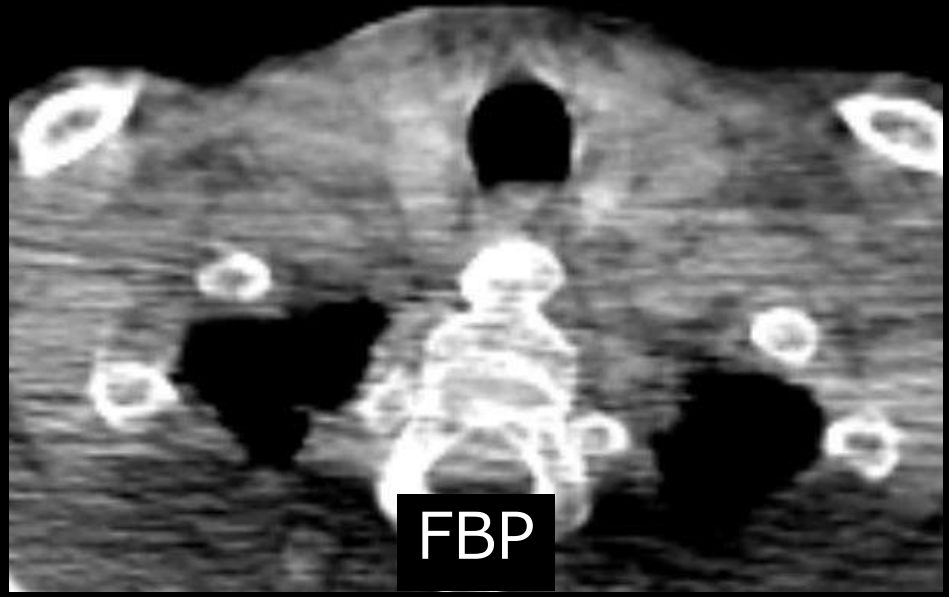


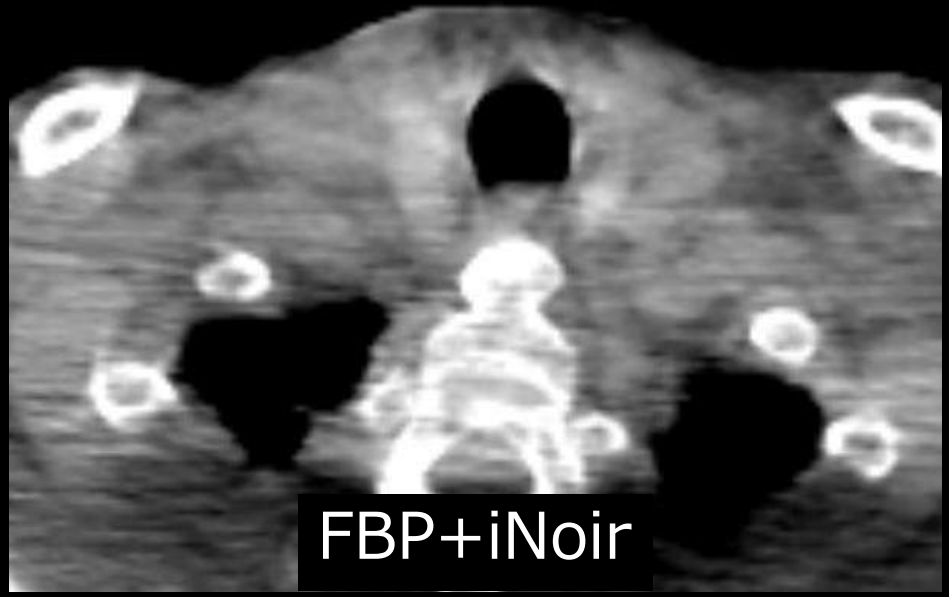


81M, Tc-MIBI+CT(1.3mSv) fusion image

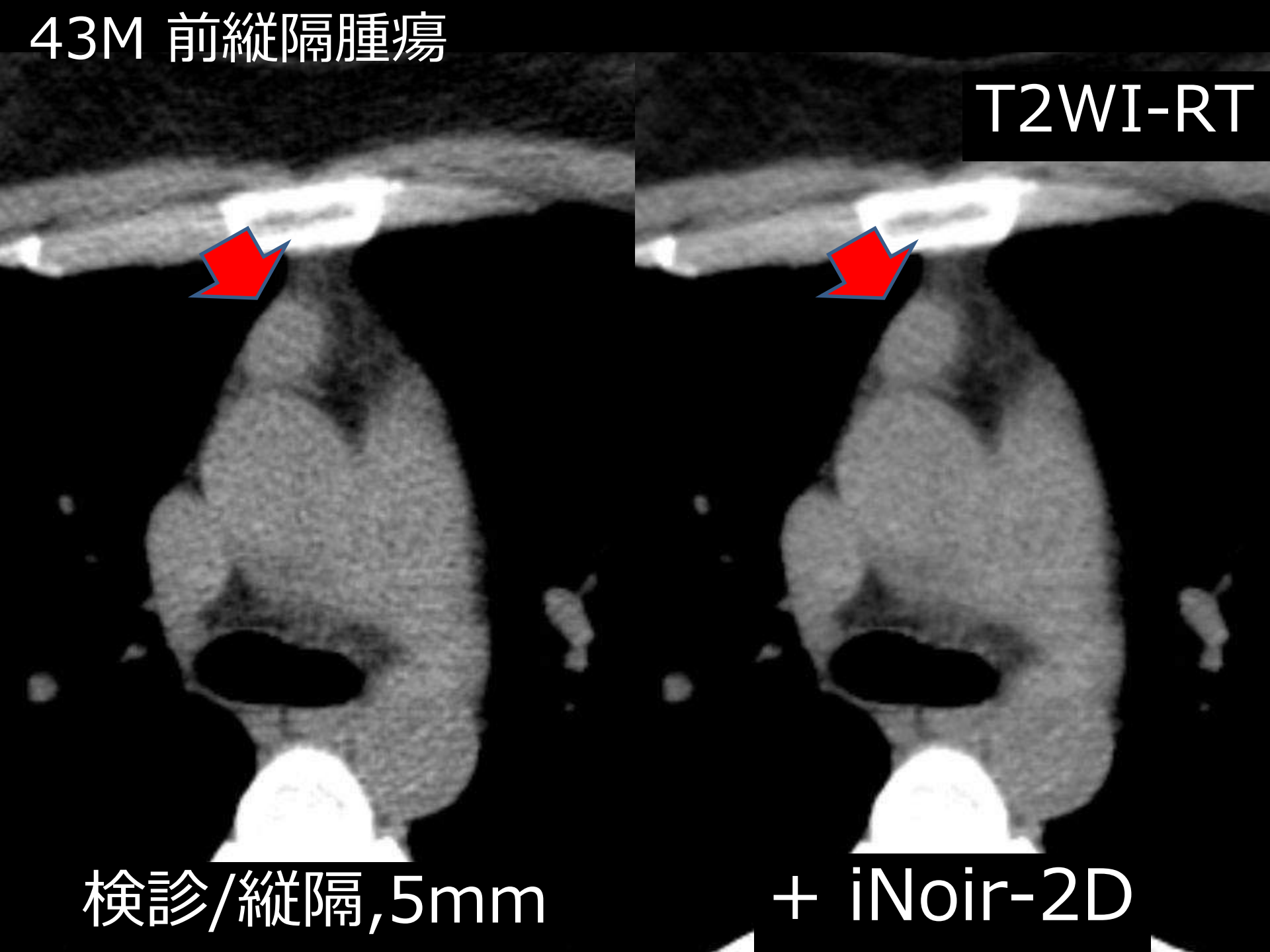




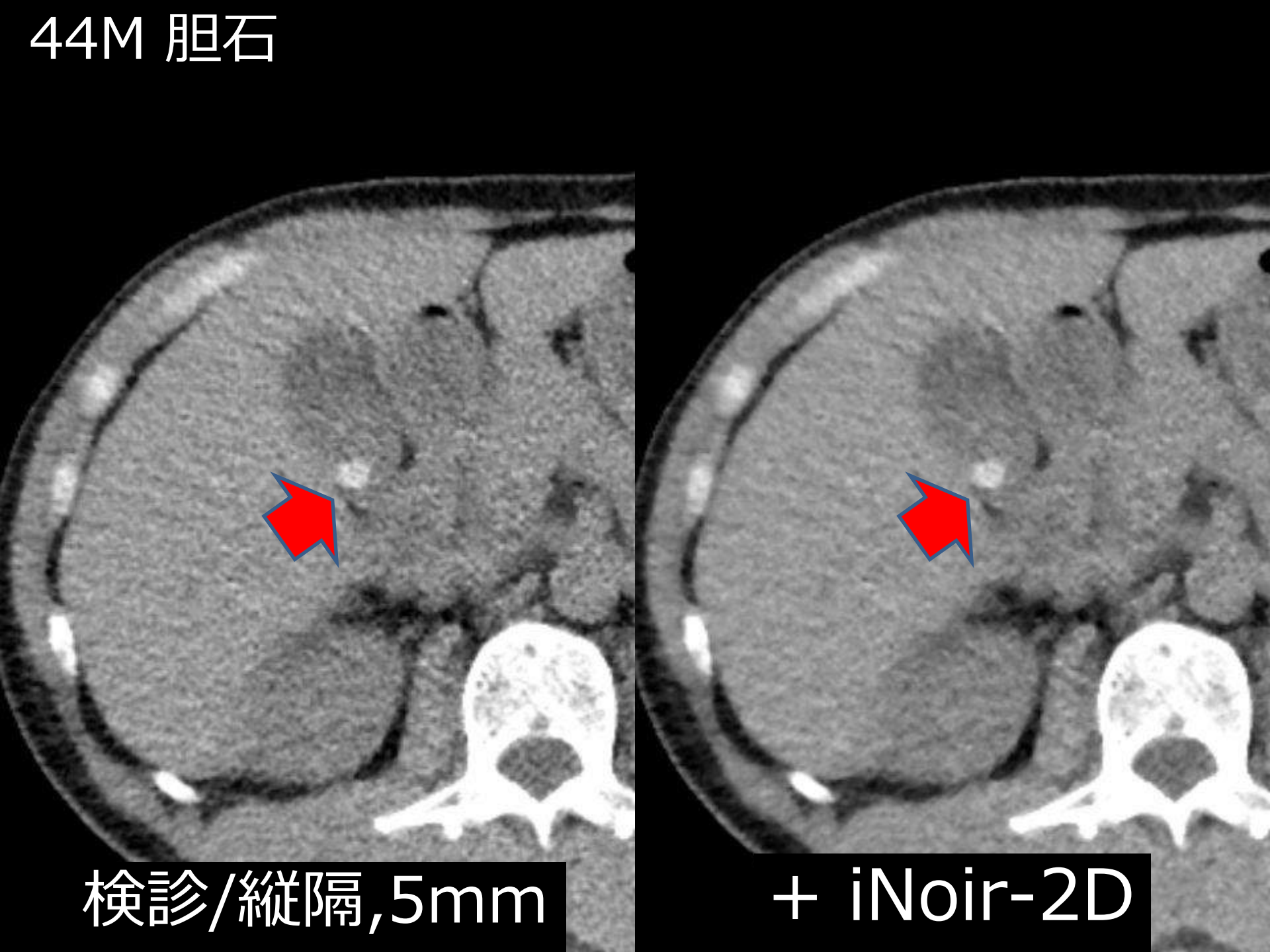


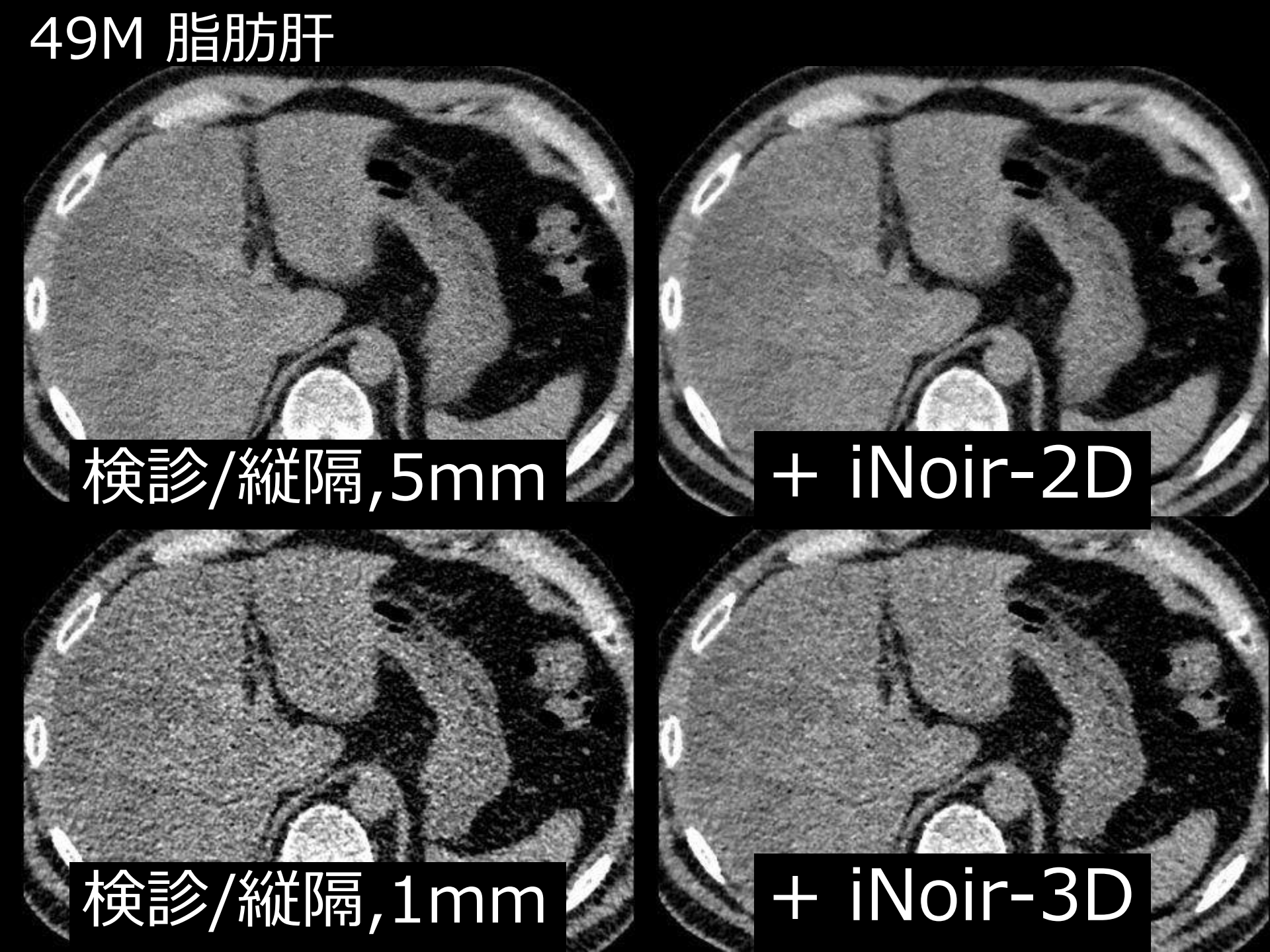


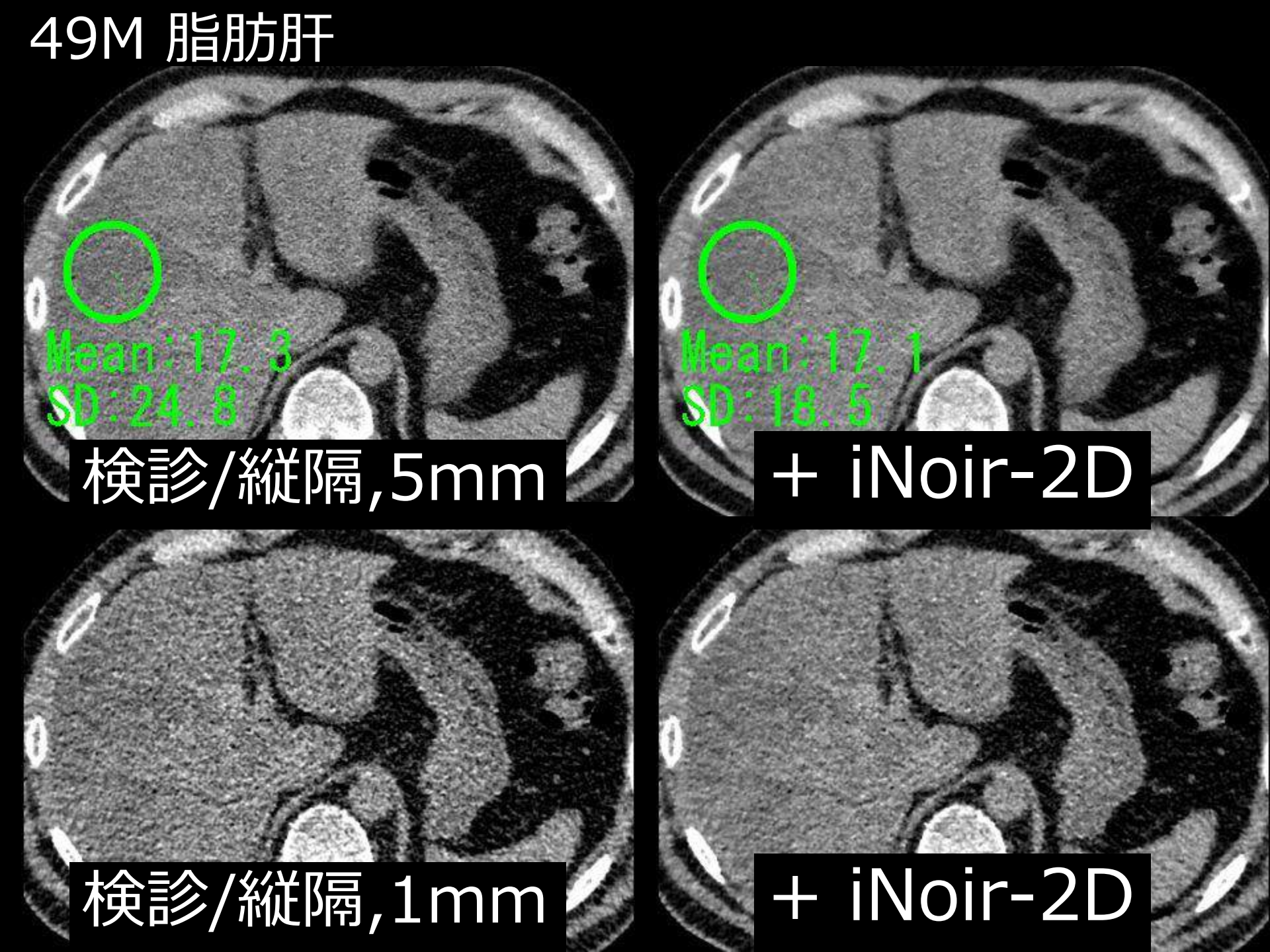
iNoir-2D

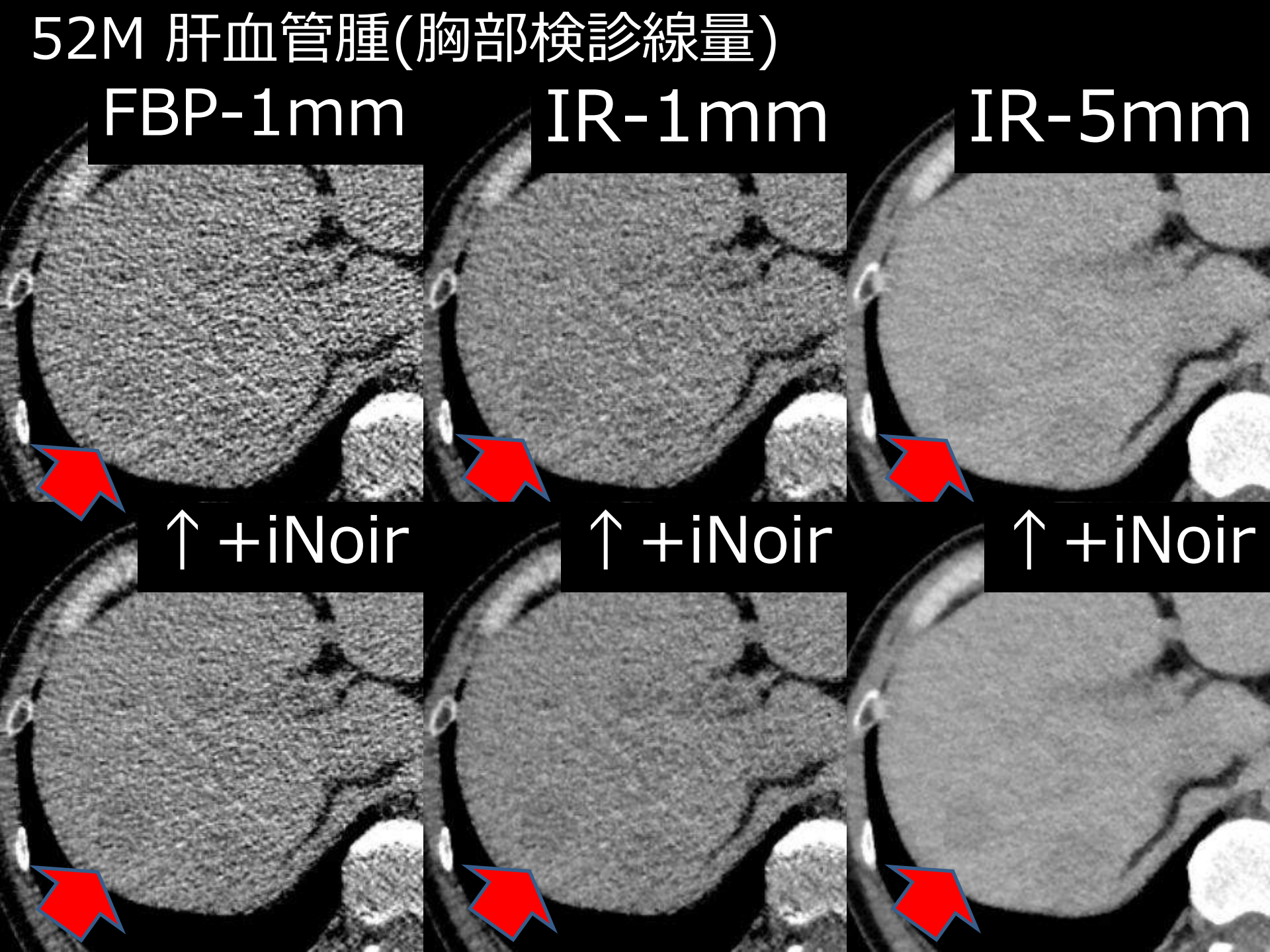

43M 前縦隔腫瘍
T2WI-RT
検診/縦隔,5mm
+ iNoir-2D

44M 胆石




49M 脂肪肝
検診/縦隔,5mm
+ iNoir-2D
検診/縦隔,1mm
+ iNoir-3D


49M 脂肪肝
Mean:17.3
SD:24.8
検診/縦隔,5mm
Mean:17.1
SD:18.5
+ iNoir-2D
検診/縦隔,1mm
+ iNoir-2D


52M 肝血管腫(胸部検診線量)
FBP-1mm
IR-1mm
IR-5mm
↑+iNoir
↑+iNoir
↑+iNoir

まとめ

イメージベースのノイズ除去ソフトは臨床的に有用である。

CTの新たなる潮流

1. ノイズ除去ソフト
2. スペクトラルCT

CT→X線照射→画像取得

X線照射(CT)

CT→連続X線

低 X線照射(CT) 高

スペクトラルCT

低

X線をエネルギー毎に分光

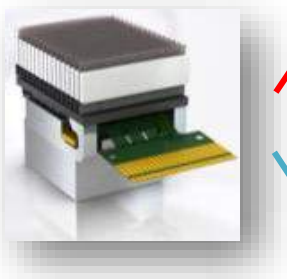
161種類！

高

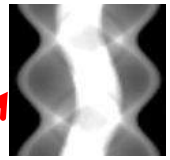
2層検出器スペクトラルCT

1. 時間的・空間的ズレなし
2. 撮影は従来と同じ(制限なし)

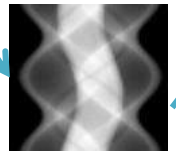
Spectral is always on

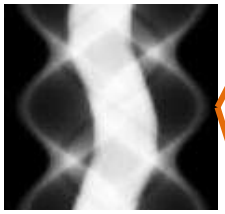


Low E



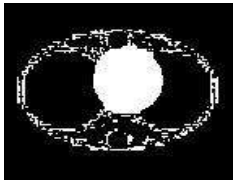
High E



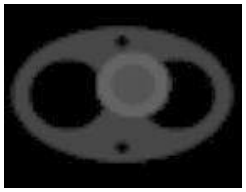


LE + HE

PhotoE Image



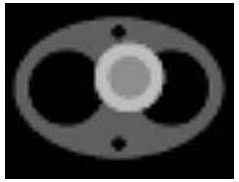
Compton Image



Spectral Based Image

- ***Perfect data alignment***
- ***Projection based spectral reconstruction***

Conventional Image



iDose[4]

IMR

IQonスペクトラルCTの有用性

1.物質弁別機能

2.単純CTでの有用性

3.造影CTでの有用性

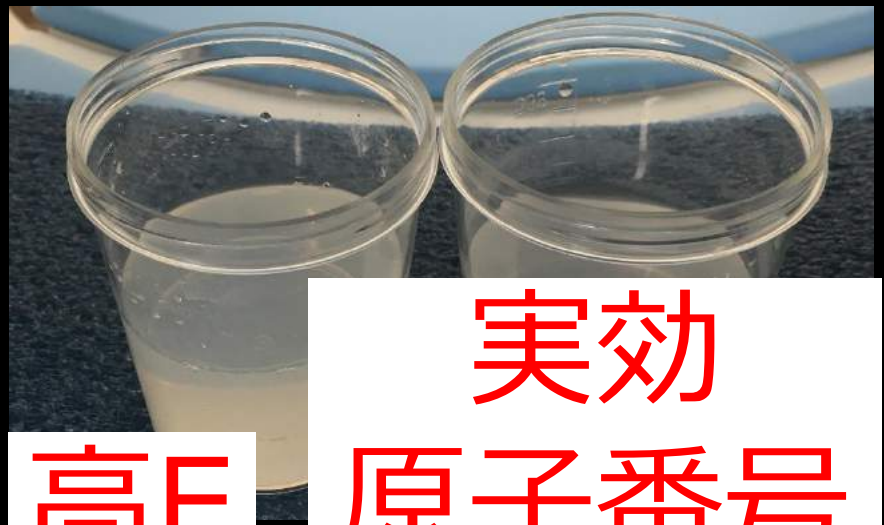
IQonスペクトラルCTの有用性

1.物質弁別機能

2.単純CTでの有用性

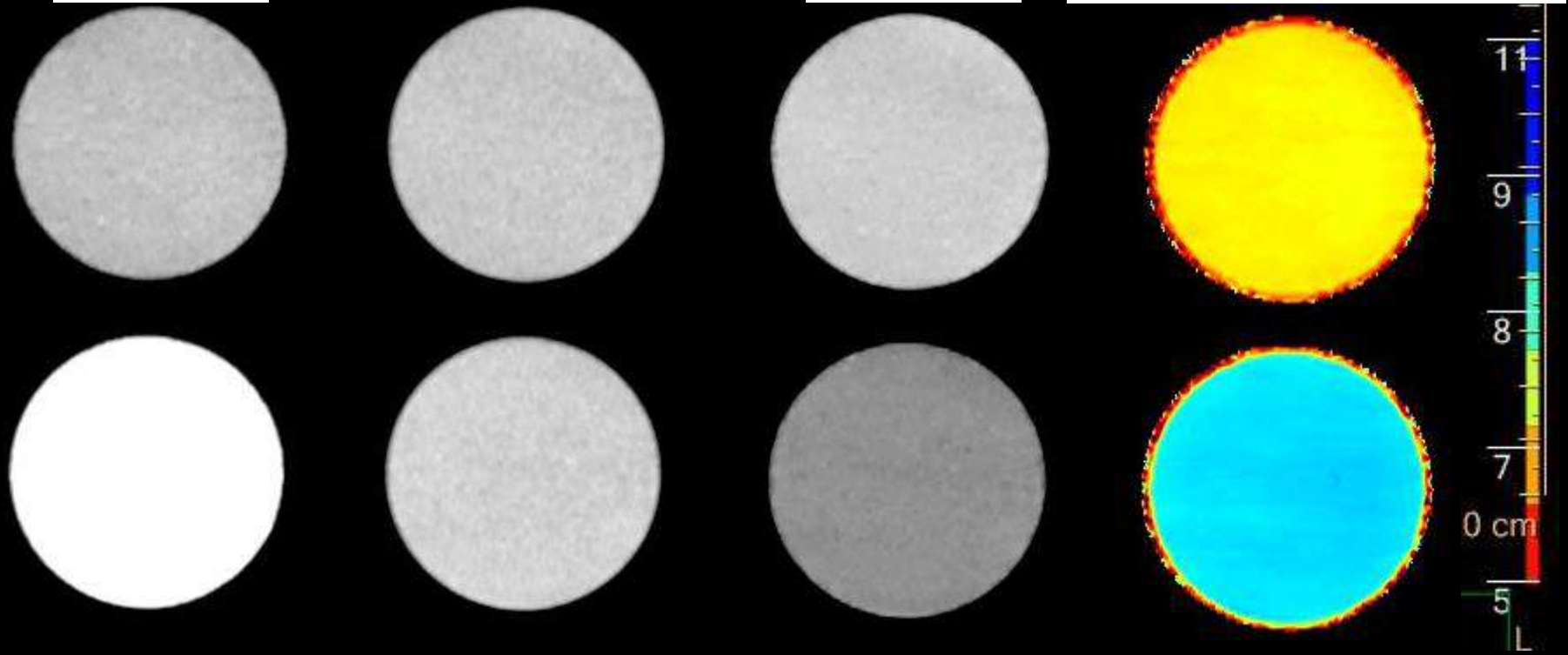
3.造影CTでの有用性

低E

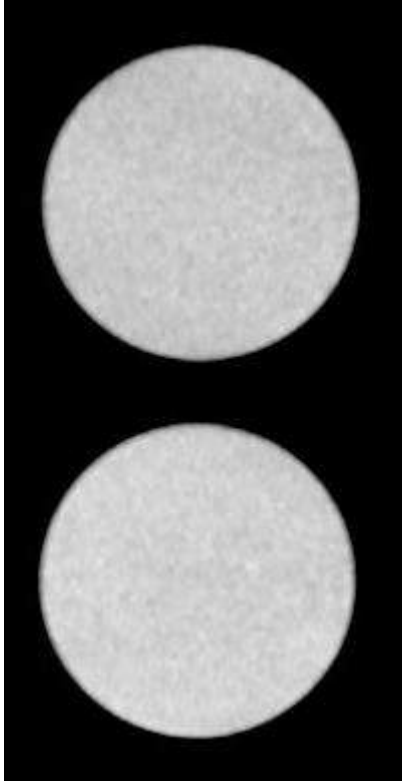


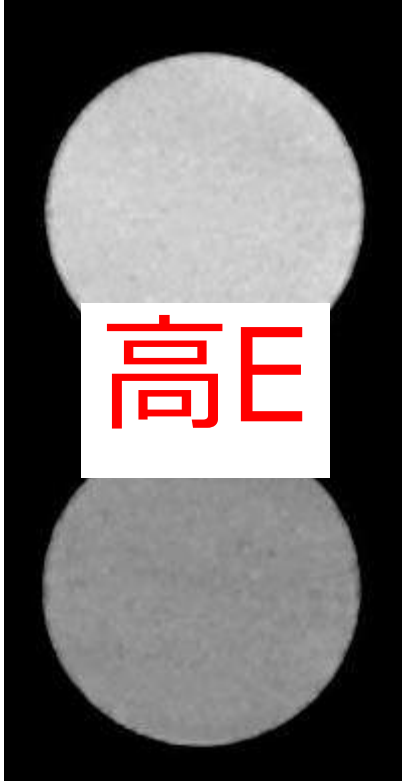
高E

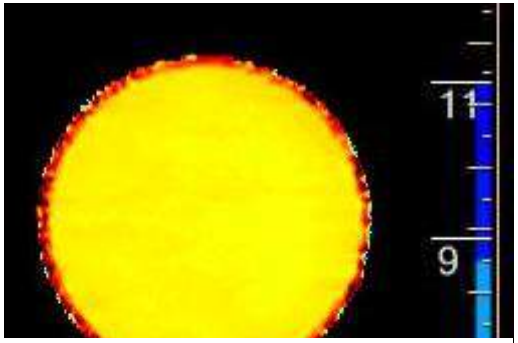
実効
原子番号



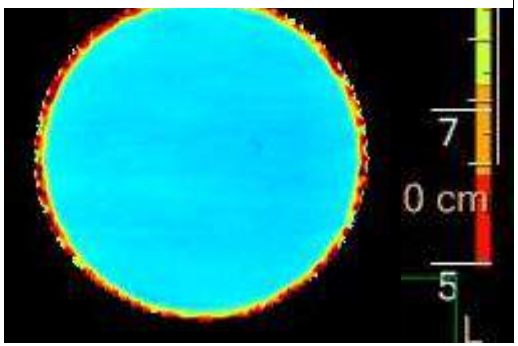

低E

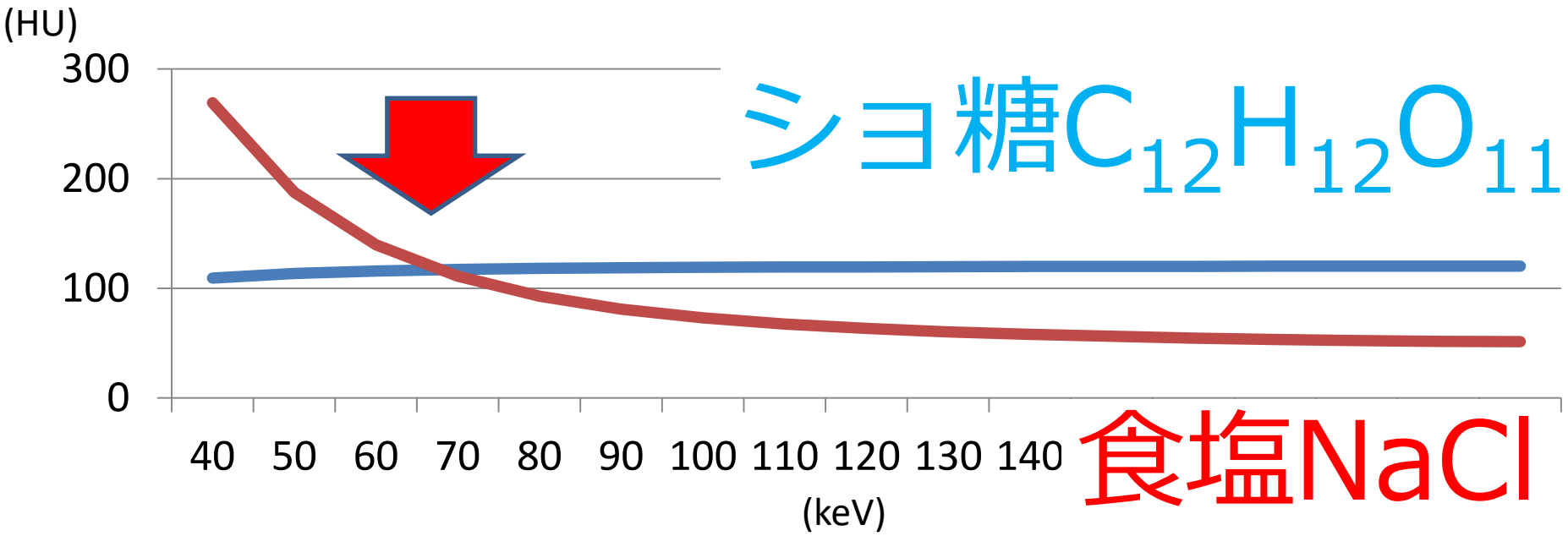



高E

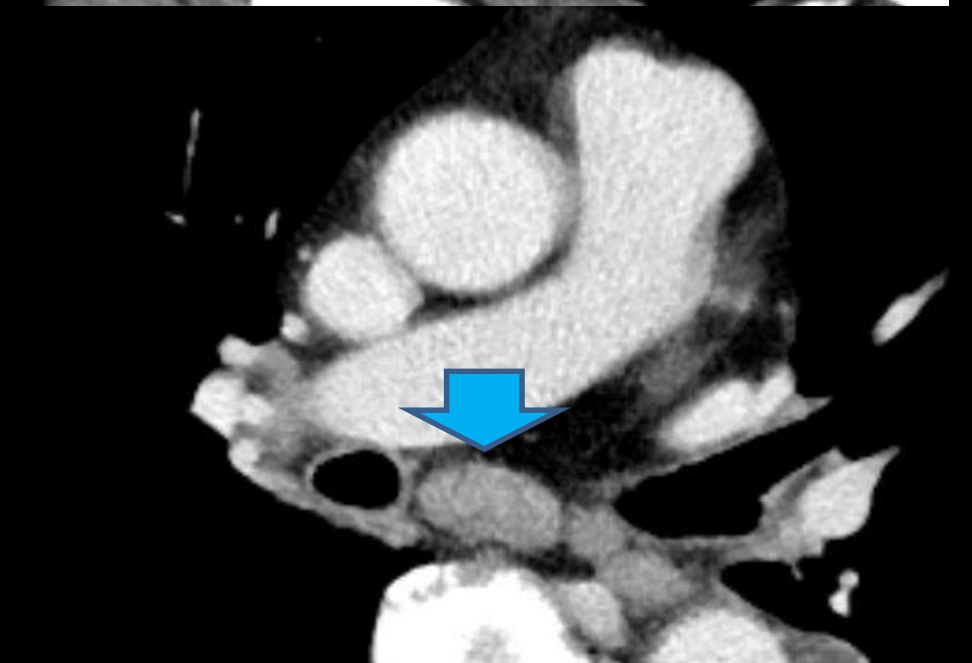

11
9

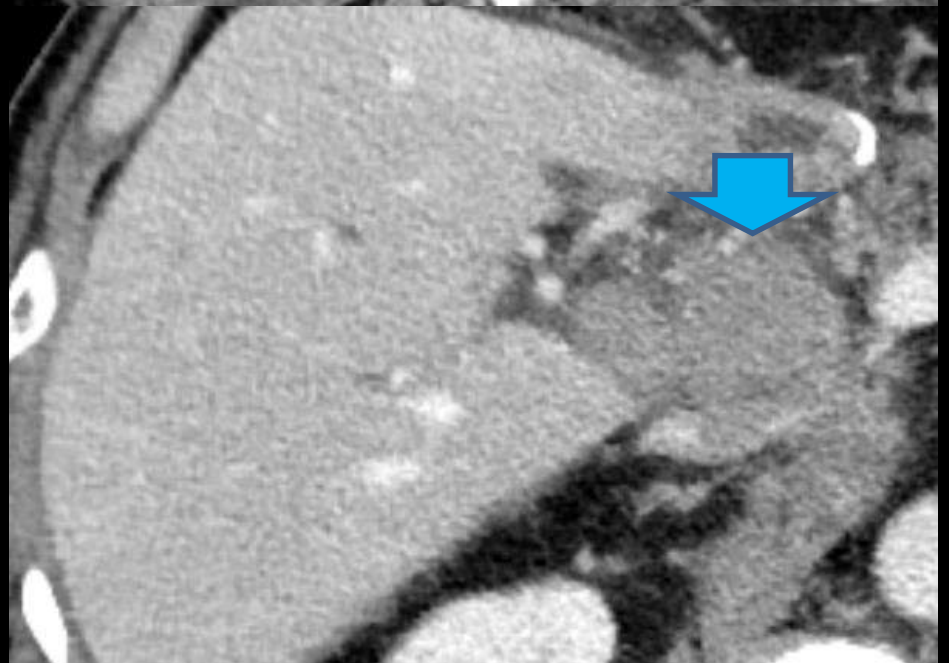
実効原子番号


7
0 cm
5

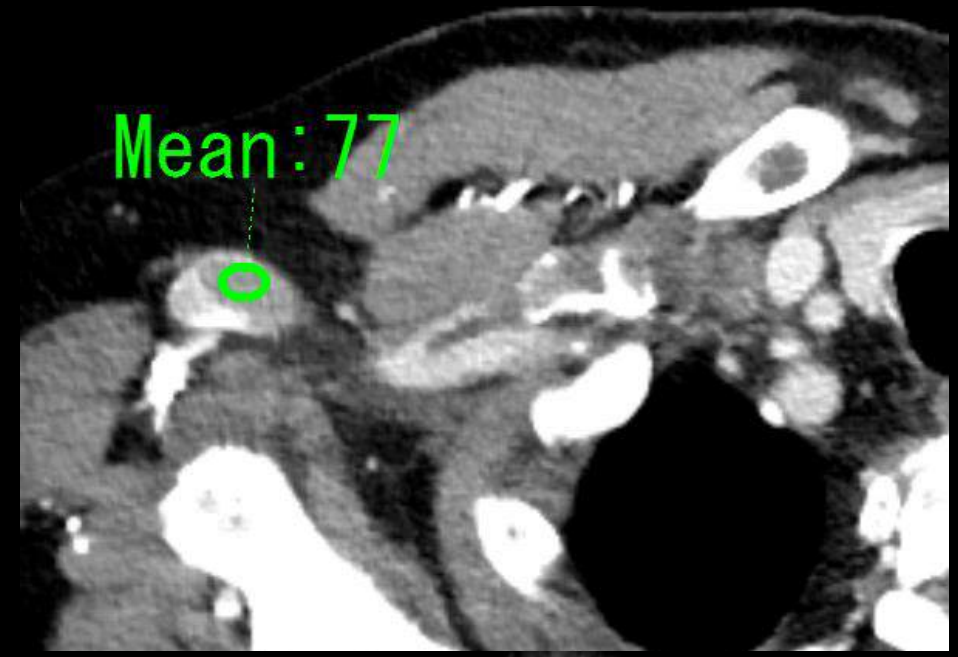

(HU)
300
200
100
0
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
(keV)
シヨ糖C12H12O11
食塩NaCl

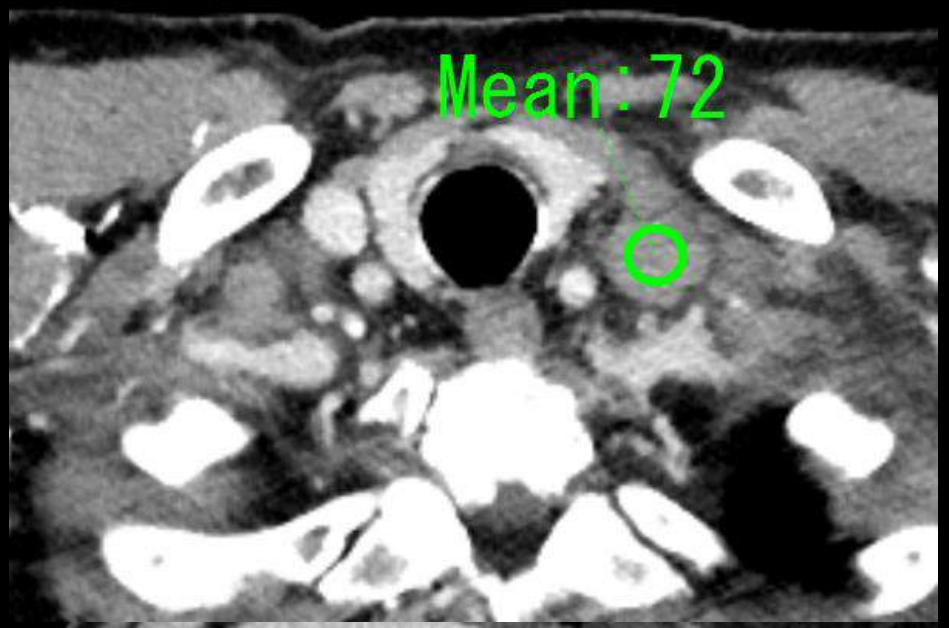
65M, Gastric ca. with multiple meta.?

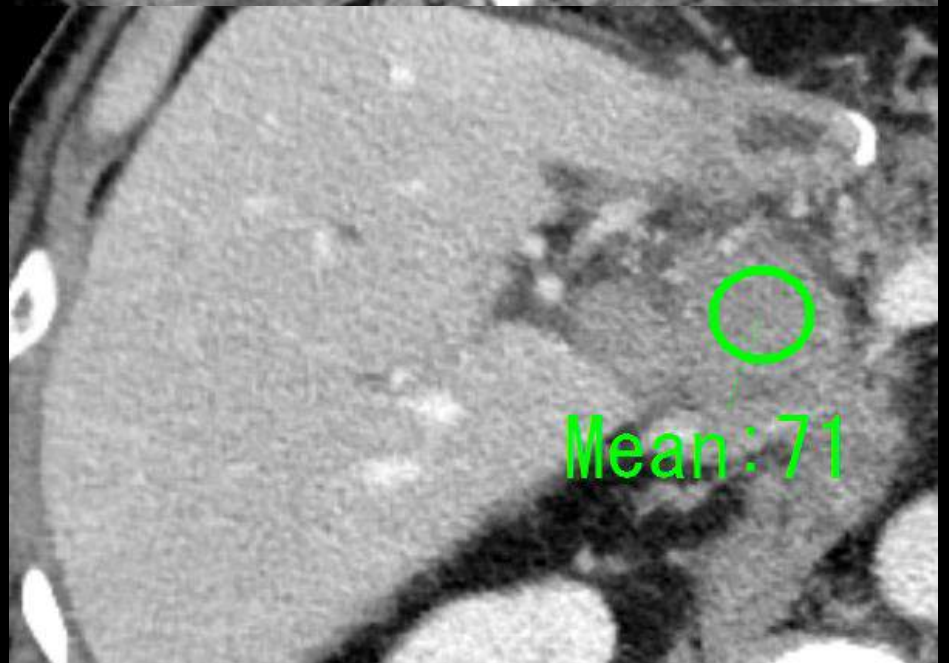




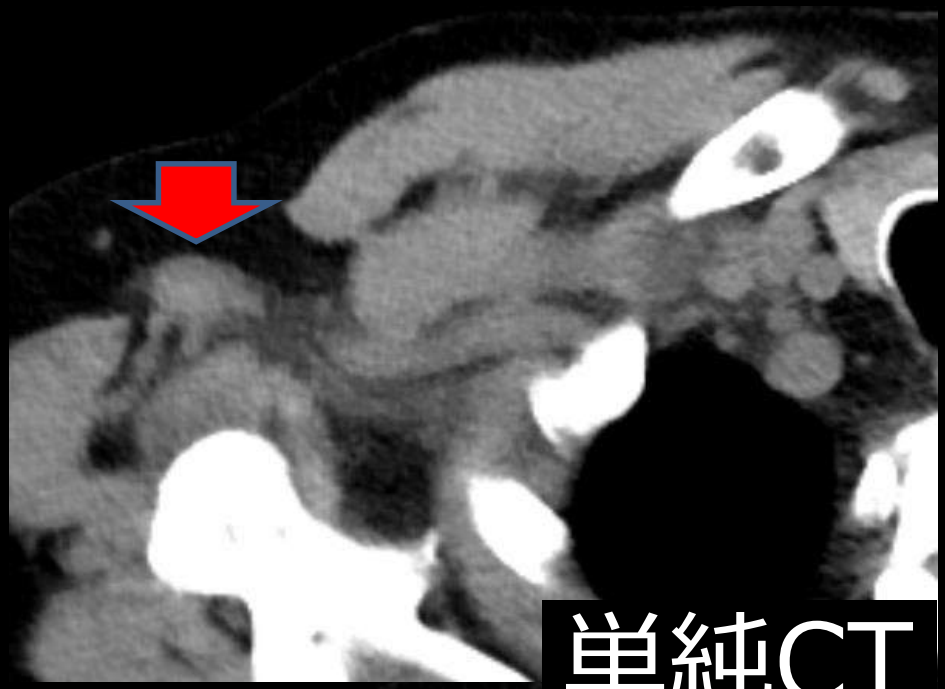
65M, Gastric ca. with multiple meta.?



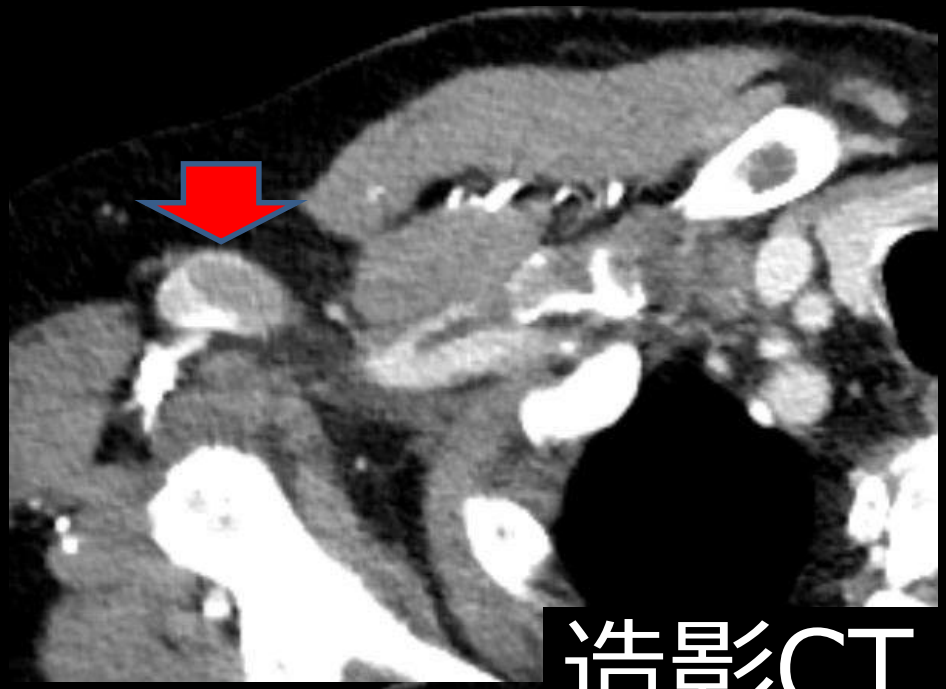




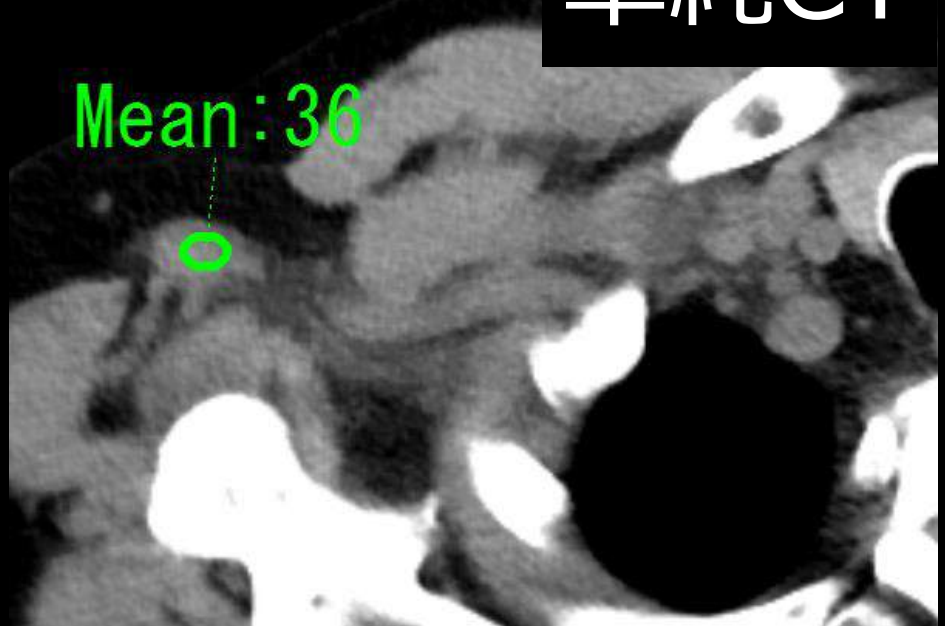
65M, Gastric ca. with multiple meta.?

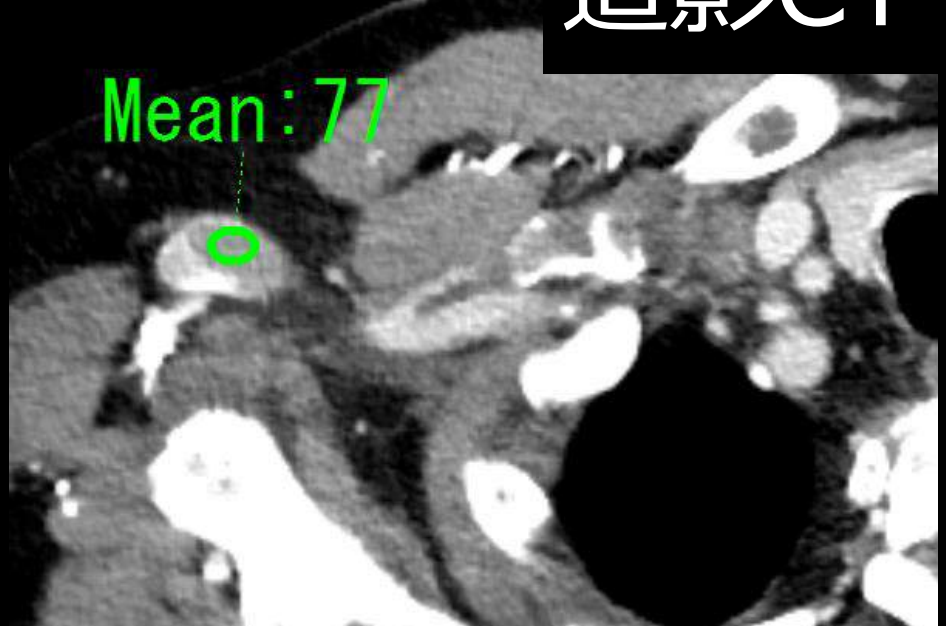


単純CT

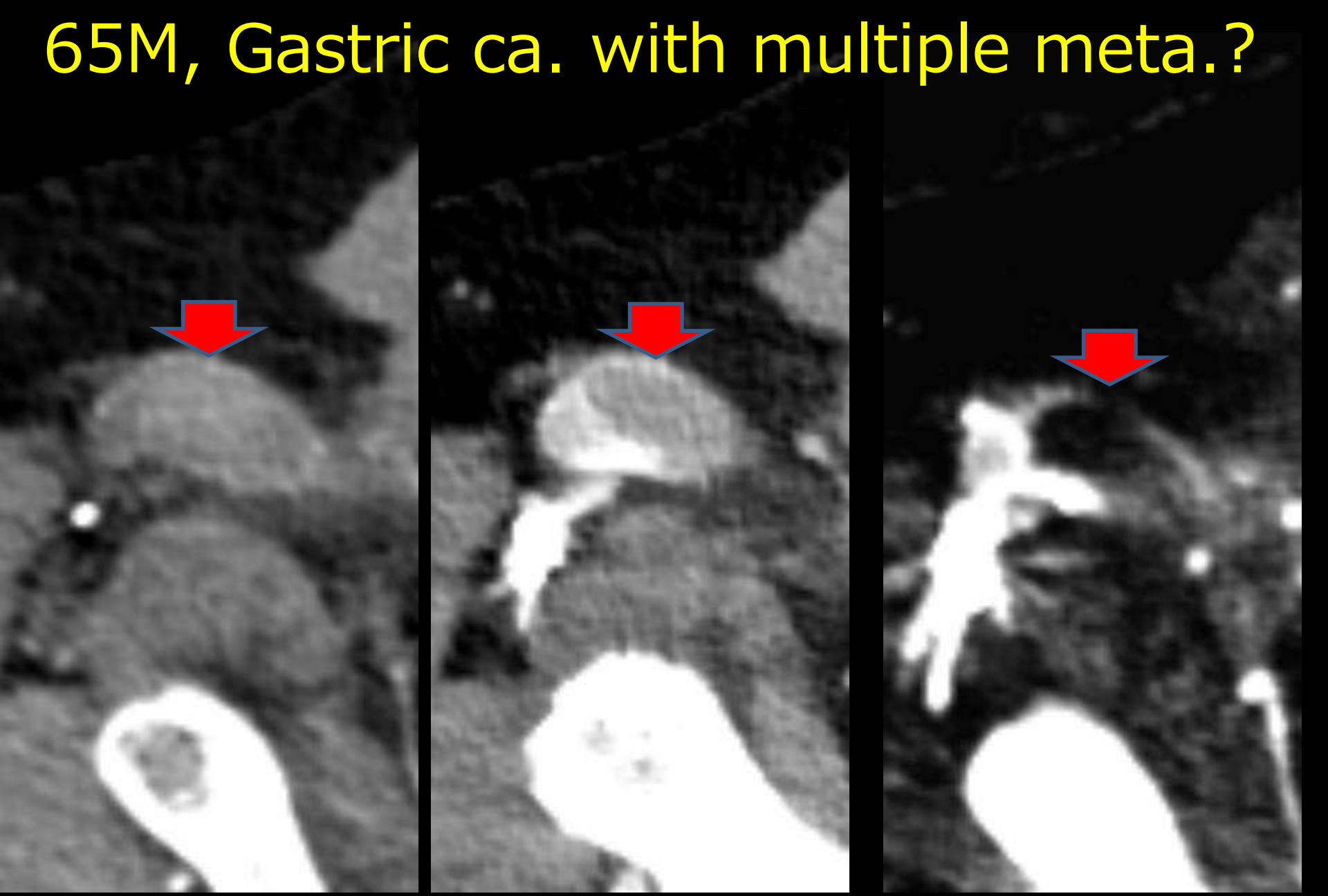


造影CT



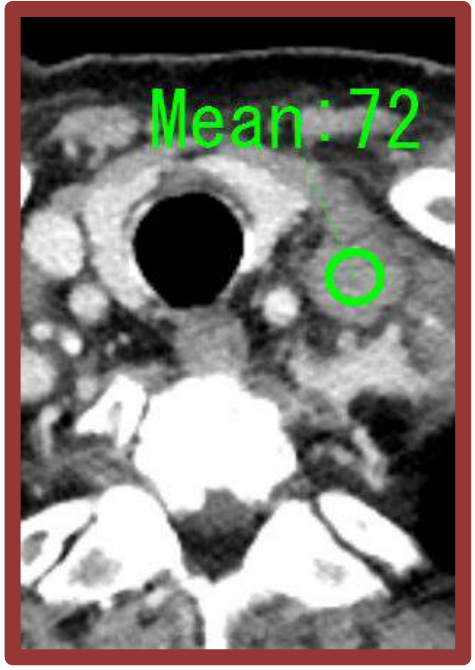


65M, Gastric ca. with multiple meta.?

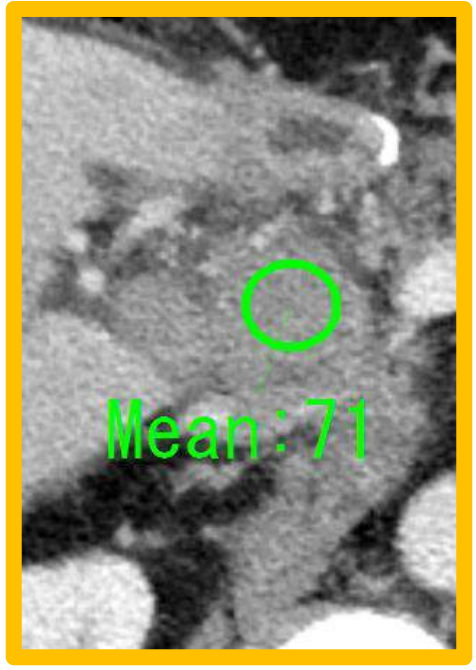


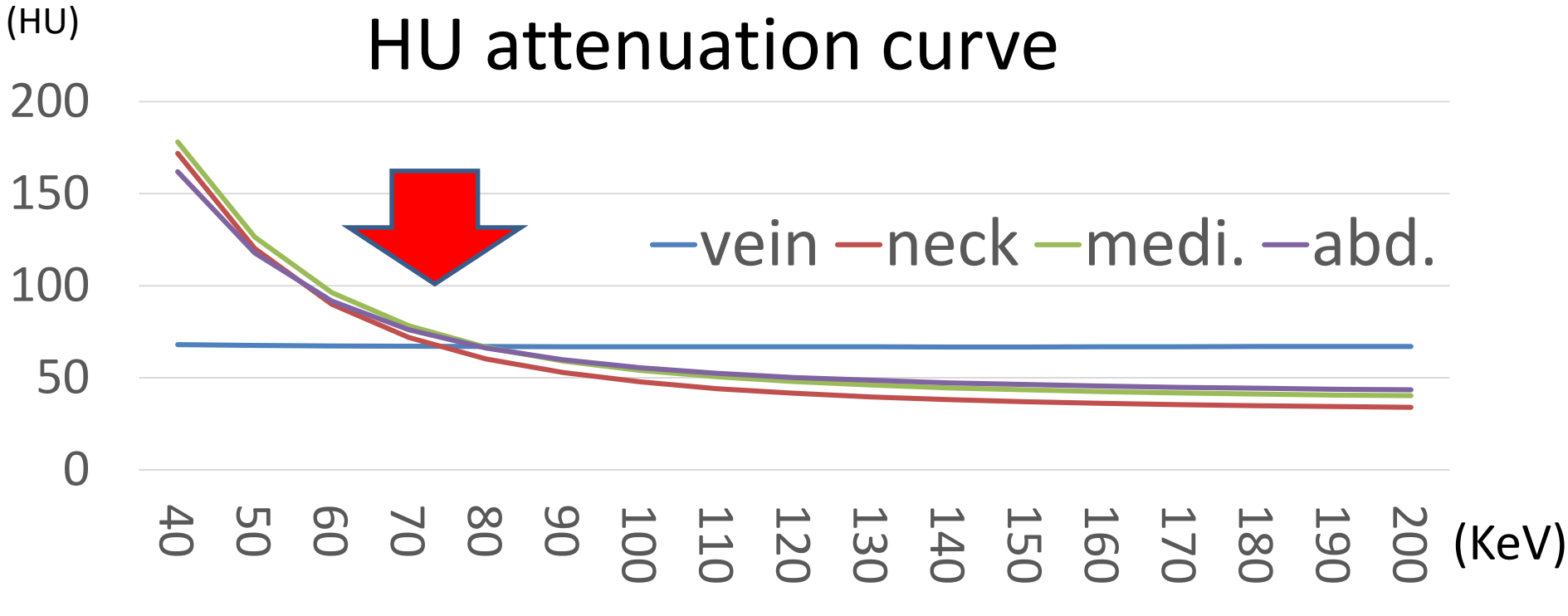
仮想単純CT　　造影CT　　ヨード画像


Mean:77

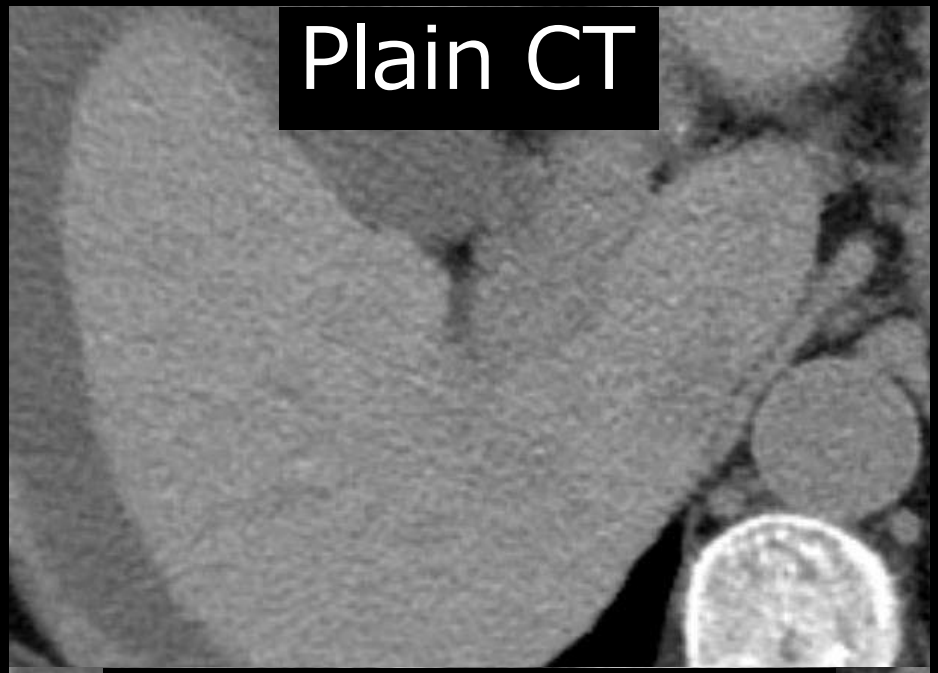

Mean:72

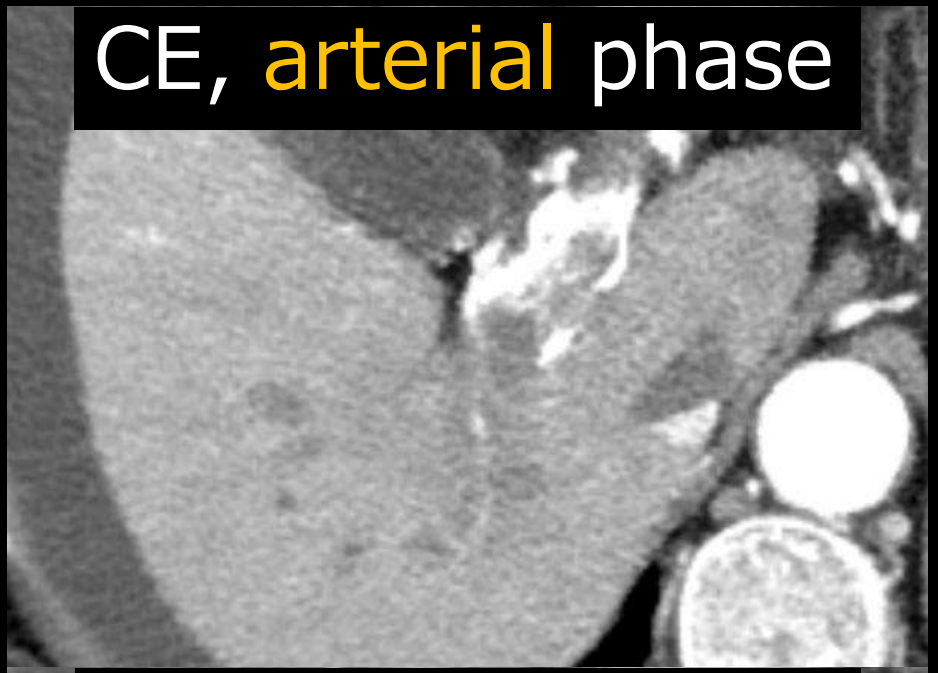

Mean:77

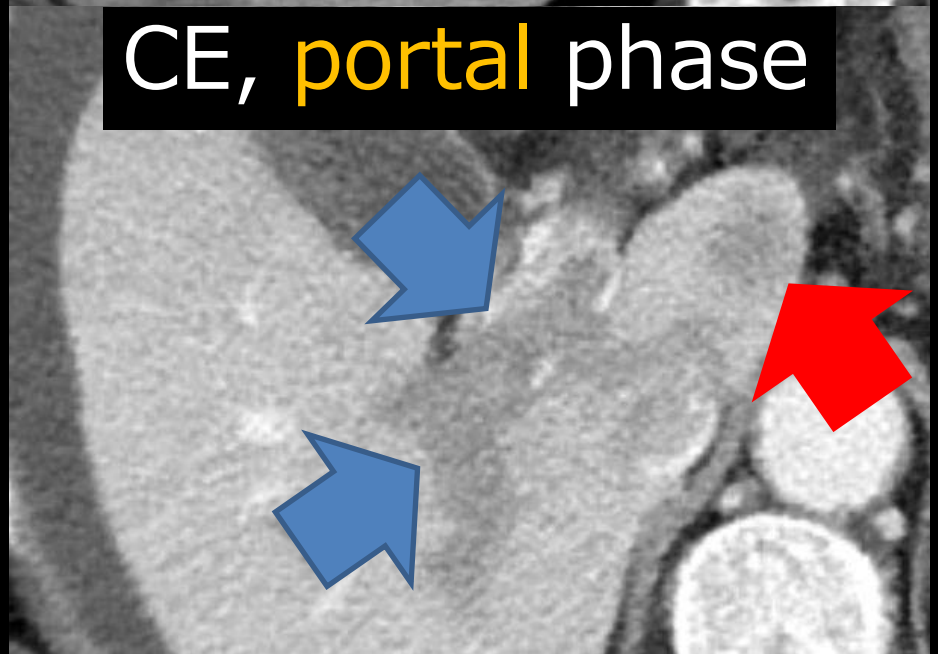

Mean:71

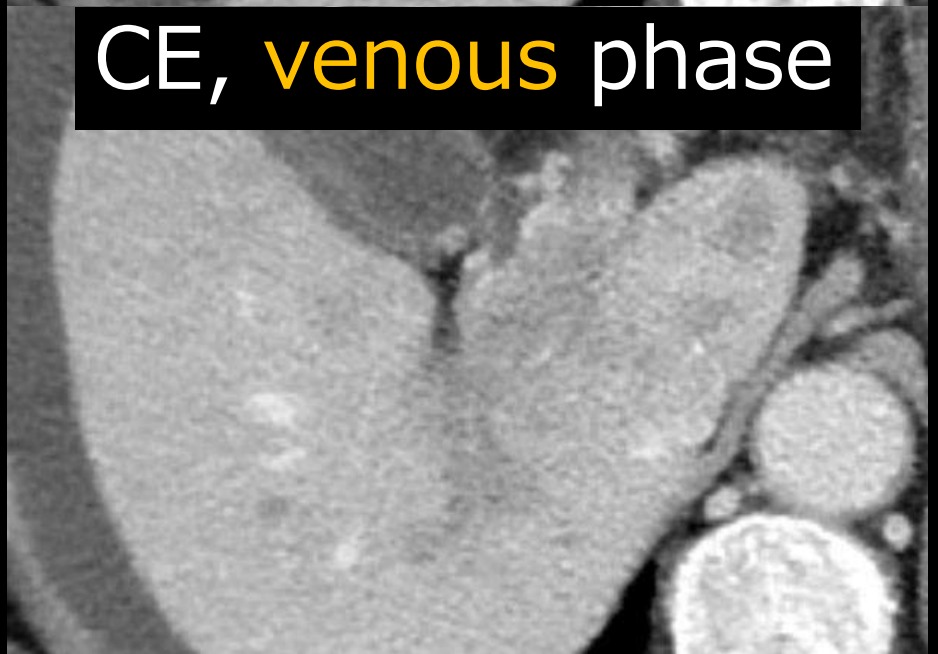

(HU)
HU attenuation curve
200
150
100
50
0
vein
neck
medi.
abd.
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
(KeV)

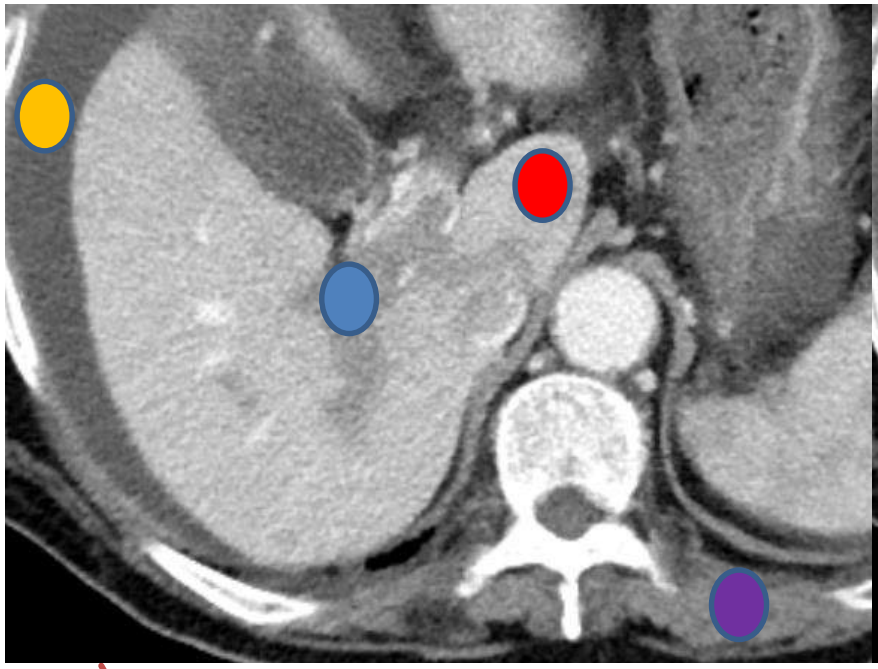
81F, PV thrombosis or tumor thrombosis ?

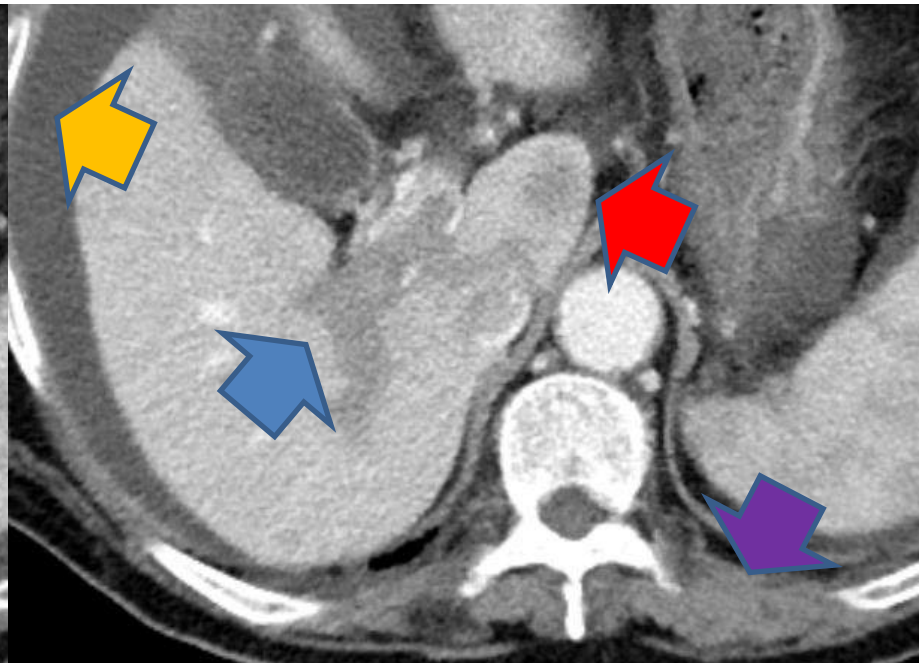










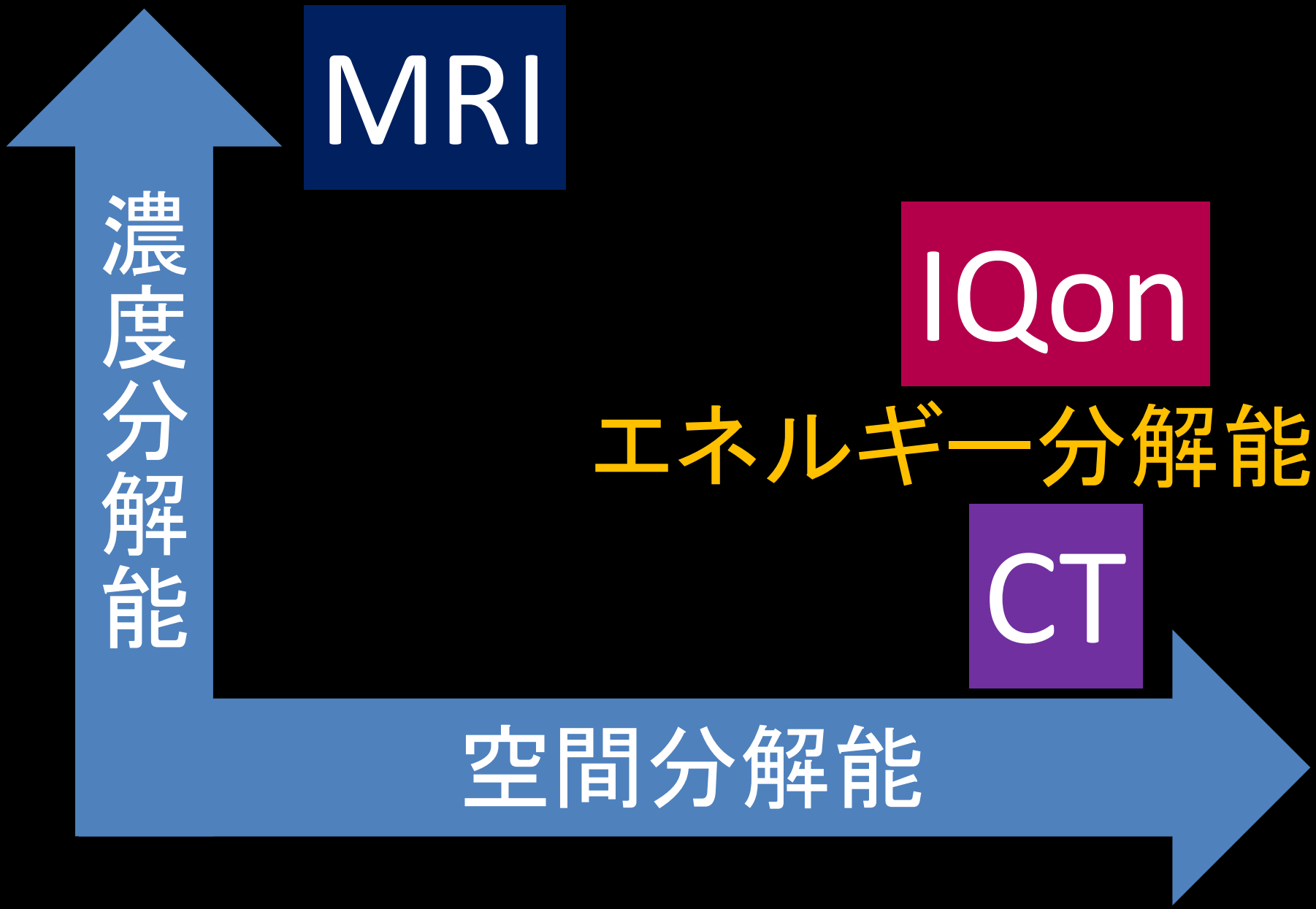


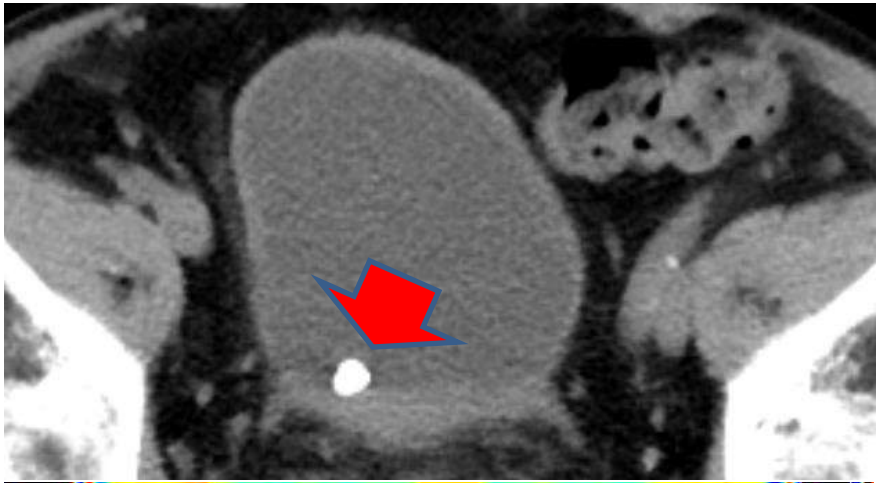
250
200
150
100
50
0

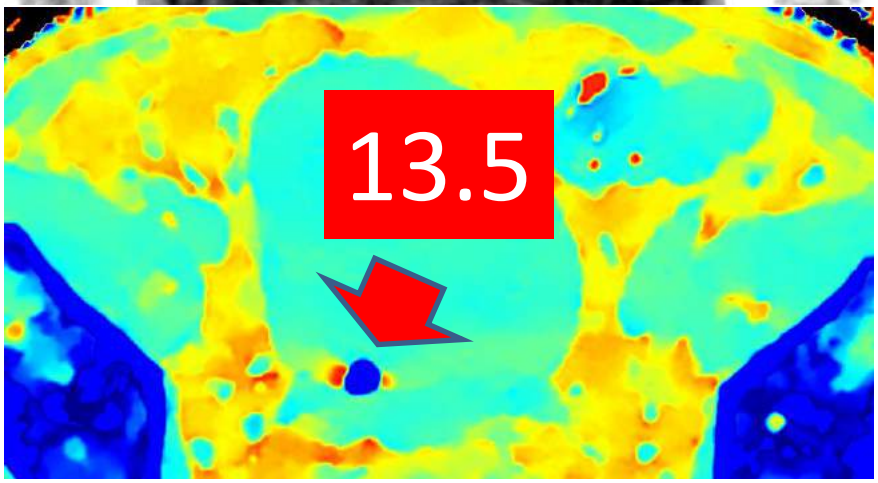
PV HCC muscle ascites

40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200

非侵襲的画像診断の進歩







実効原子番号→尿管結石の組成

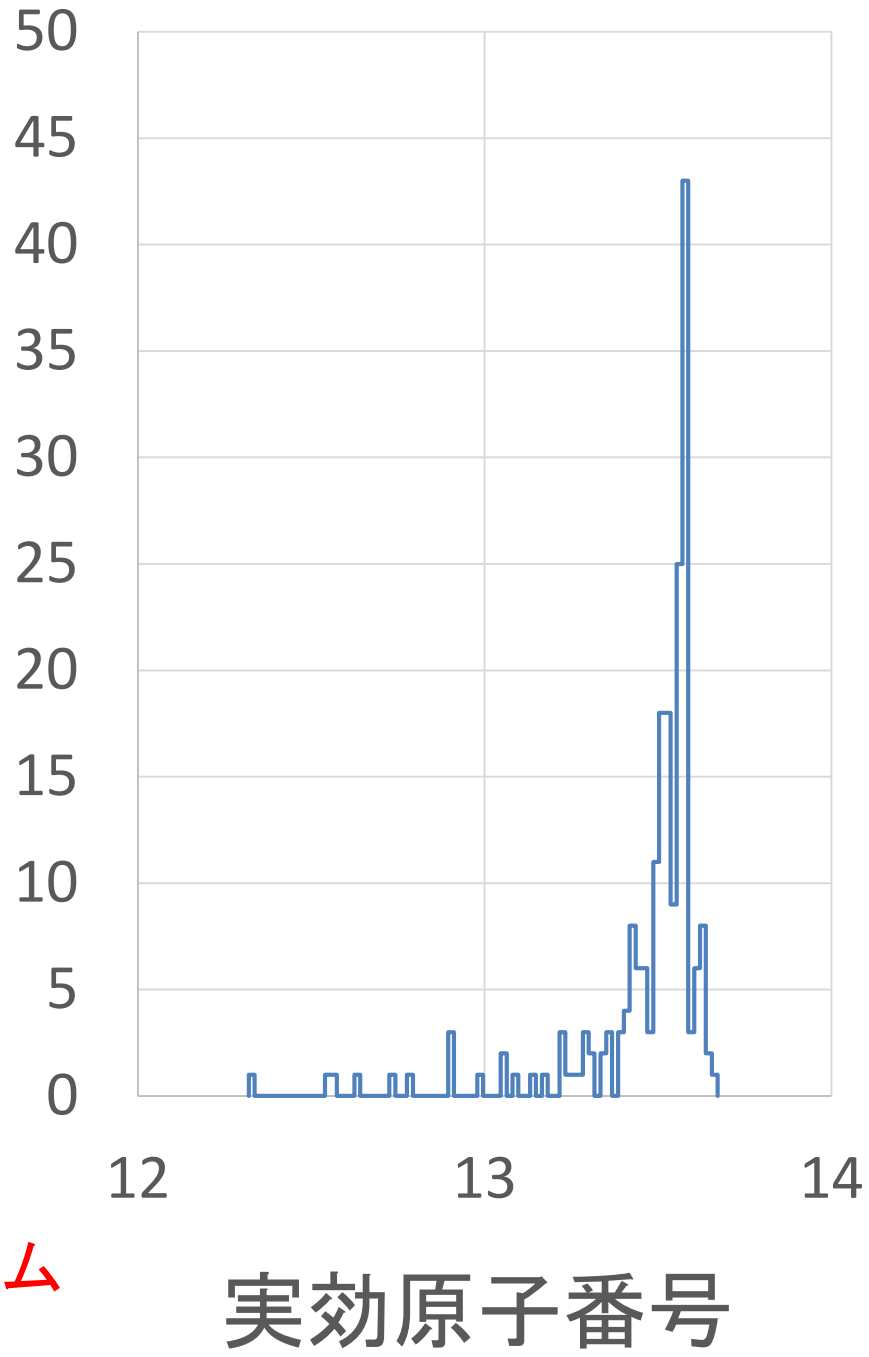
6.92→尿酸

9.72→ストラバイト

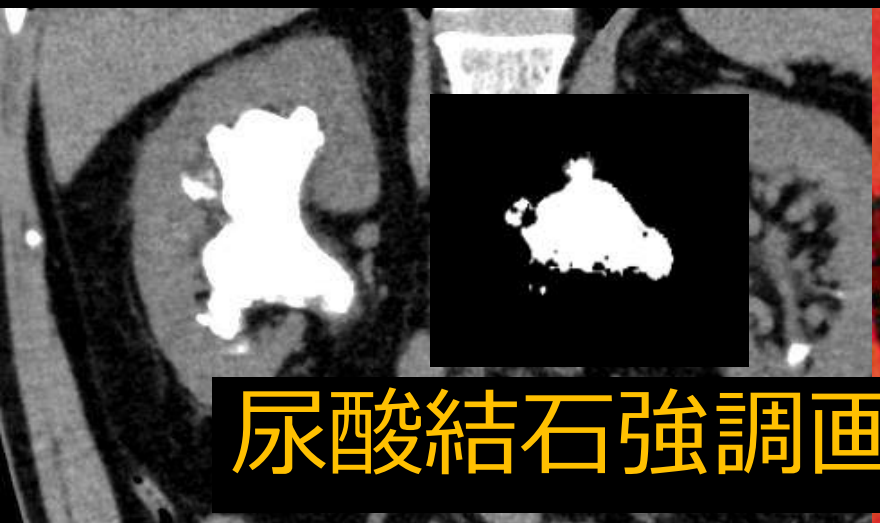
11.07→シスチン

13.52→シュウ酸カルシウム

15.95→リン酸カルシウム

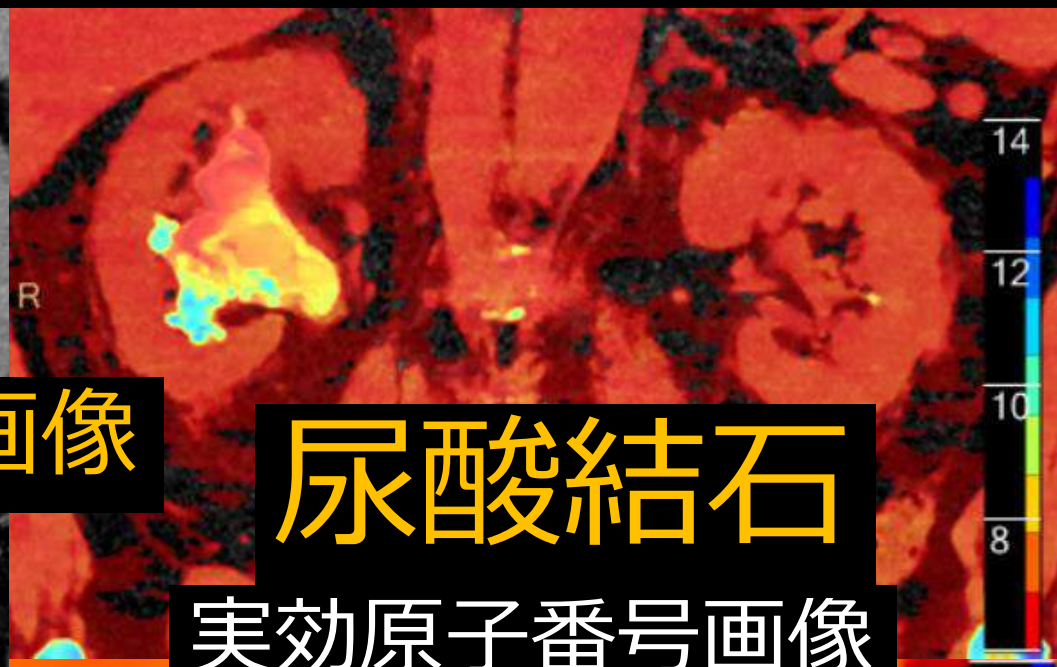


腎結石の成分解析→実効原子番号画像



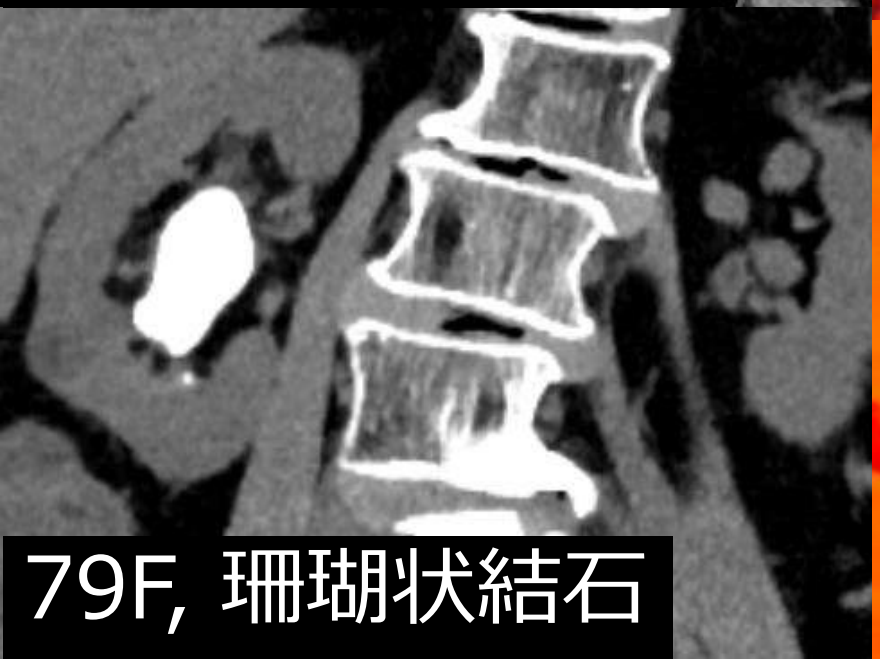
尿酸結石強調画像

67M, 高尿酸血症

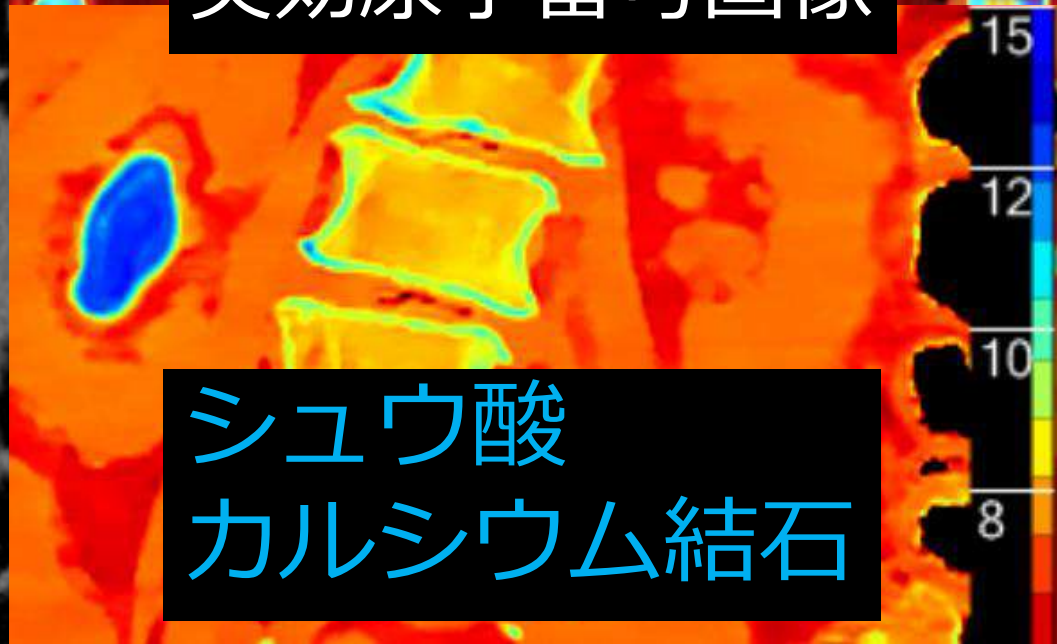


尿酸結石

実効原子番号画像



79F, 珊瑚状結石

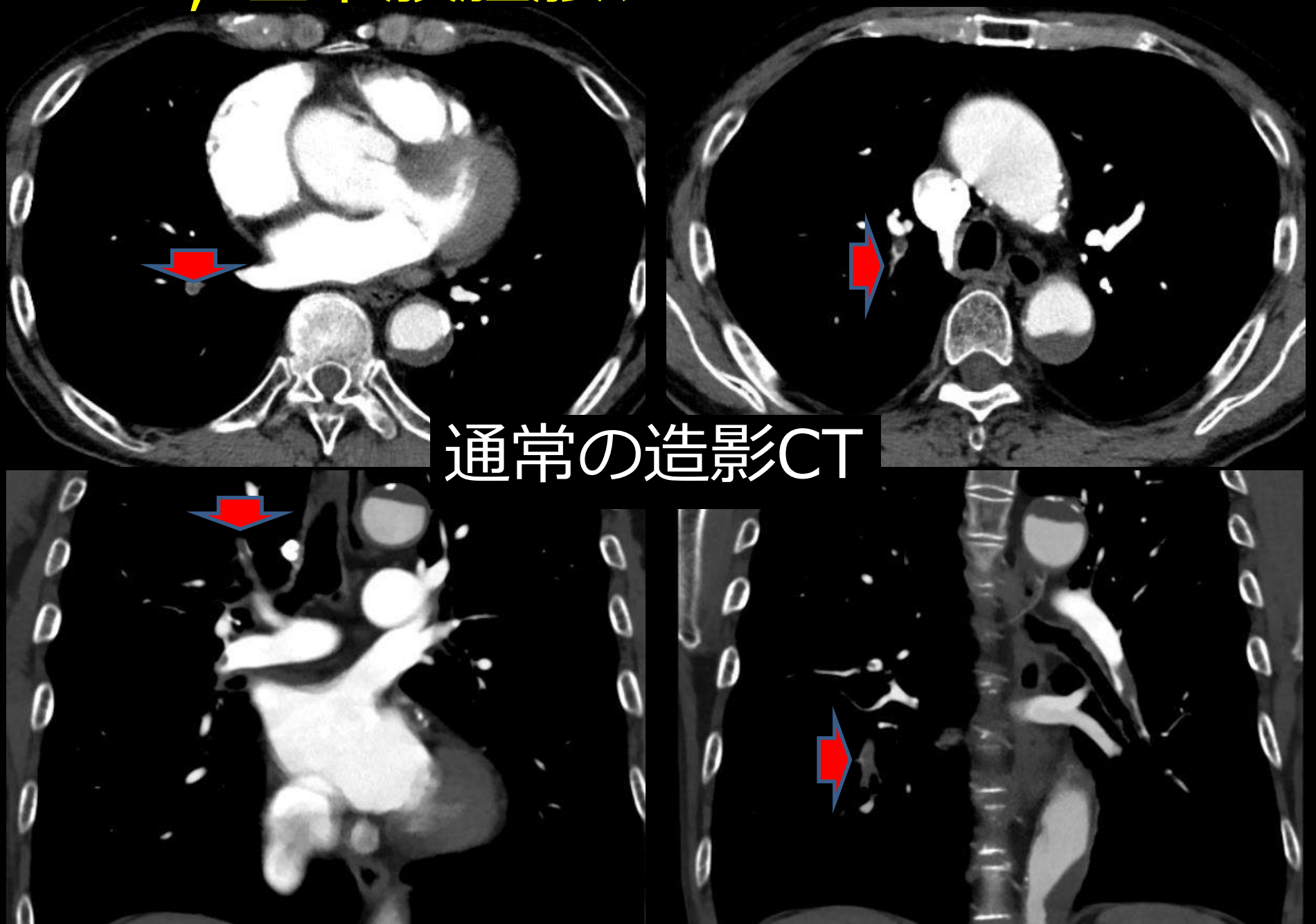


シュウ酸
カルシウム結石

造影剤画像！

Iodine no water

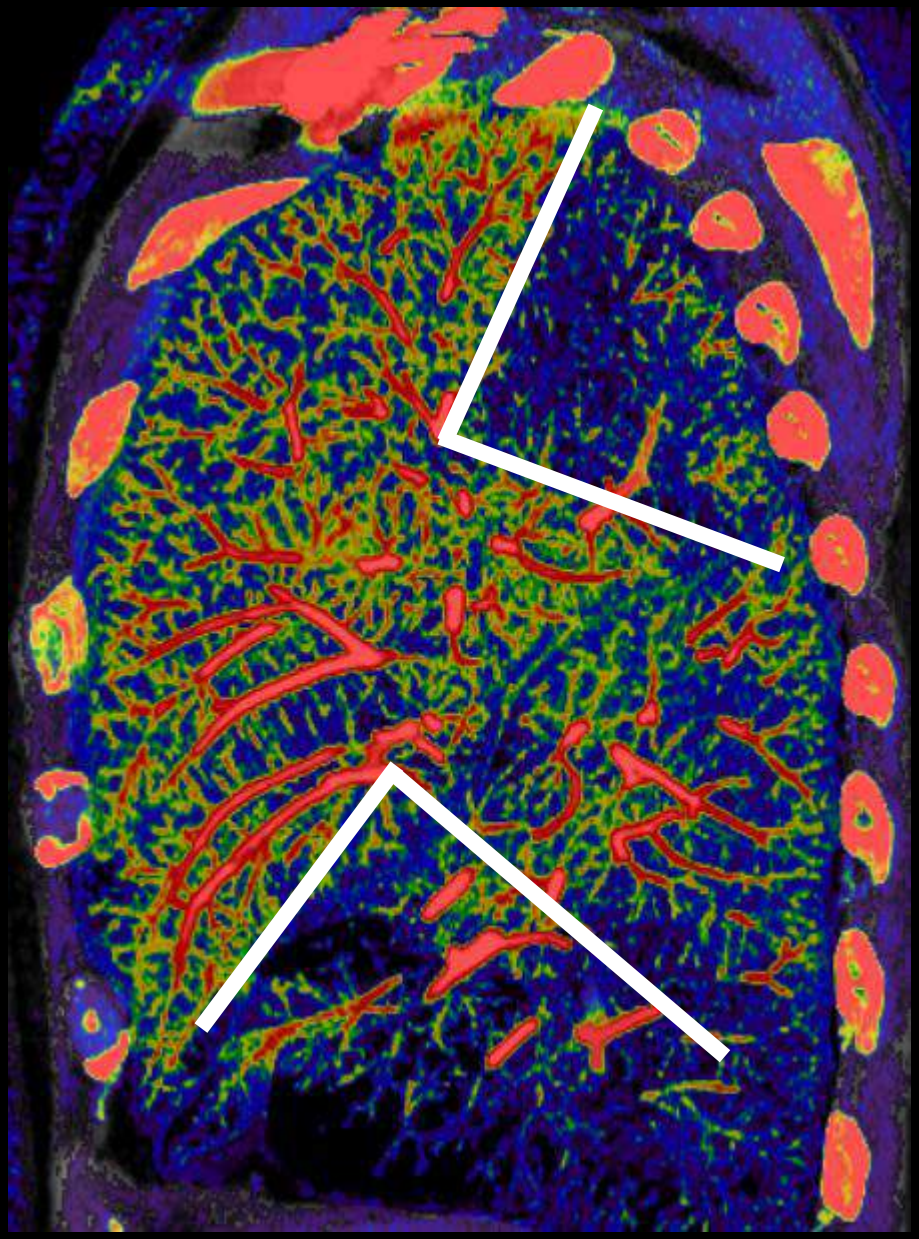
70M, 左下肢腫脹、D-dimer 5.3

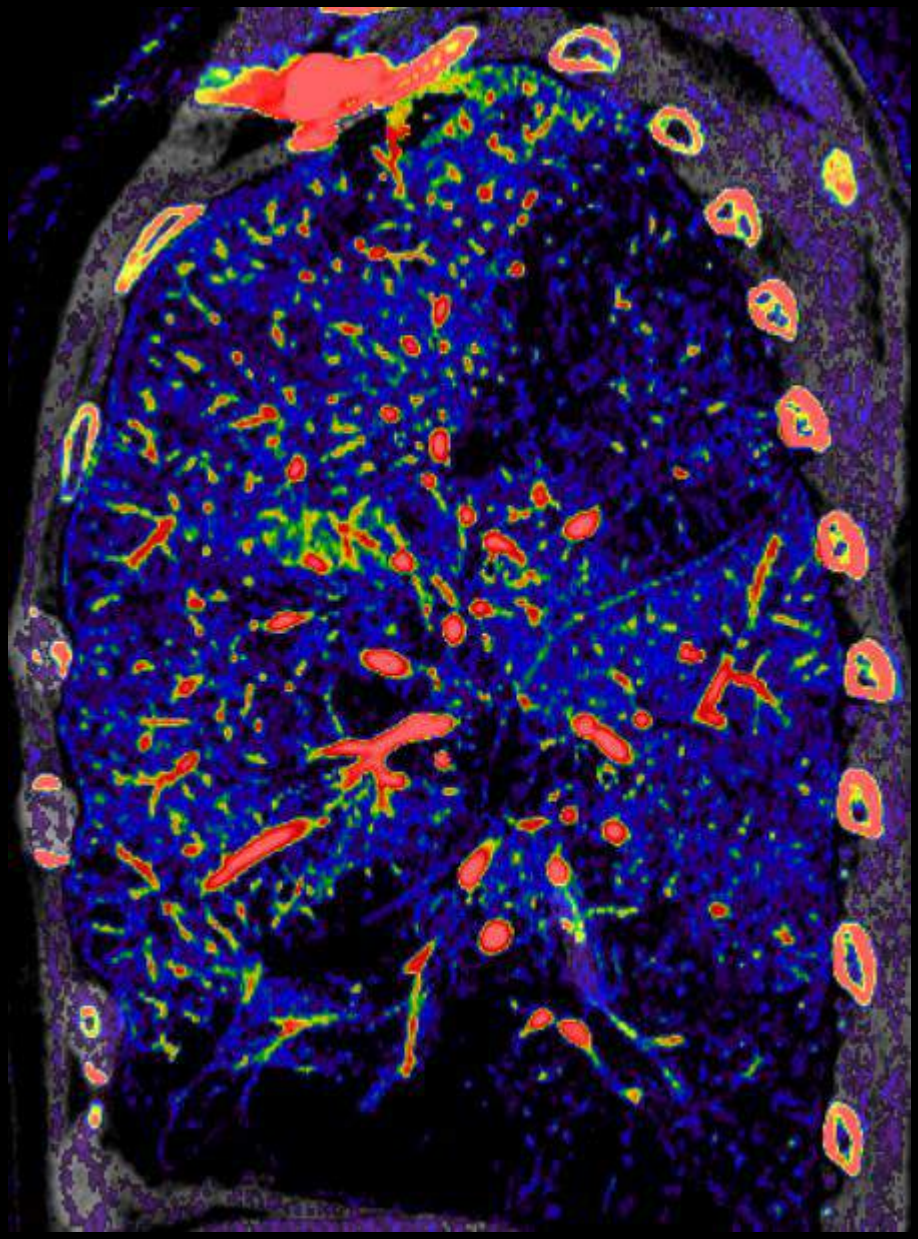


通常の造影CT

70M, 左下肢腫脹、D-dimer 5.3

70M, 左下肢腫脹、D-dimer 5.3



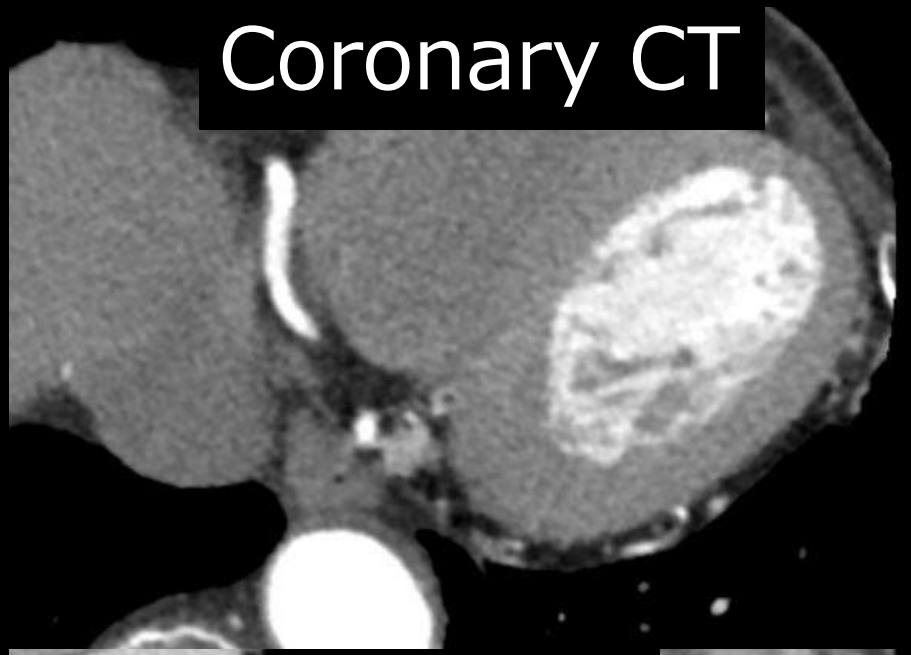


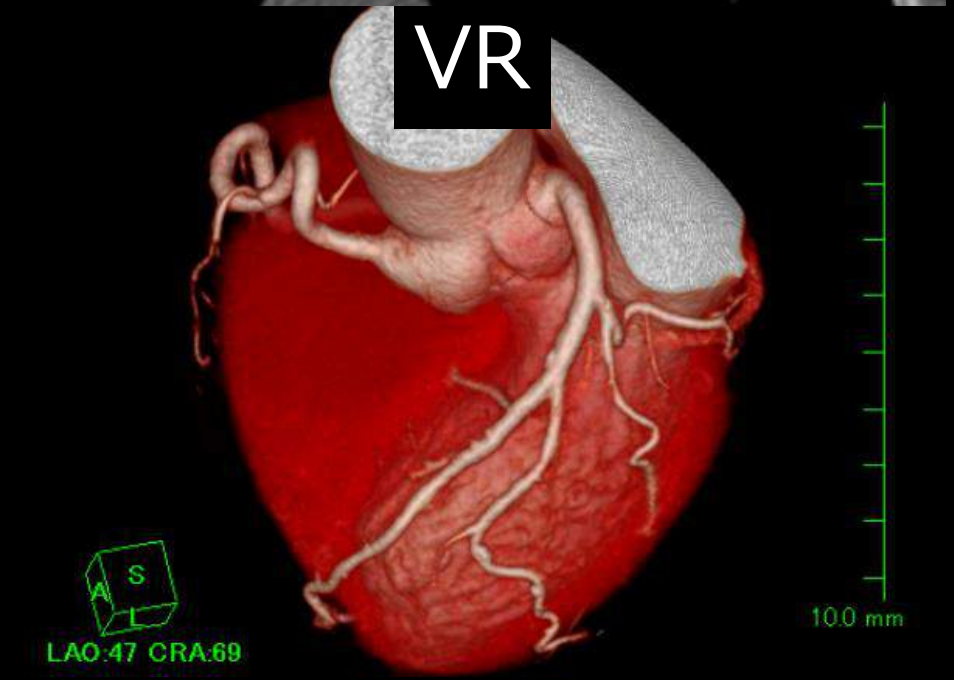
仮想単純CT！

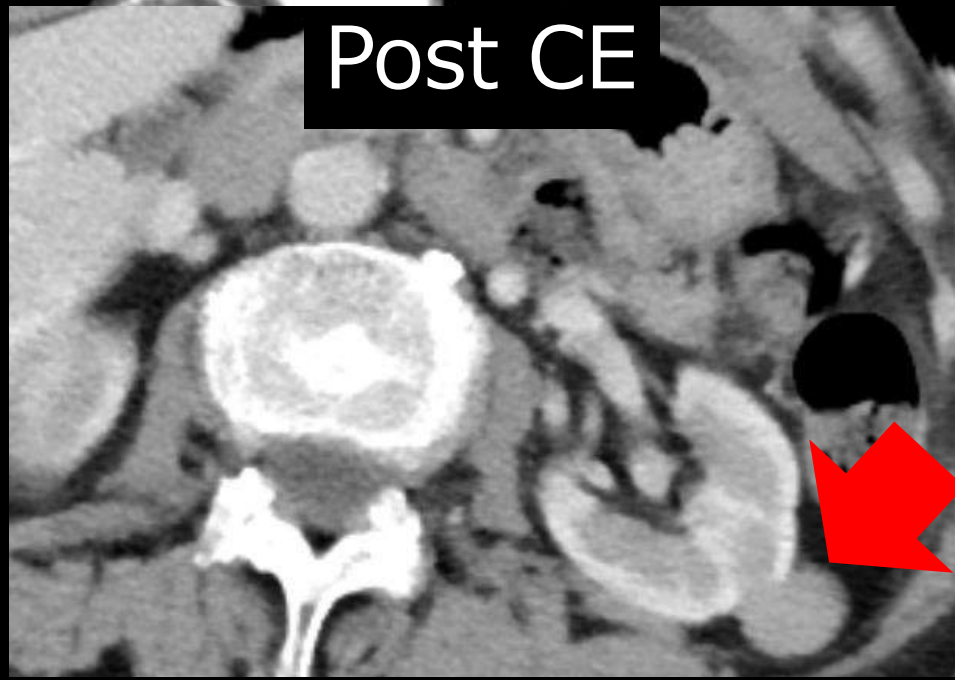
VNC

Virtual non-contrast

86F, chest pain→cardiac CT

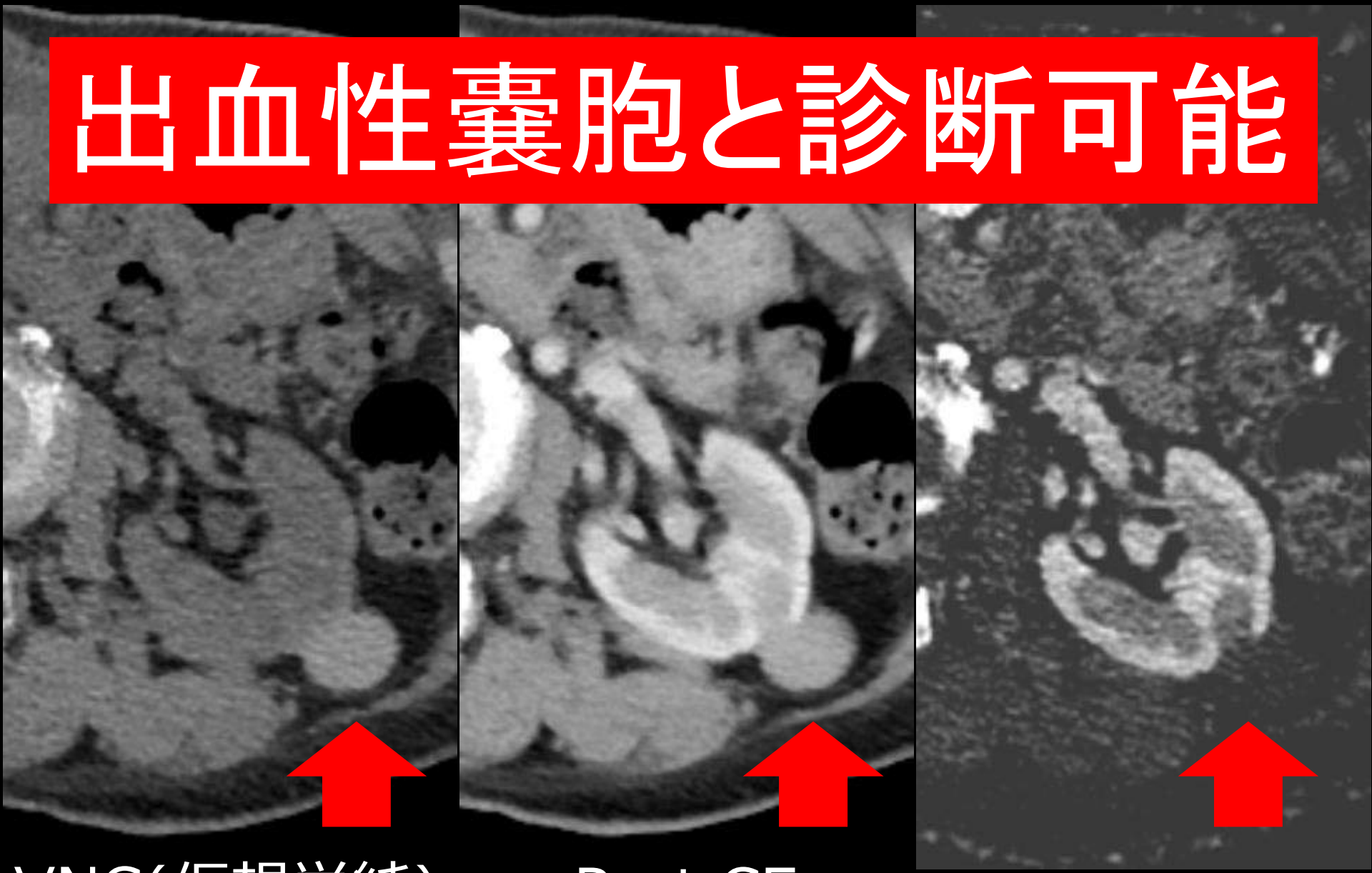






86F, 心臓CTで偶然発見された左腎細胞癌 !?

出血性嚢胞と診断可能



VNC(仮想単純)　Post CE　Iodine no water

IQonスペクトラルCTの有用性

1.物質弁別機能

2.単純CTでの有用性

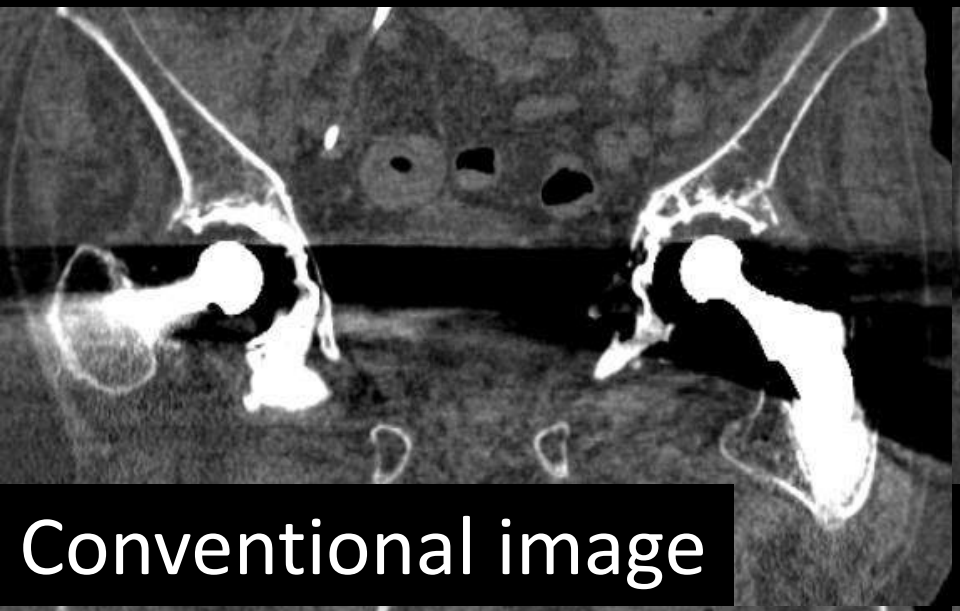
3.造影CTでの有用性

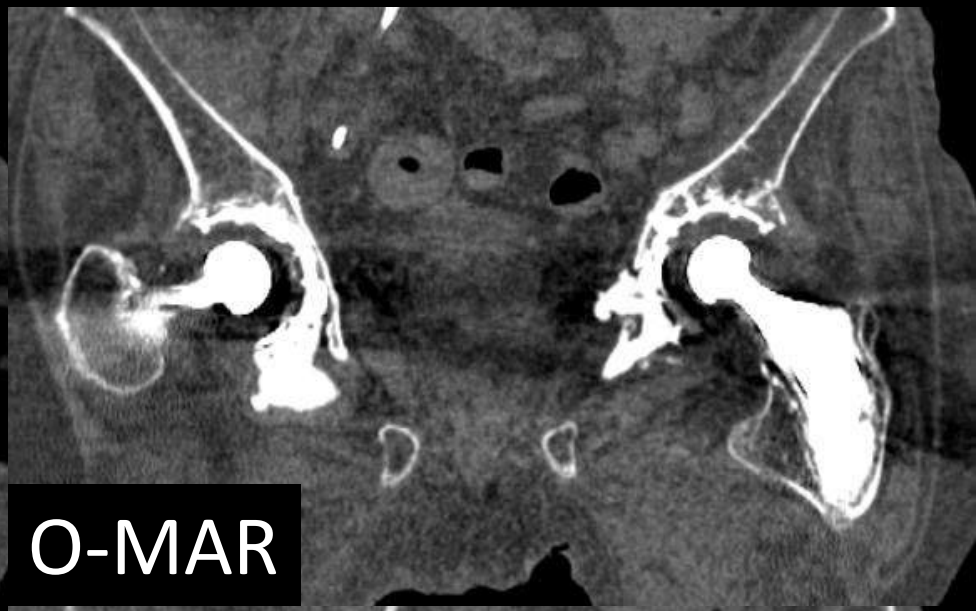
IQonスペクトラルCTの有用性

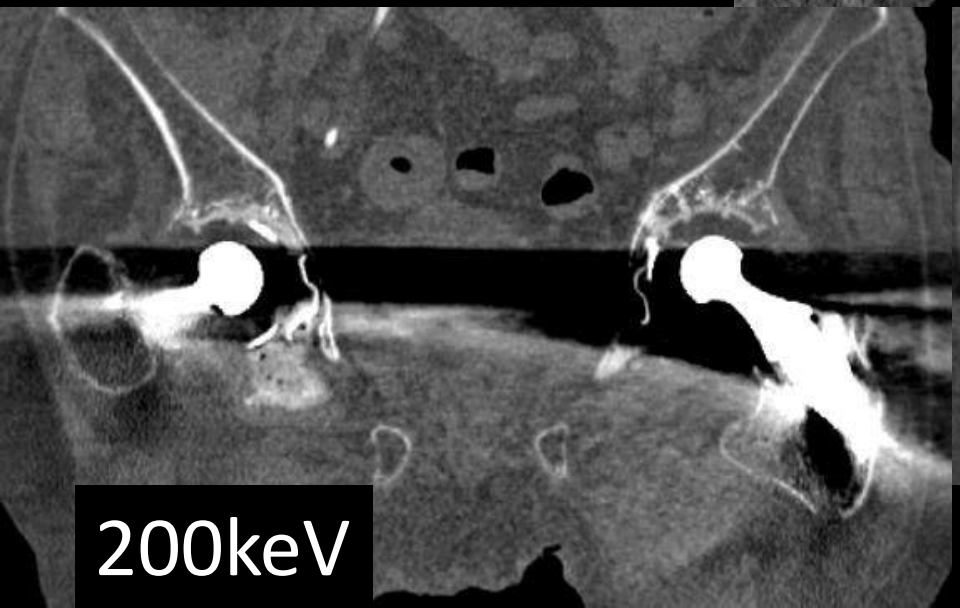
単純CT

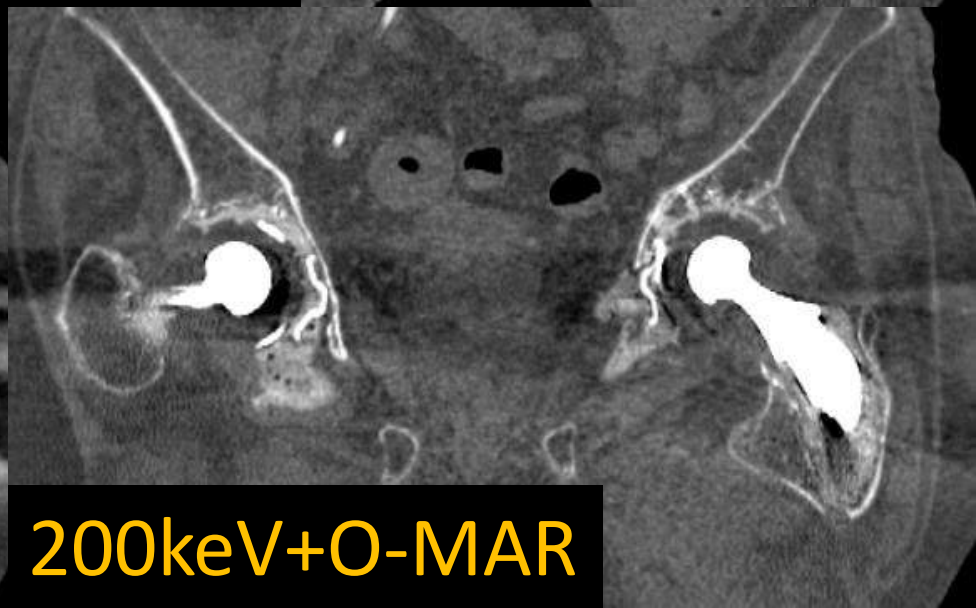
高エネルギーレベル
の仮想単色X線画像

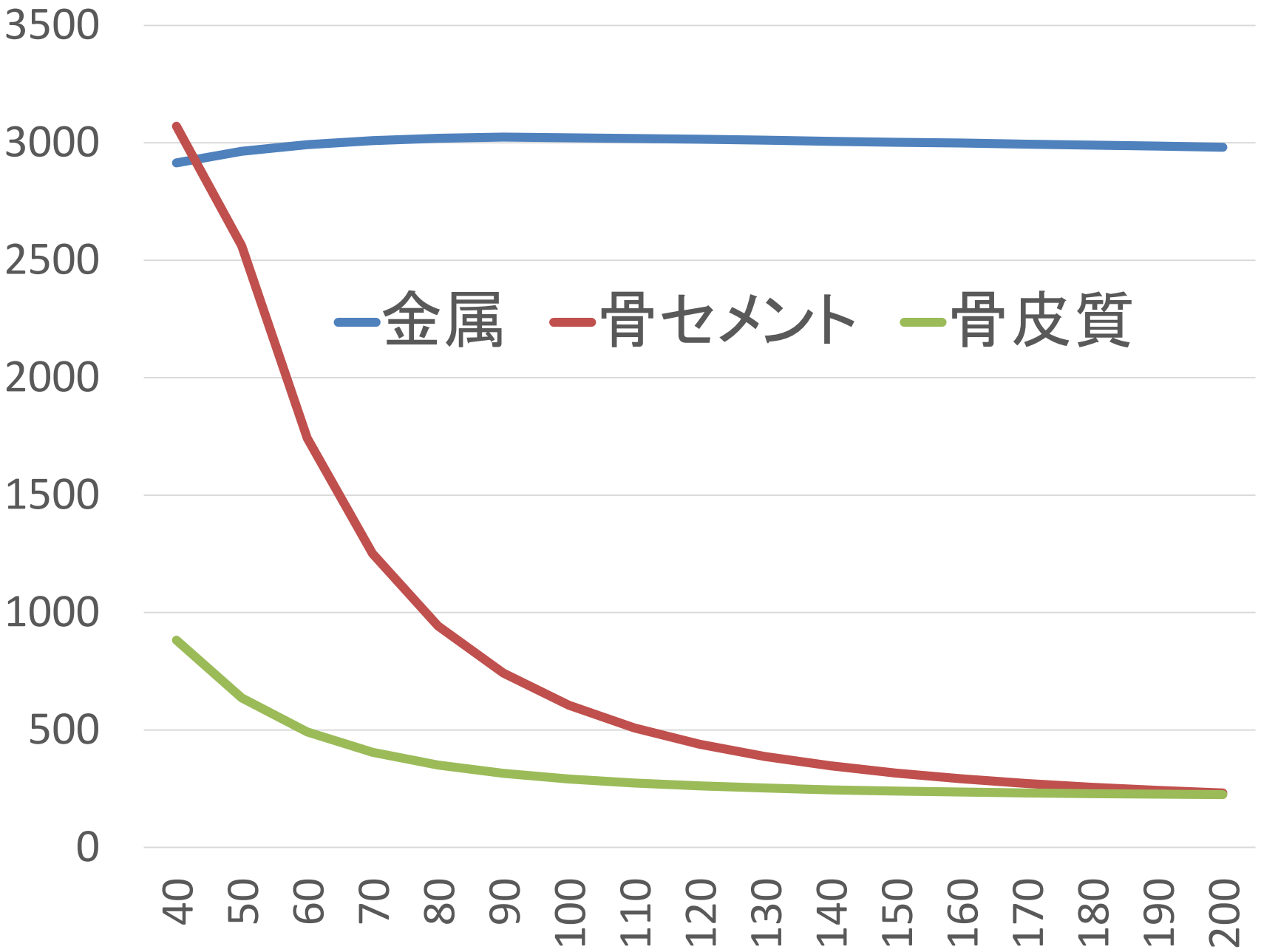
86M 人工骨頭術後熱発










3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
金属
骨セメント
骨皮質
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200

80M, 発症から3時間後の急性期脳梗塞疑い

5mm

1mm

80M, 発症から3時間後の急性期脳梗塞疑い

5mm

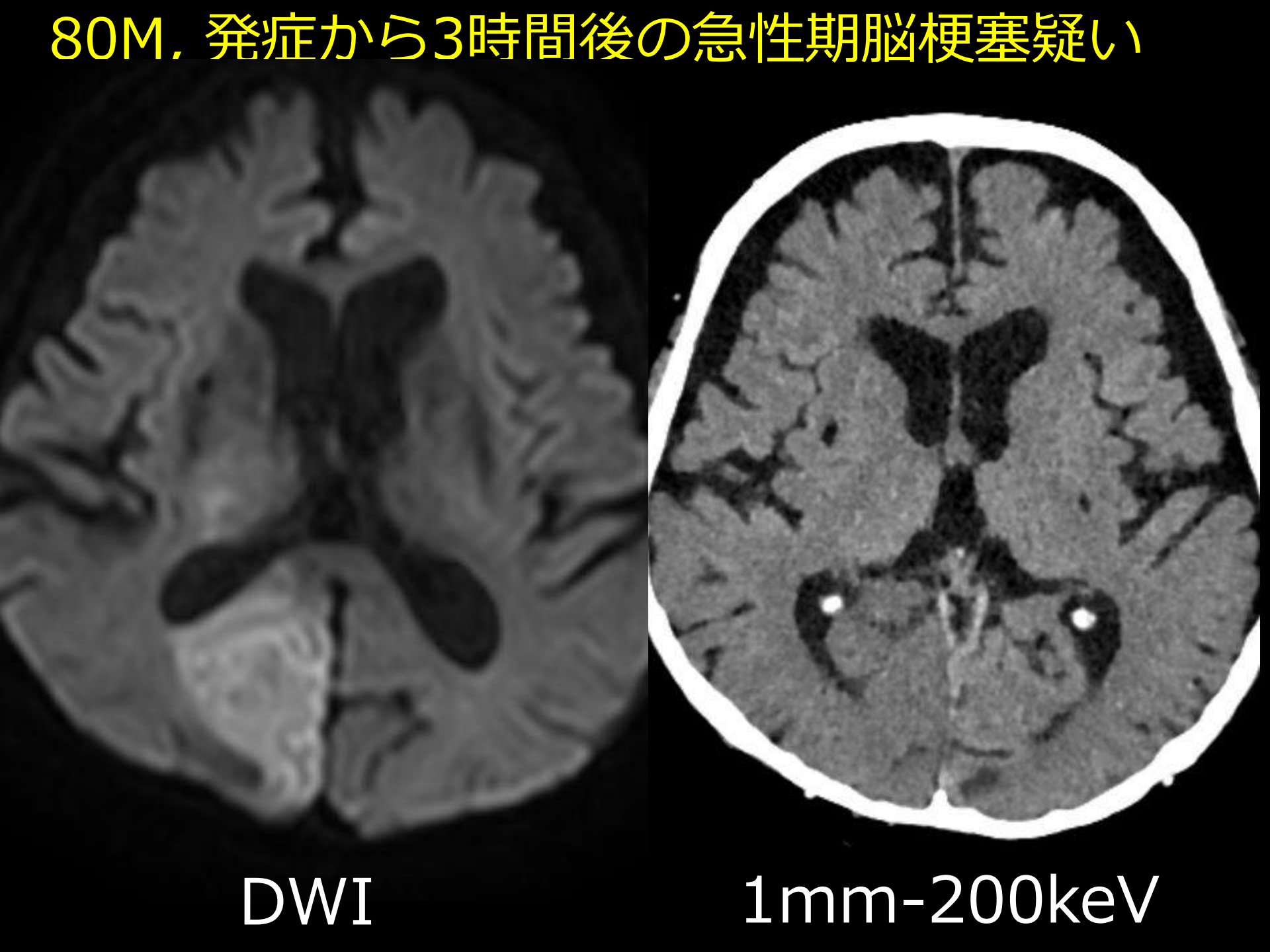
1mm-IMR

80M, 発症から3時間後の急性期脳梗塞疑い

5mm

1mm-200keV

80M. 発症から3時間後の急性期脳梗塞疑い



IQonスペクトラルCTの有用性

単純CT

低エネルギーレベルの仮想単色X線画像

症例：78歳男性

主訴：発熱、嘔吐、悪寒

現病歴：前日より上記主訴出現したため他院来院。検査データより胆管炎が疑われ、当院に紹介となった。

検査所見： WBC: 17100, CRP: 15.79, T-bil: 5.2. GOT: 96, GPT: 166, γGTP: 42.3

検尿: ビリルビン2+, ウロビリノーゲン4+

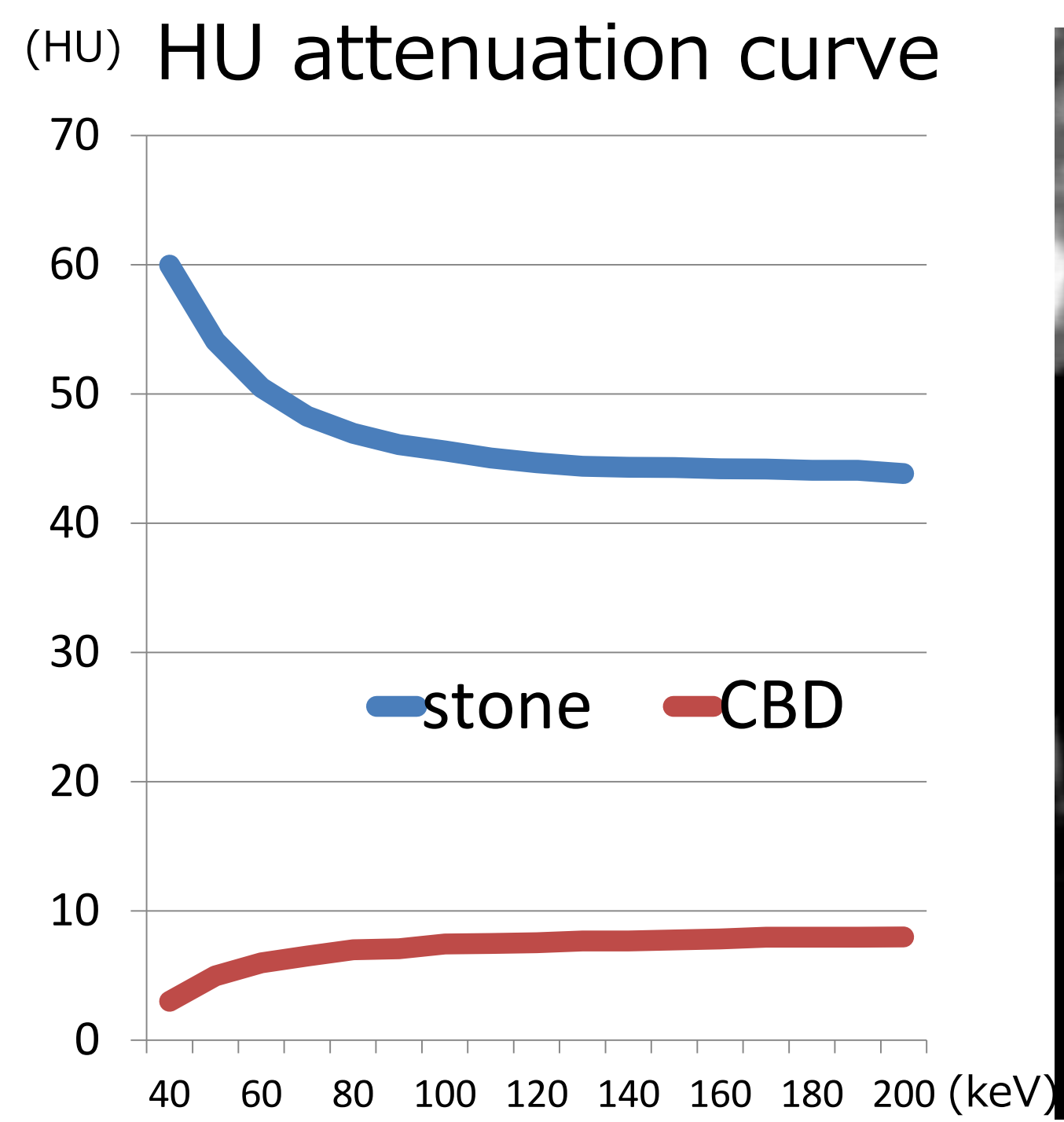
78M, 胆管炎疑い、胆道系閉塞機転は？

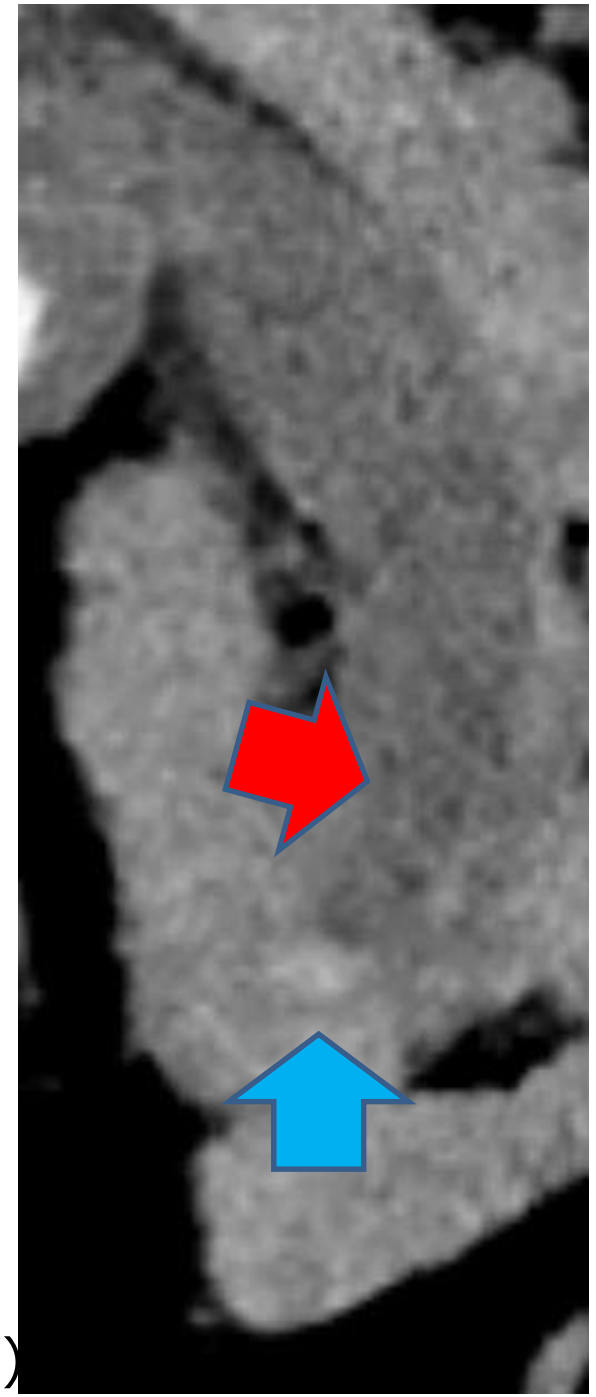
総胆管結石嵌頓！

単純CT-MPR

単純CT-40keV-MPR

HU attenuation curve

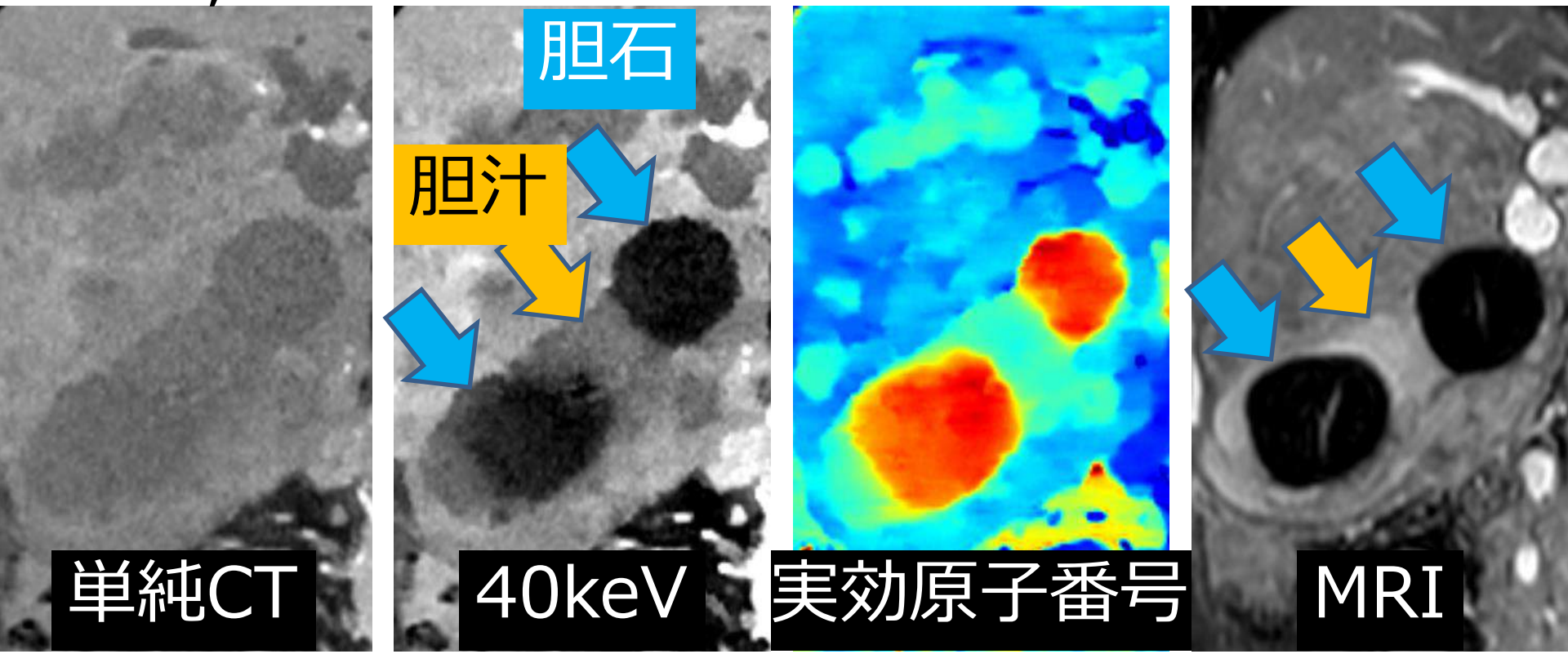


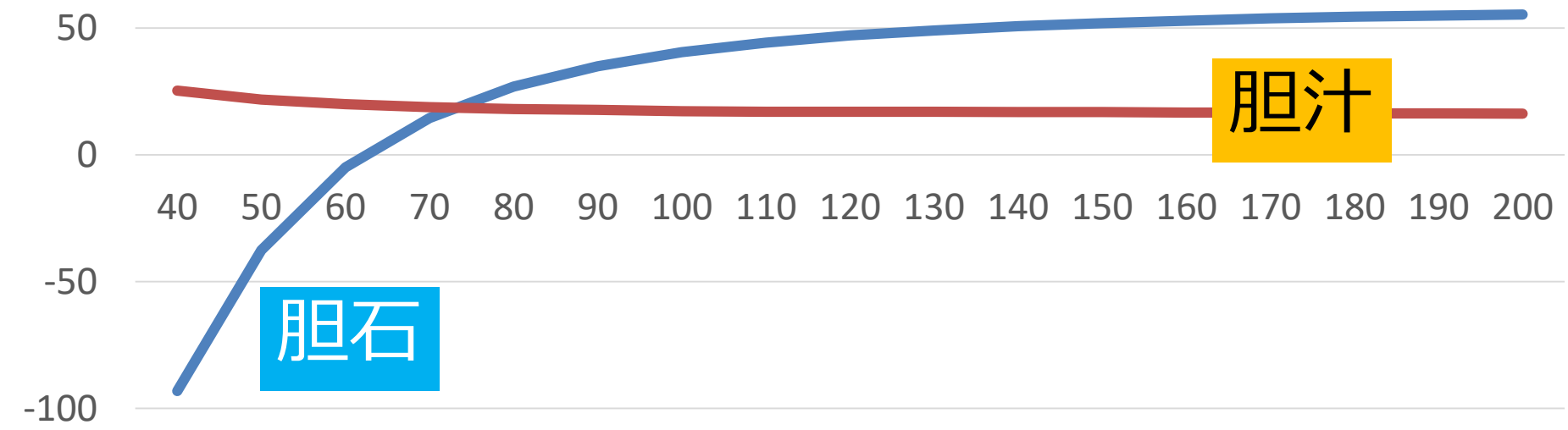


78M, 胆管炎疑い、胆道系閉塞機転は？

バルーンにて採石

74M, 胆石は？


胆石
胆汁
単純CT
40keV
実効原子番号
MRI


50
0
-50
-100
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
胆汁
胆石

IQonスペクトラルCTの有用性

1.物質弁別機能

2.単純CTでの有用性

3.造影CTでの有用性

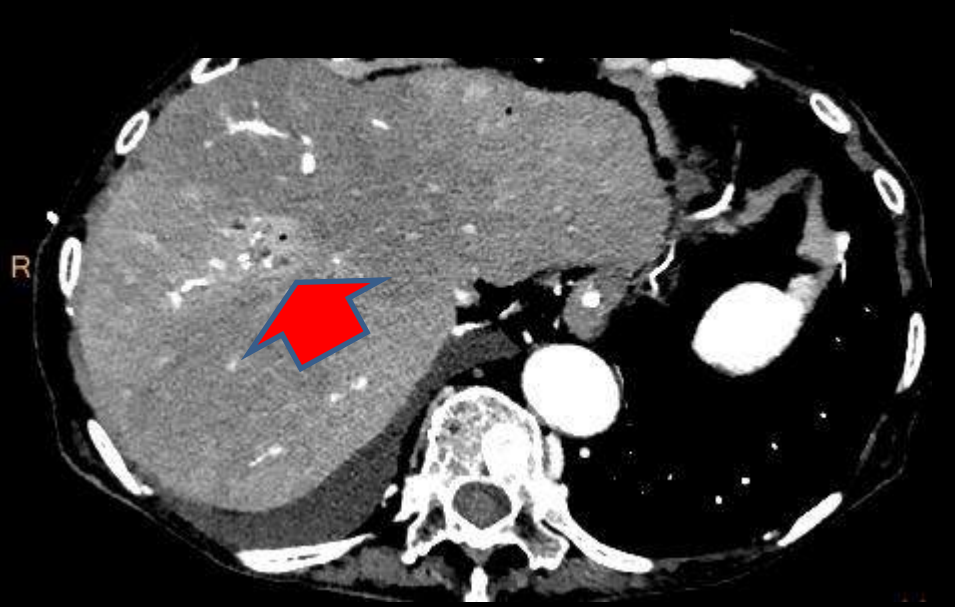
低エネルギーレベル
仮想単色X線画像

造影CTに最適！

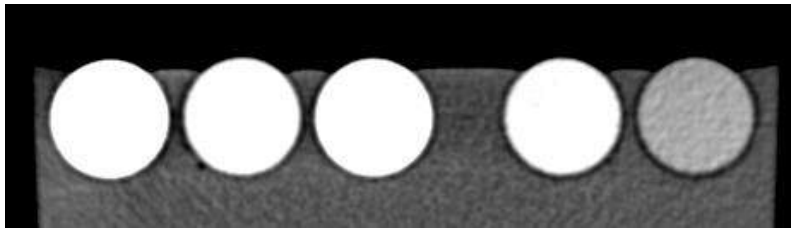
83F, 熱発・腹痛→胆管炎と肝膿瘍

iDose^{4}L4

55keV



希釈造影剤を用いた MonoEにおけるCT値の変化



HU

(mgI/ml)

1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0

590
430
290
250
120

40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200

keV

IQon spectral CT -造影でのインパクト-

→最大4倍の造影効果(120kVp比較)

☆最大造影効果4倍

☆最大造影剤減量1/4

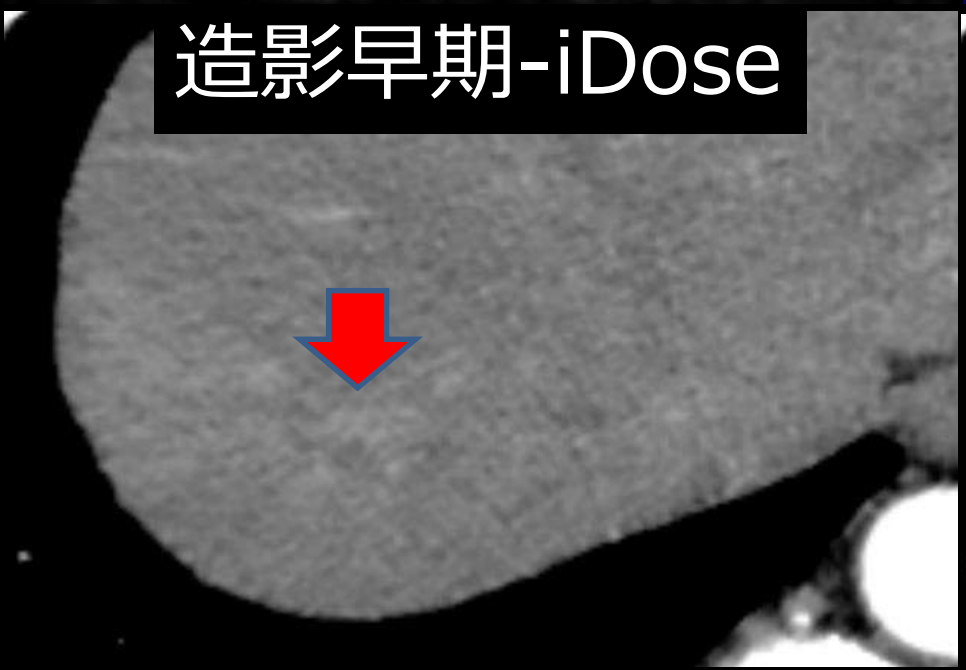
☆後から何とでもなる!?

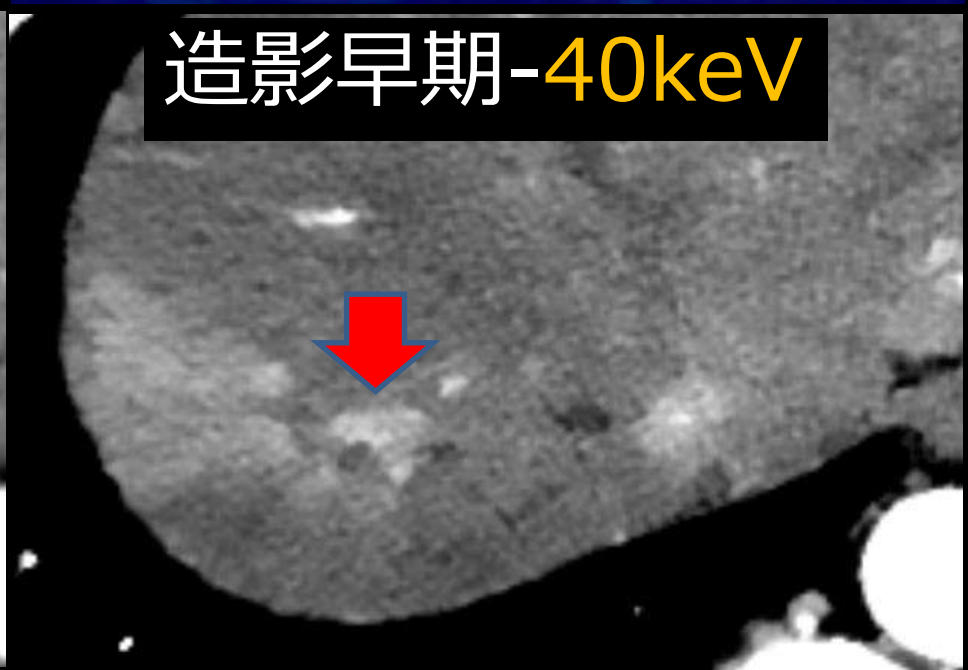
74M, 膵癌術後経過観察、転移の有無評価

620mgI/kg×50kg/370mgI×0.8=67ml

40keVでは100kVpの3倍の造影効果

67ml×3=201ml(370mgI)使用と同等



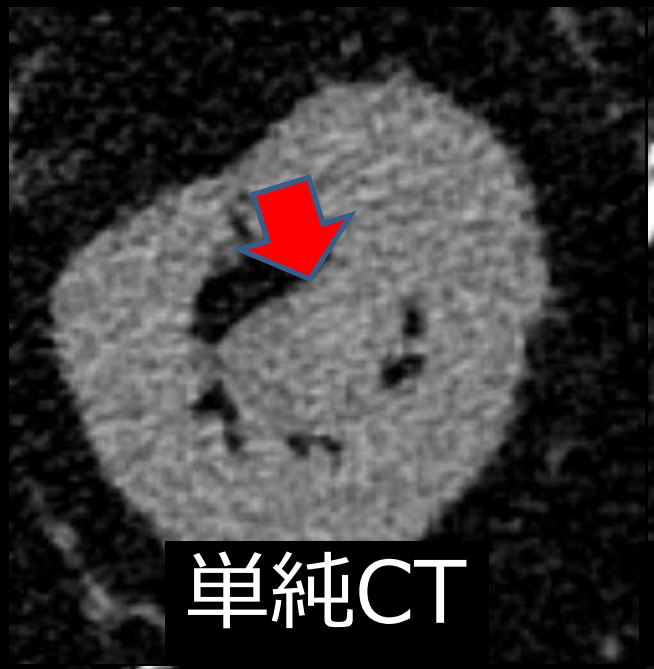


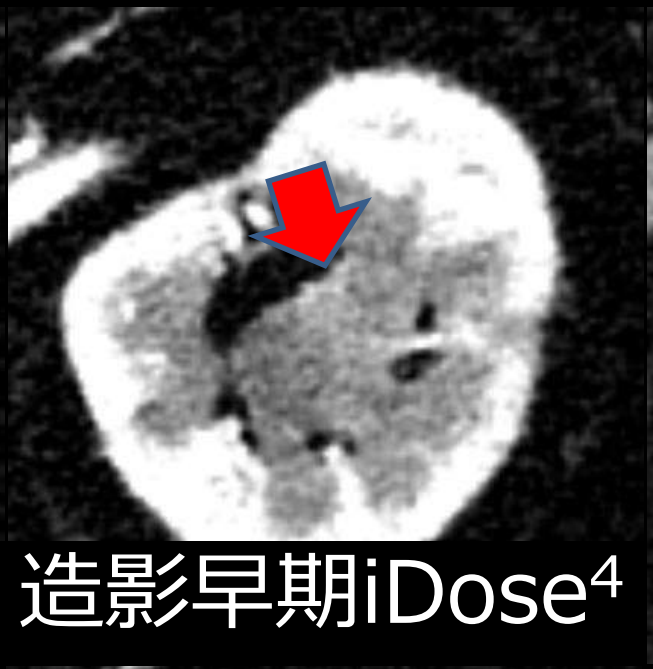
64M, lung cancer liver meta.

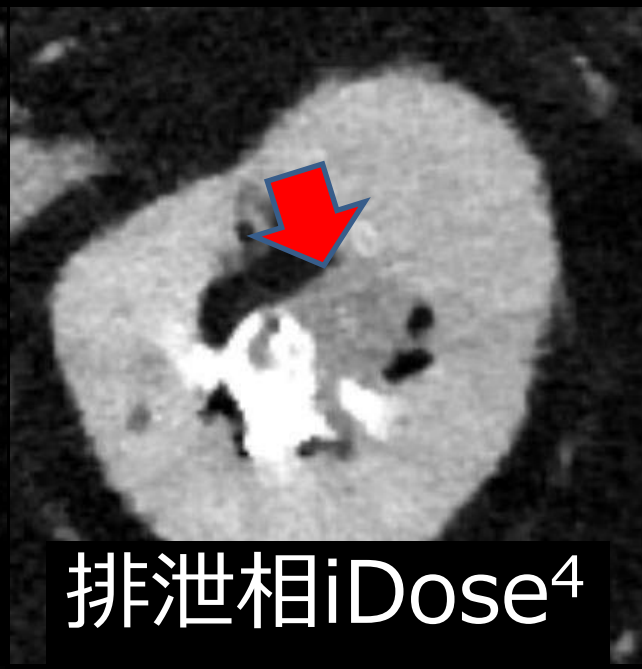
conventional

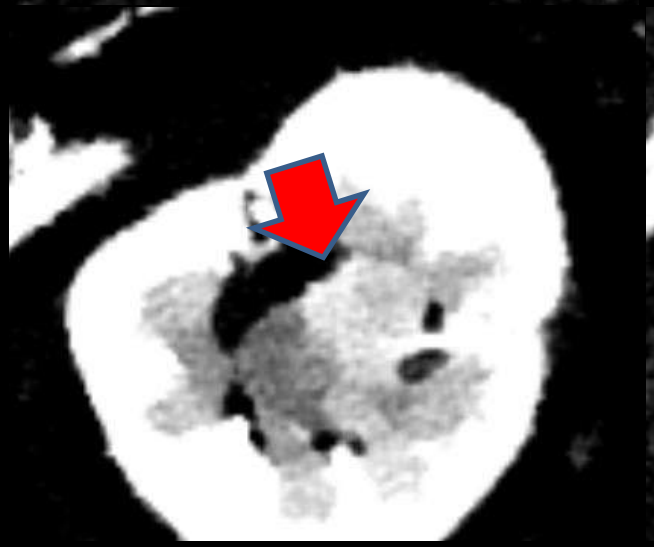
40keV

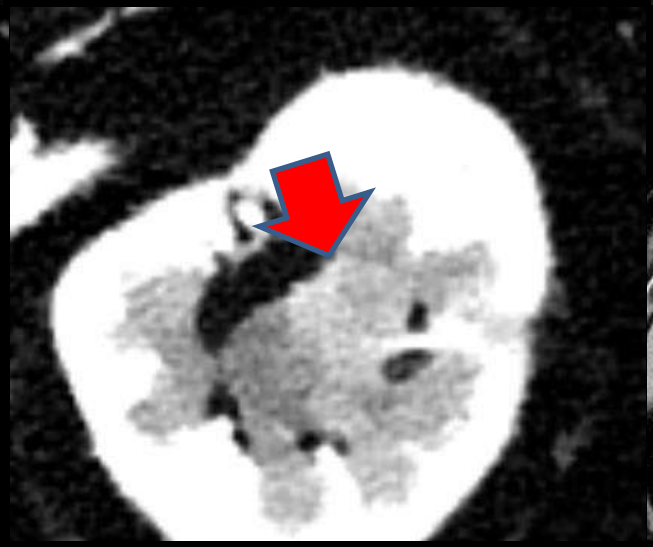
79M, 血尿精査


単純CT

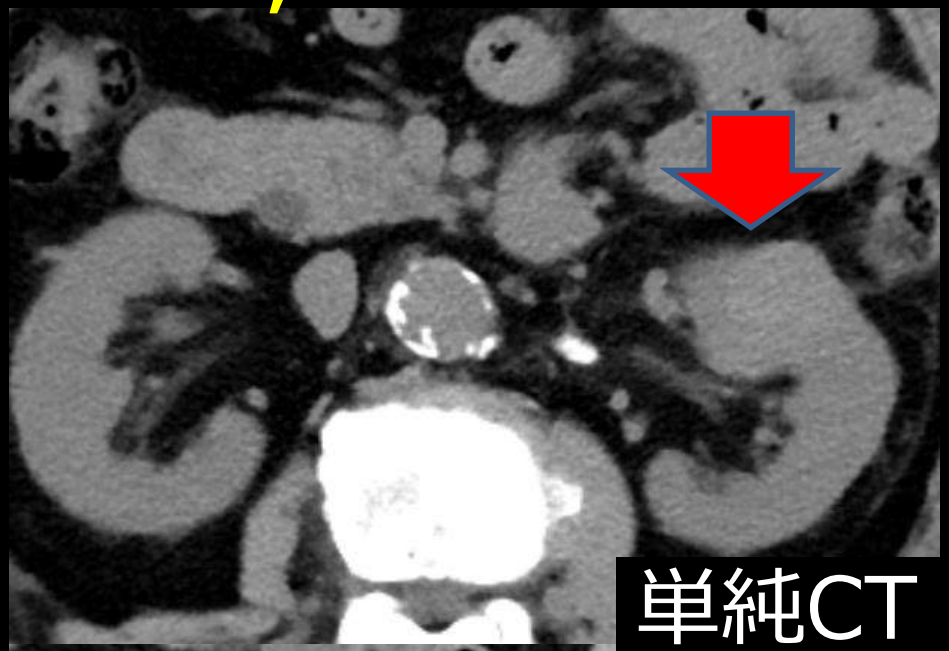

造影早期iDose^4

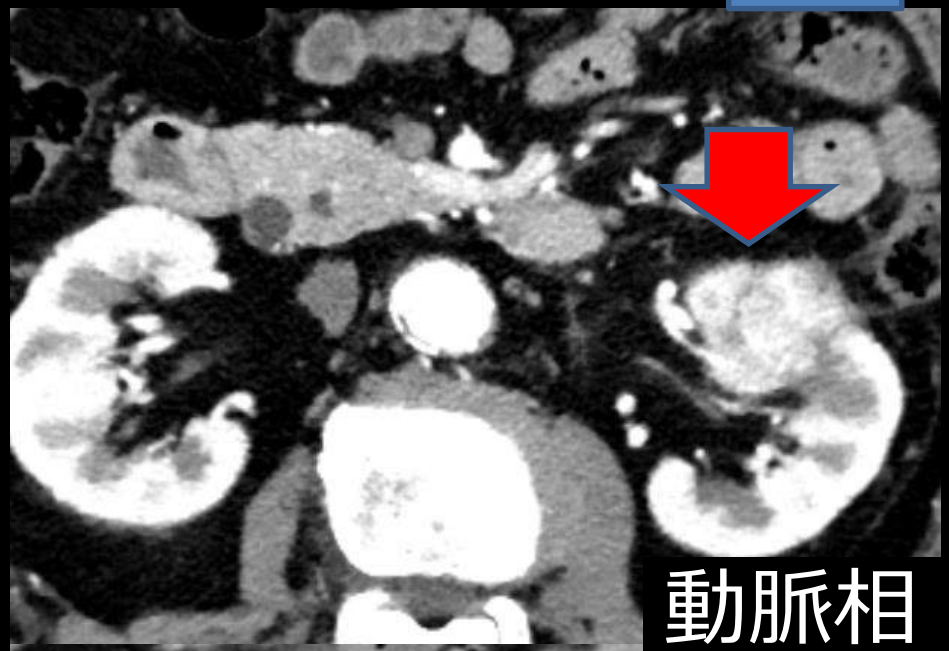

排泄相iDose^4

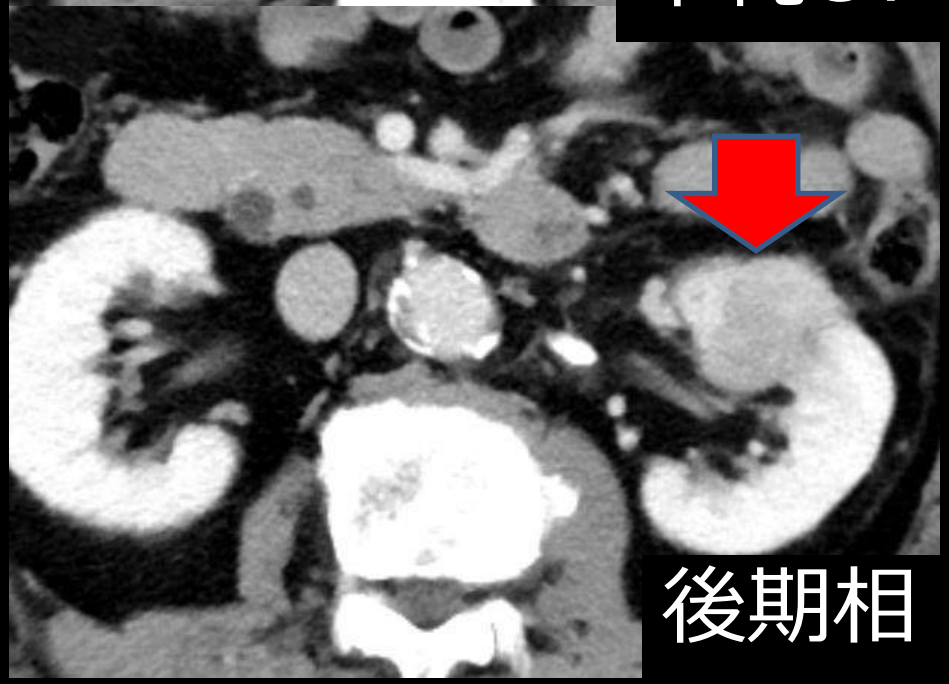

造影早期40keV

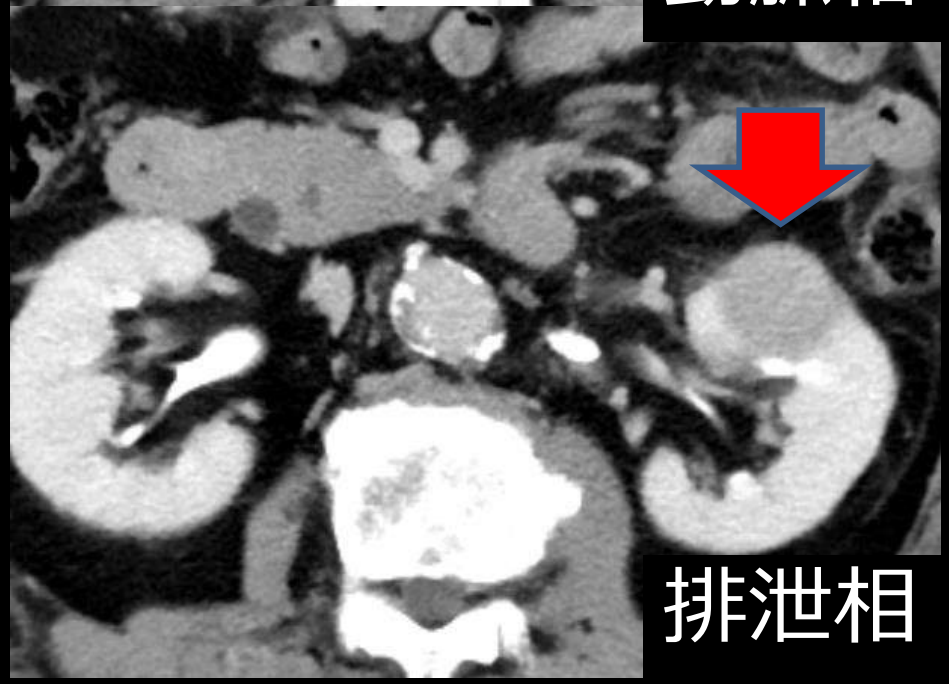

造影早期55keV

76M, 左腎癌部分切除後の再発

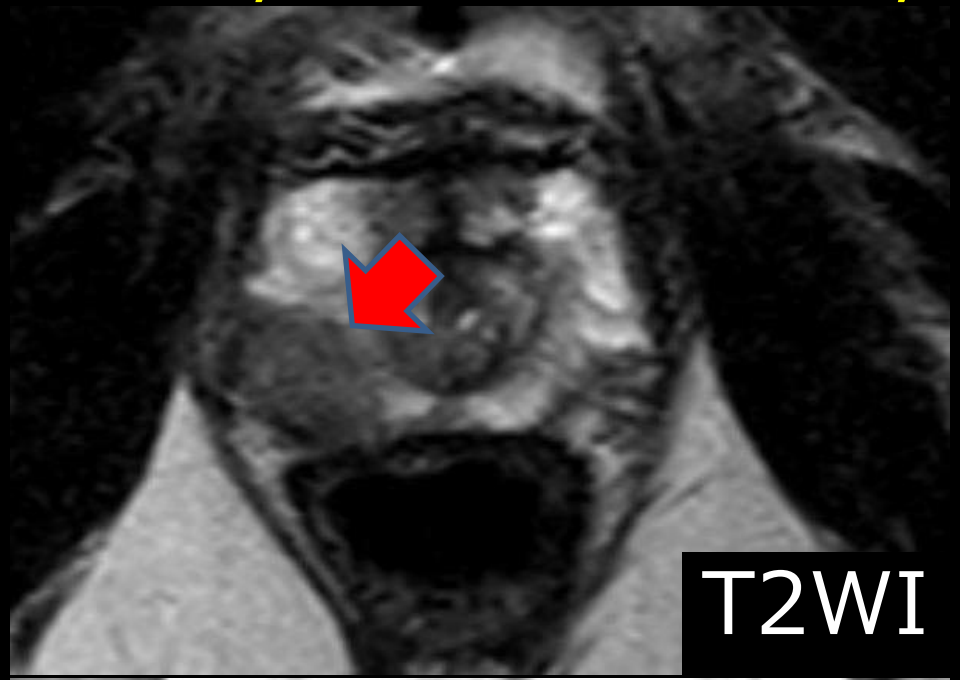


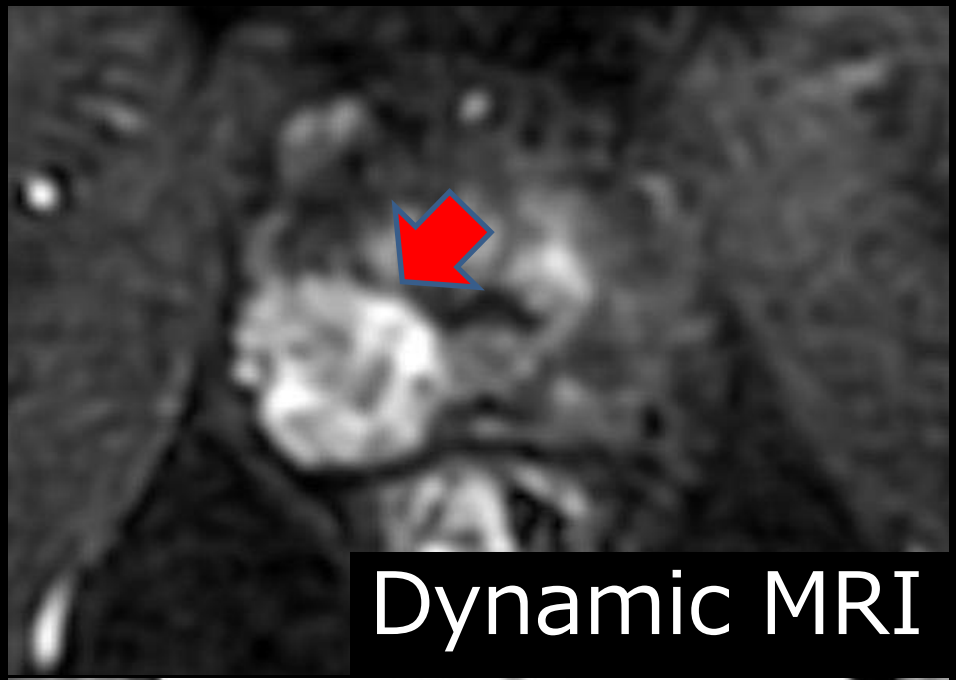


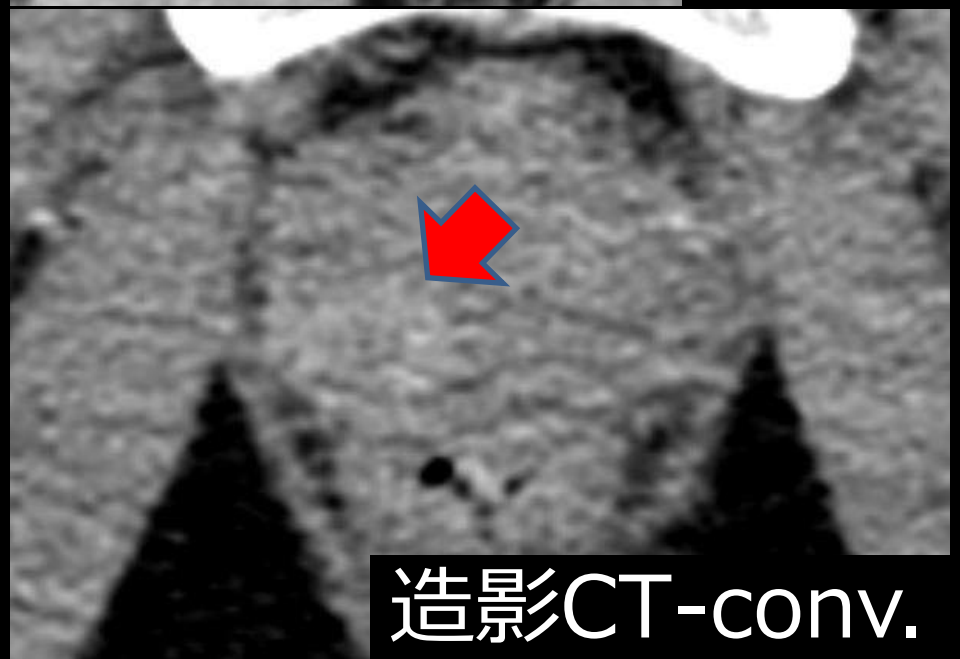


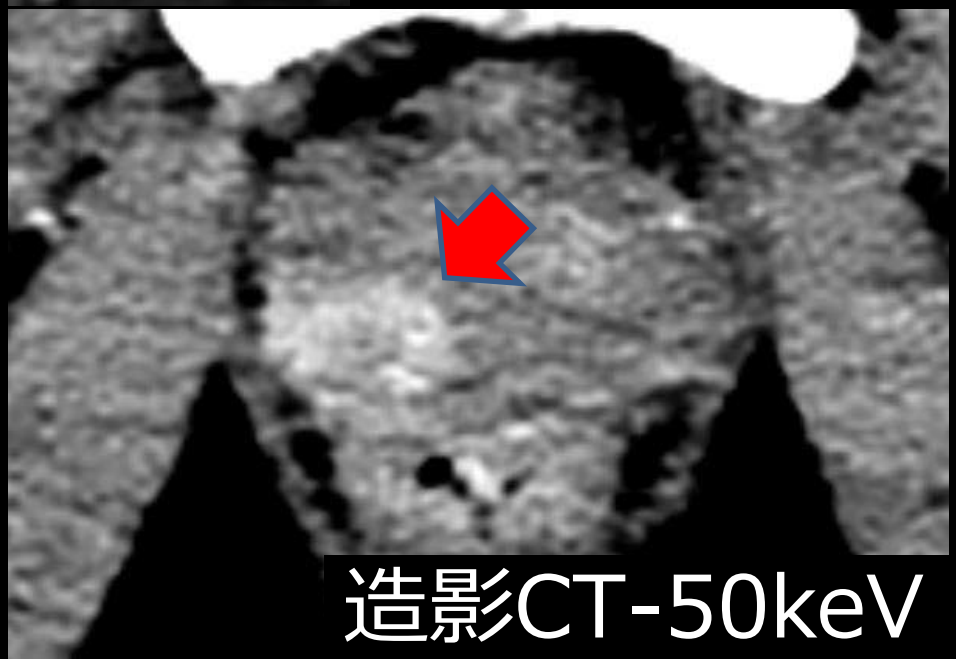


55M, 前立腺癌疑い, PSA=7.51



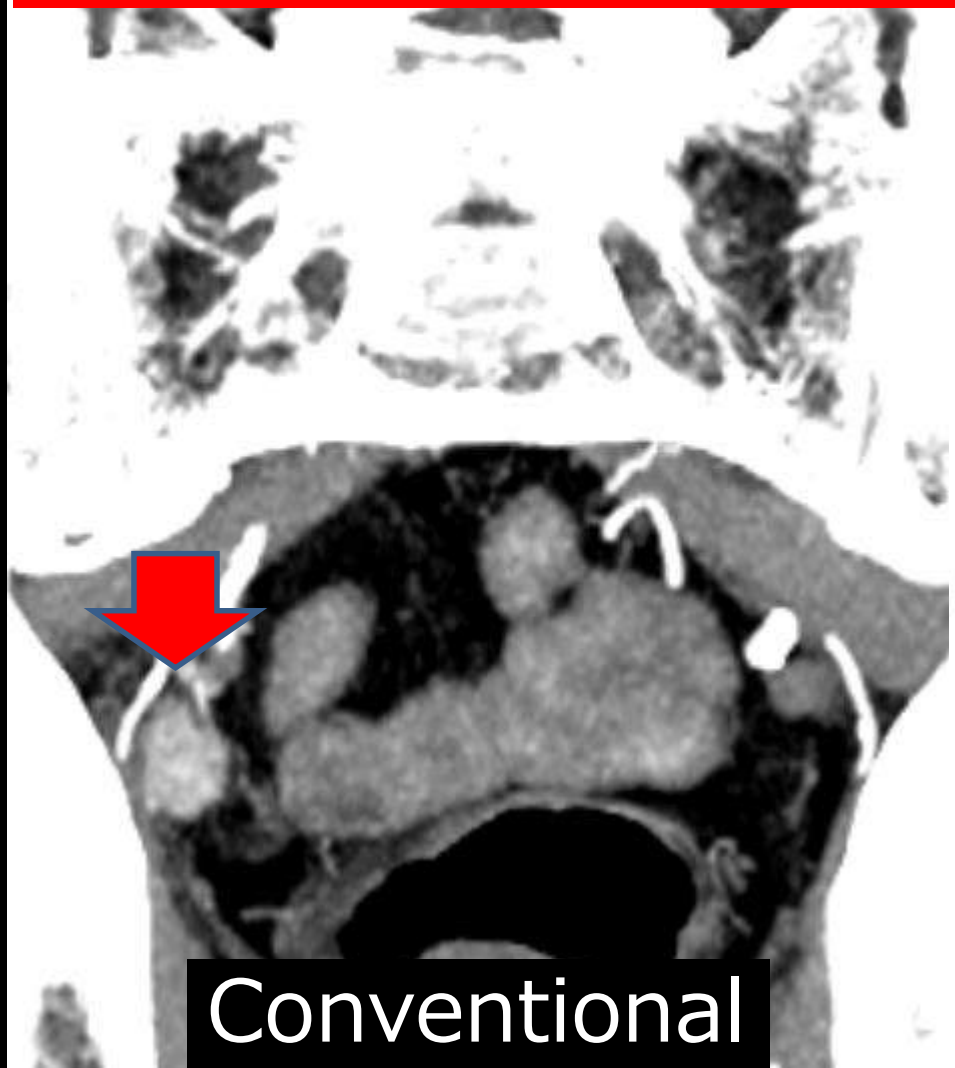


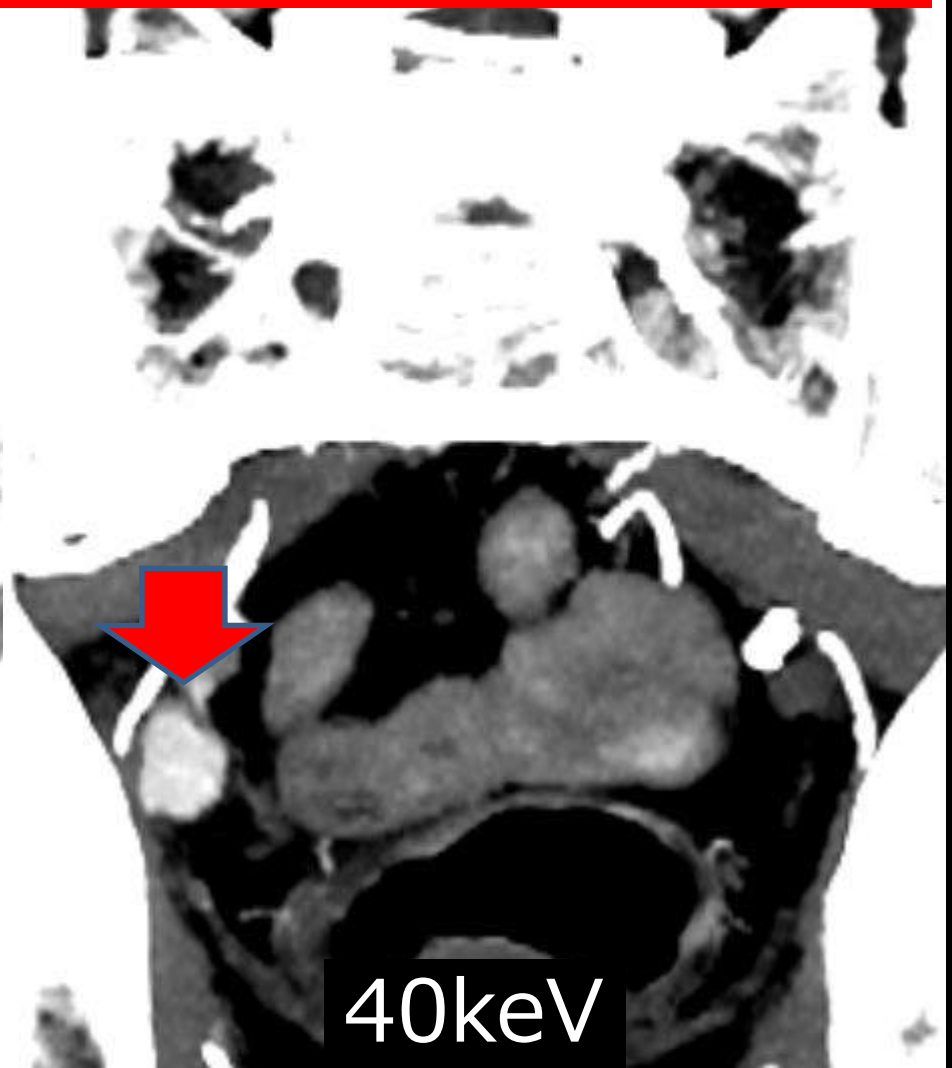




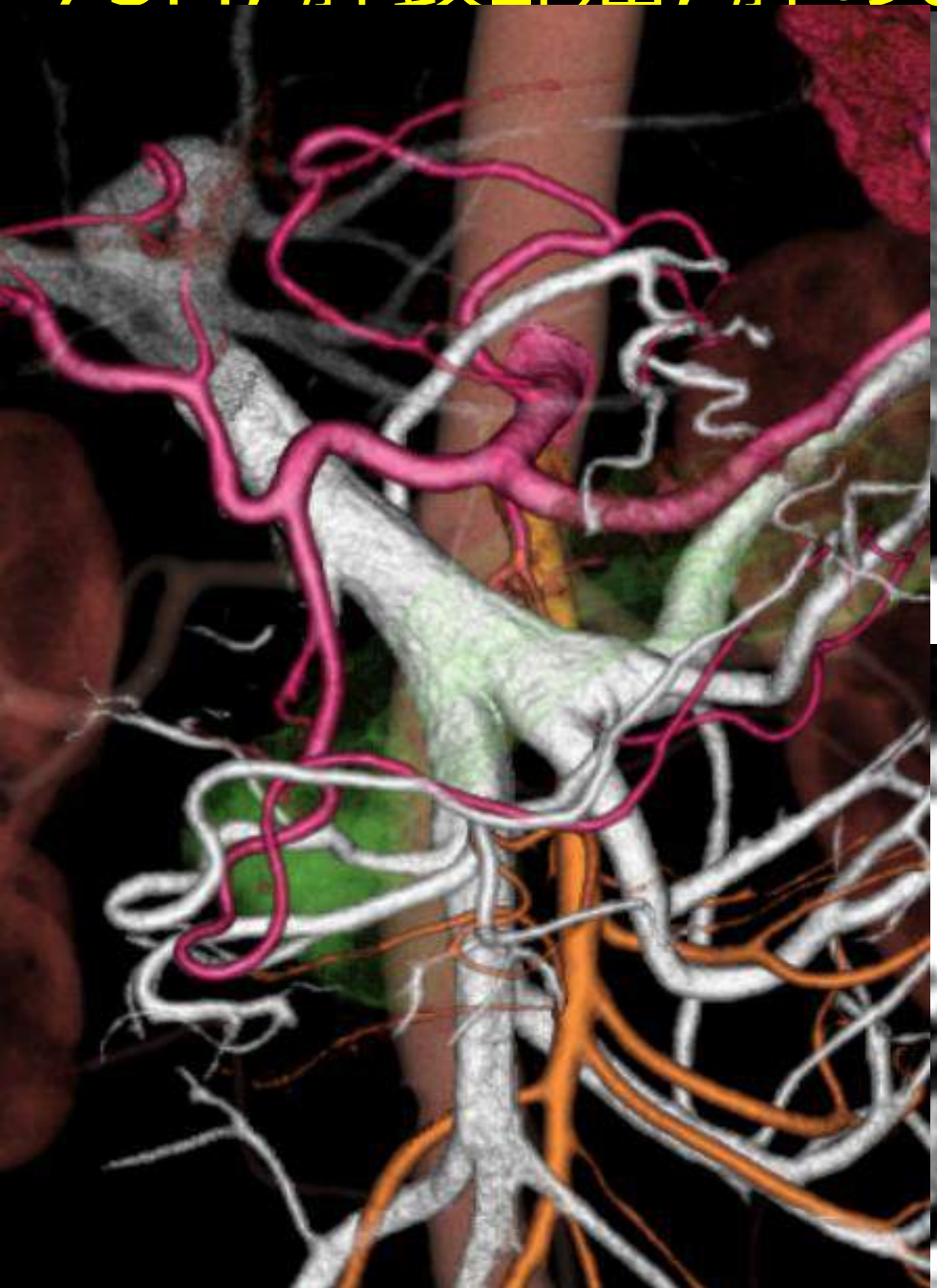
80M, 前立腺癌術後PSA14と著増

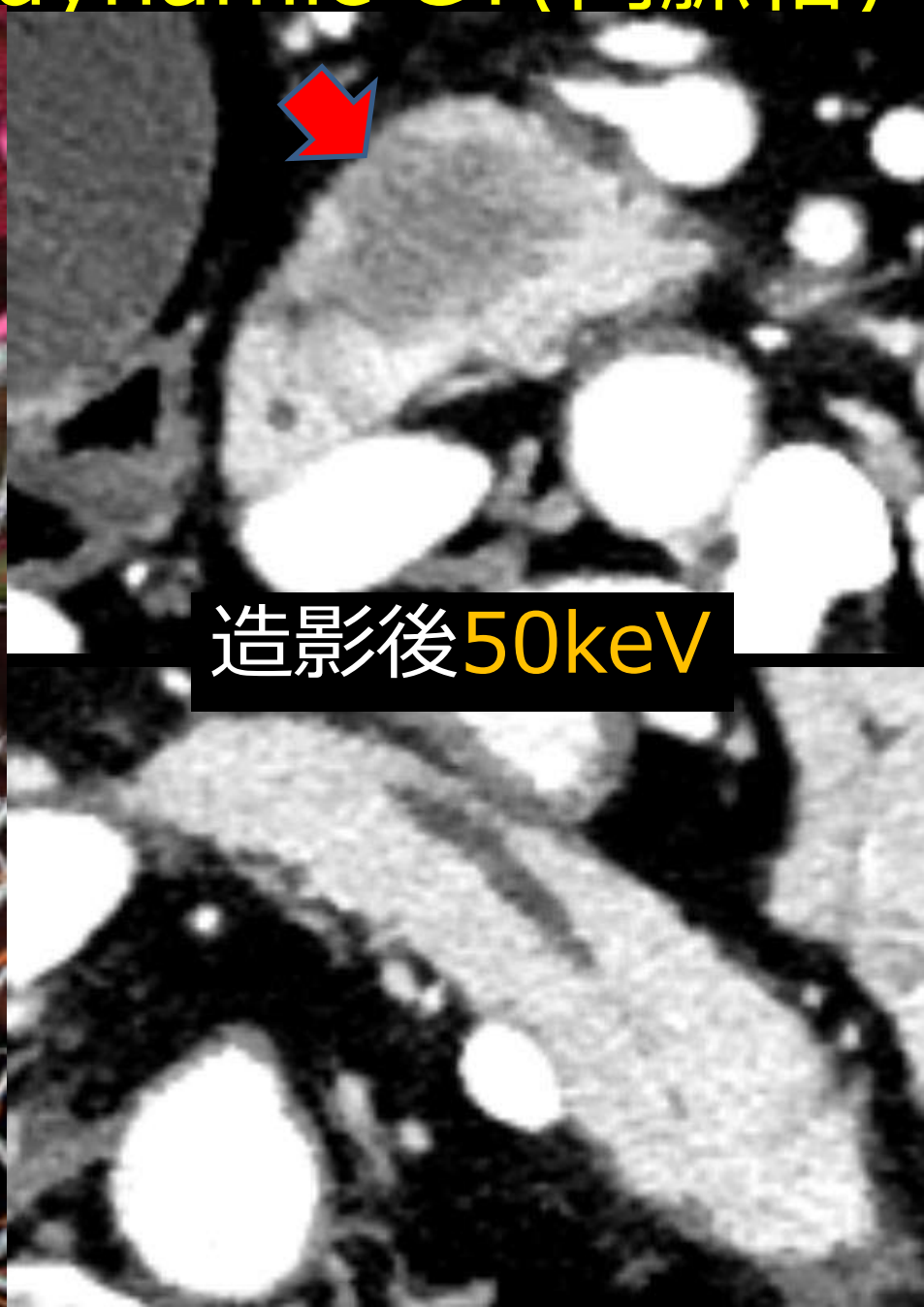
前立腺癌リンパ節転移





73M，膵頭部癌，膵のdynamic CT(門脈相)





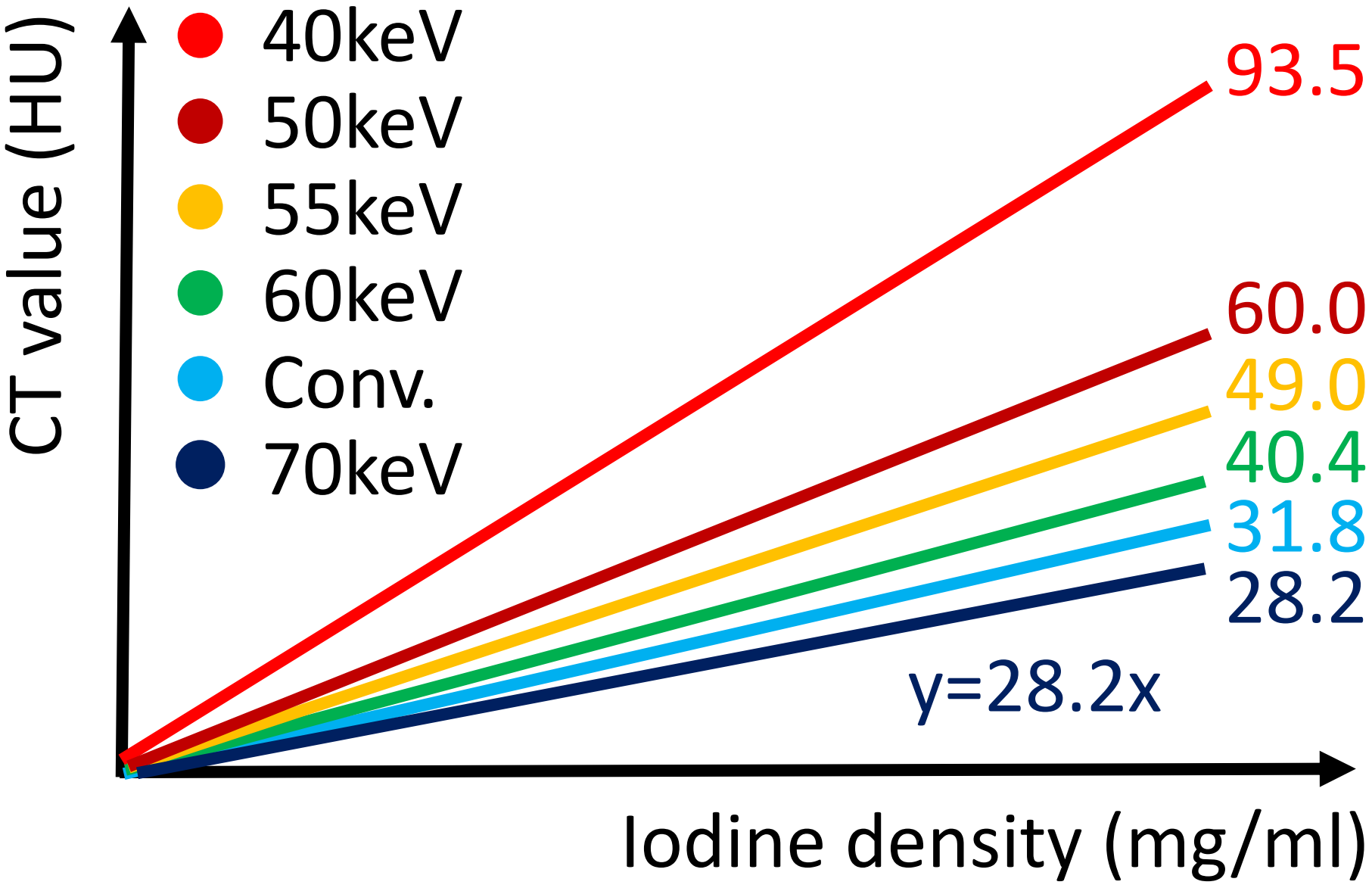
造影能を担保した造影剤

大幅減量の大本命！

低エネルギーレベルの

仮想単色X線画像

CT Value (HU) vs iodine density (mg/ml)



希釈造影剤による造影効果の検討

-120kVpと同等造影効果造影剤量-

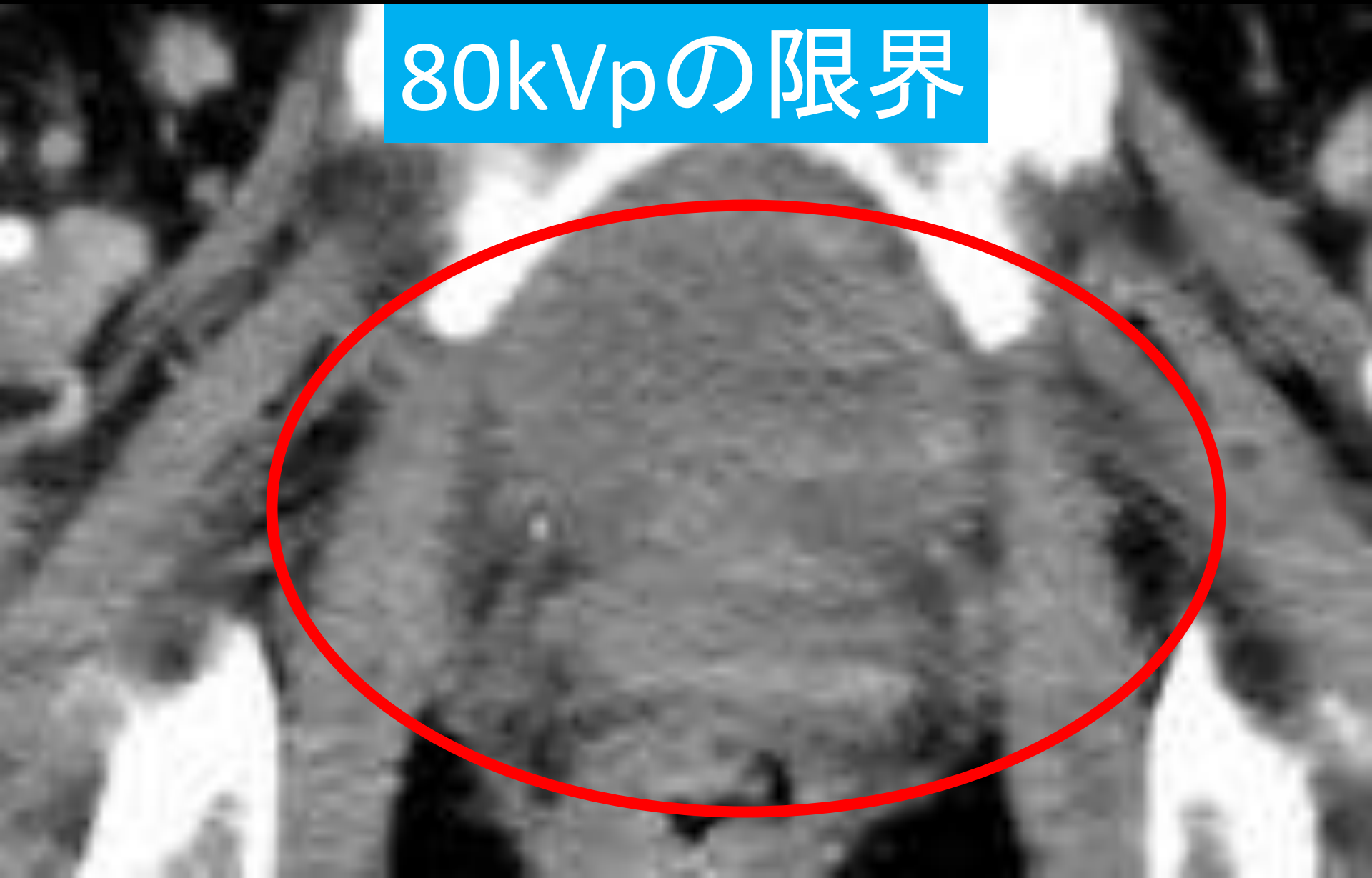
でも、どうせ・・

低エネルギー画像って

ノイズが

多いんでしょ？

低エネルギー画像＝ノイズ多い!?



72M, 尿管癌術後, 再発check、腎機能低下

80kVp

$CTDI_{vol}$ 11.3mGy

CE 60ml

55keV

$CTDI_{vol}$ 9.9mGy

CE 44ml

腎機能低下患者に対する

造影剤減量大作戦！

Part 1（腎機能↓）

50keV前提→造影剤60%減

87M, 下血, Hb↓, 緊急アンギオ？

緊急造影CTAが依頼された

☆ 造影剤血管外漏出の有無

☆ 緊急アンギオのマッピング

☆ 腎機能低下, eGFR=30 !!

造影剤量考慮

87M, 下血, Hb↓, 緊急アンギオ？

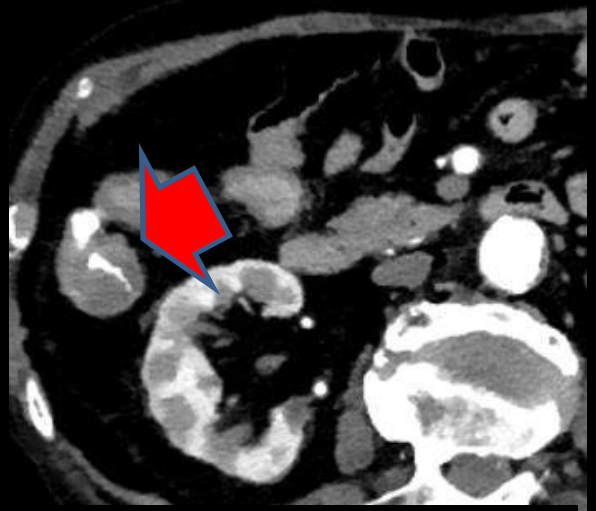
- ☆ 造影剤血管外漏出の有無
- ☆ 緊急アンギオのマッピング
- ☆ 腎機能低下, eGFR=30 !!

$620_{(mgI/kg)} \times 50_{(kg)} / 300_{(mgI/ml)} = 103_{(ml)}$

50keV

$103_{(ml)} \times 0.4 = 41_{(ml)}$

87M, 下血, Hb↓, 緊急アンギオ？



50keV動脈相

50keV後期相

TAE
target

extravazation

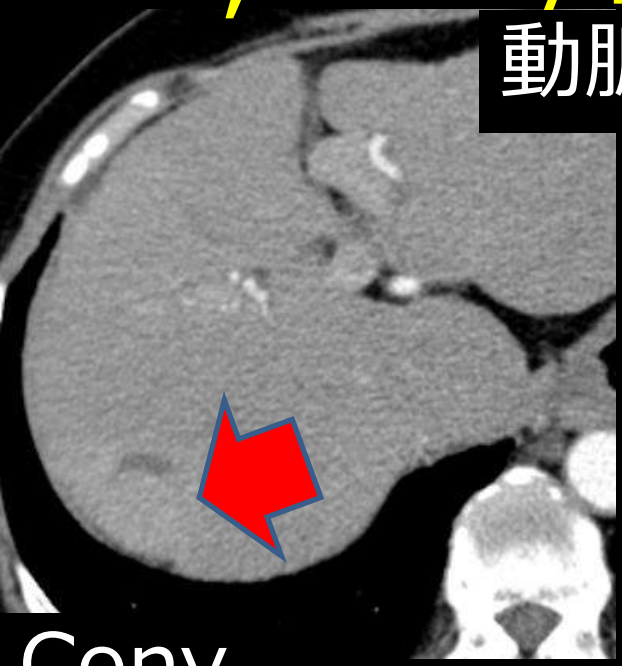
R A I

AO:2 CAU:1

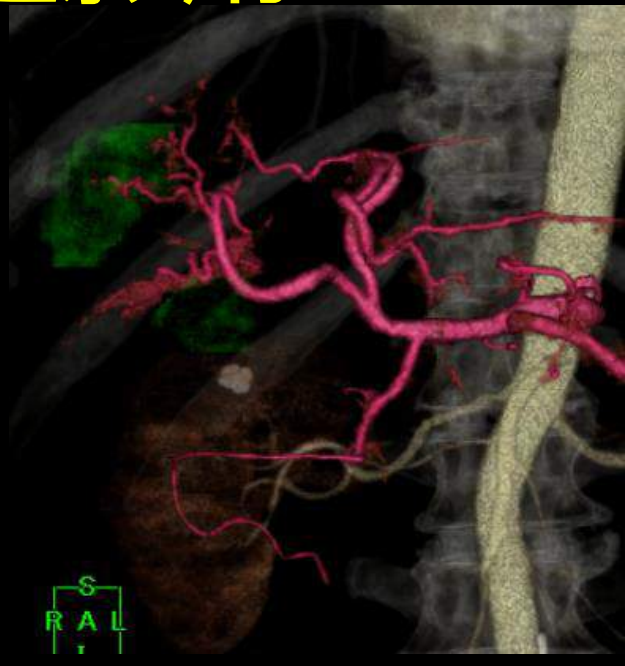
50keV動脈相

造影剤
最適容量
×0.4
Conv.
60keV
50keV
40keV

82F, HCC/腎機能障害/造影剤43cc

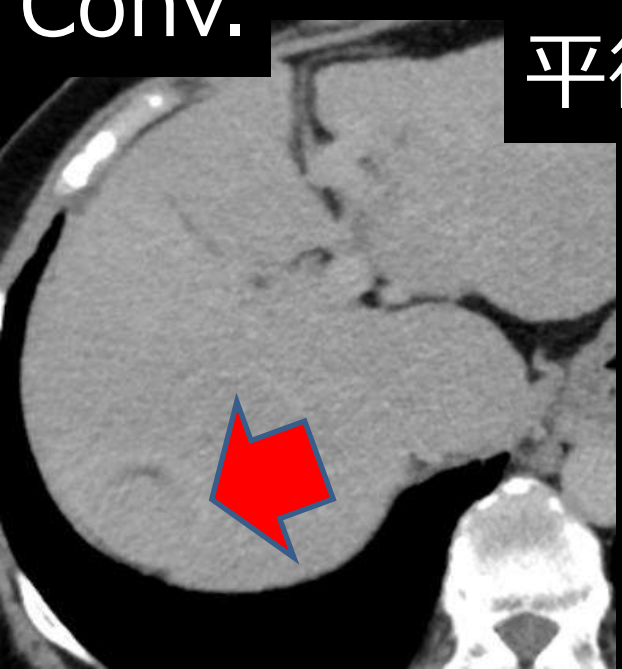


動脈

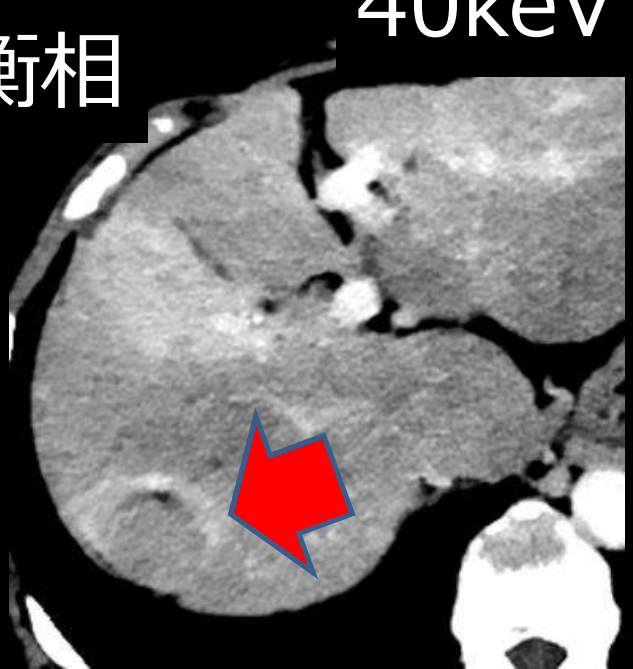


Conv.

40keV



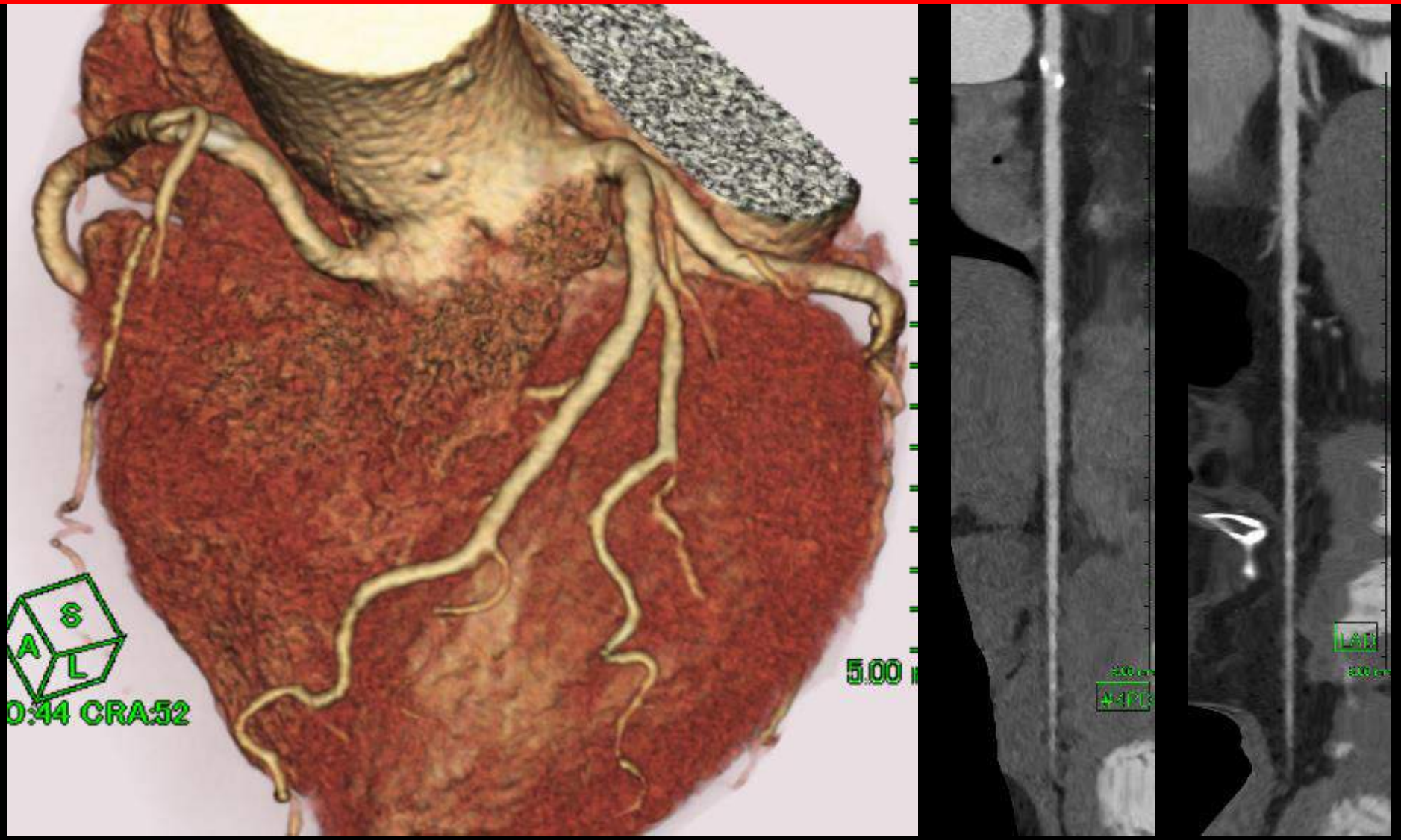
平衡相



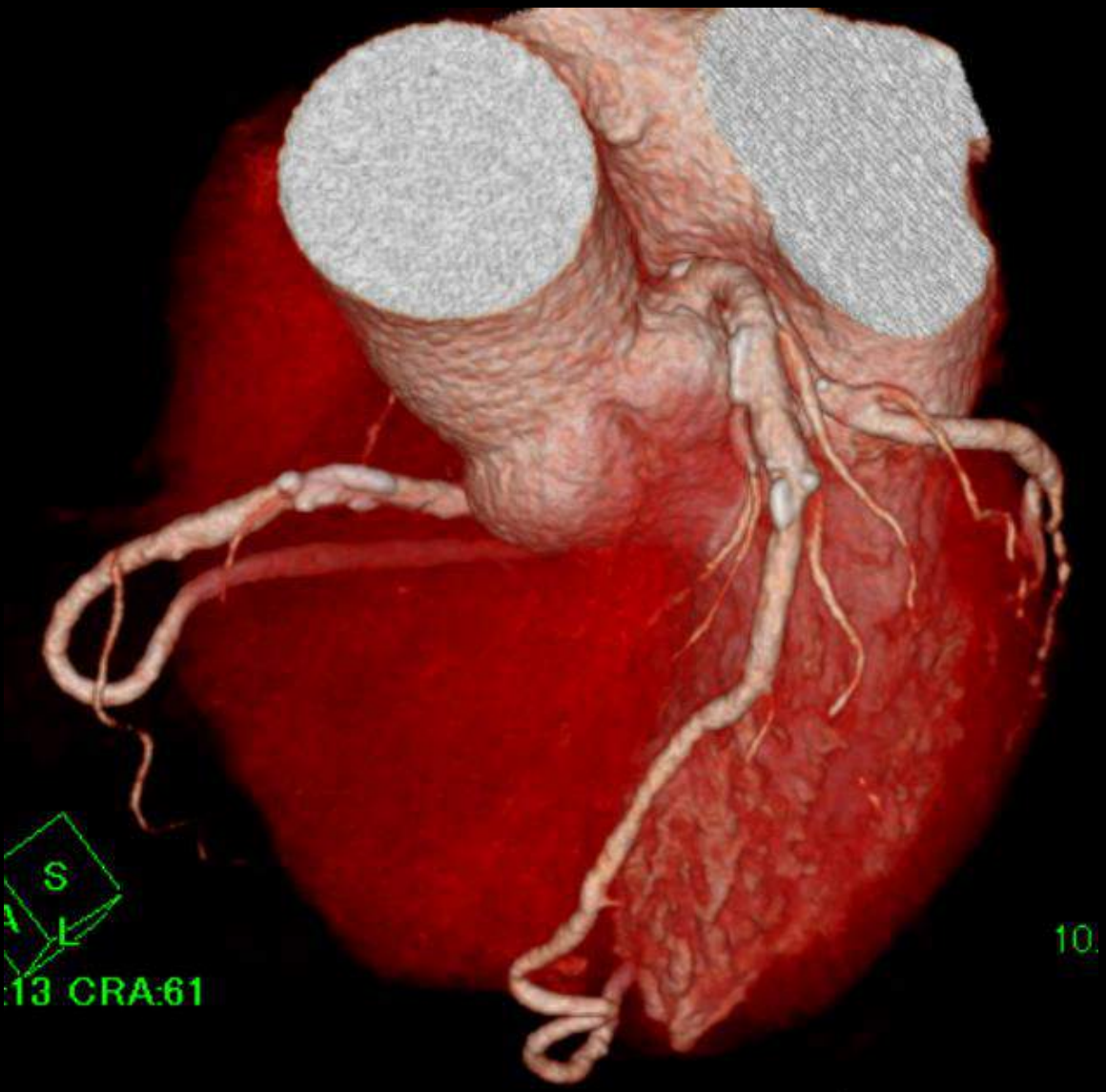
EOB肝細胞相

85F, 胸痛、BNP上昇、eGFR=46.1

高齢・腎機能障害→19mlの造影剤使用



19cc(57cc)+26cc(78cc)=45cc(135cc)!



腎機能低下患者に対する

造影剤減量大作戦！

Part 2(腎機能↓↓)

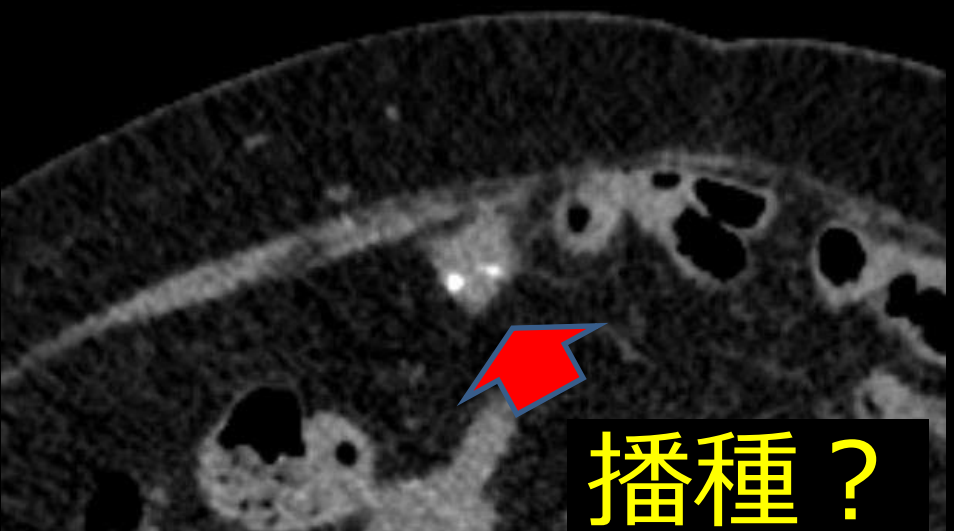
40keV前提→造影剤75%減

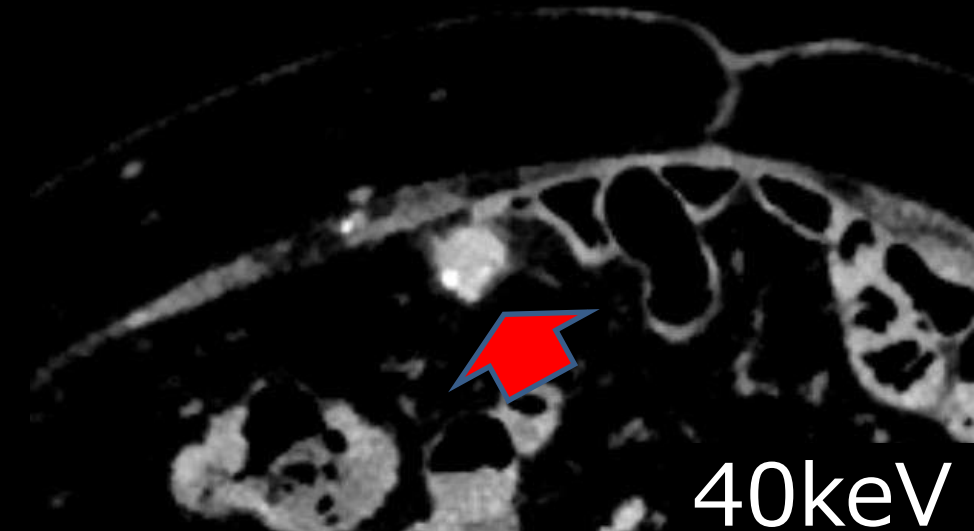
91F, colon cancer meta. check, eGFR=39.3

$550_{(mgI/kg)} \times 49_{(kg)} / 300_{(mgI/ml)} = 90_{(ml)}$

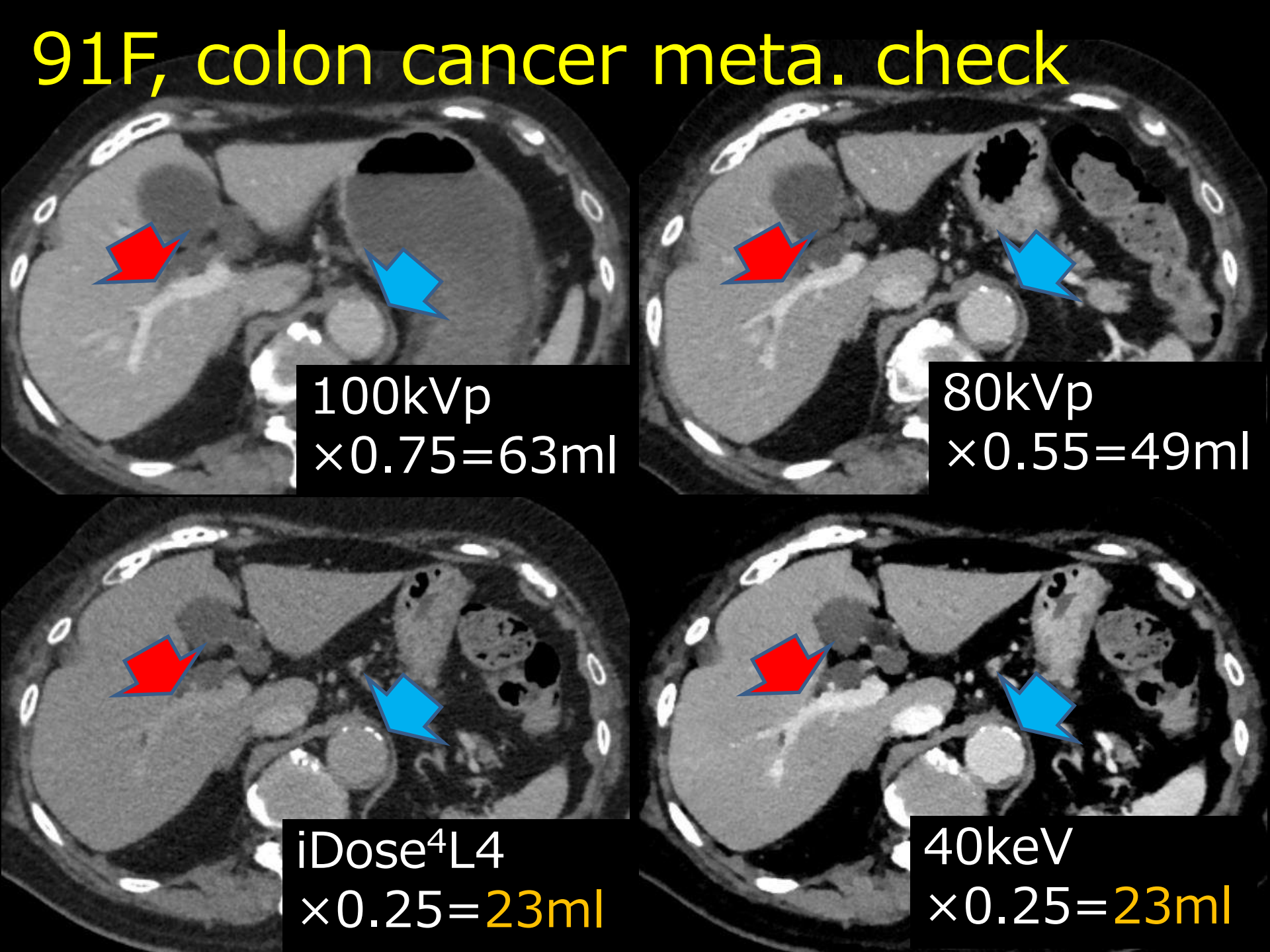
40keV

$90_{(ml)} \times 0.25 = 23_{(ml)}$





91F, colon cancer meta. check



造影剤を大減量するなら

造影剤注入法を

考えなおす？

造影剤減量と造影剤注入法

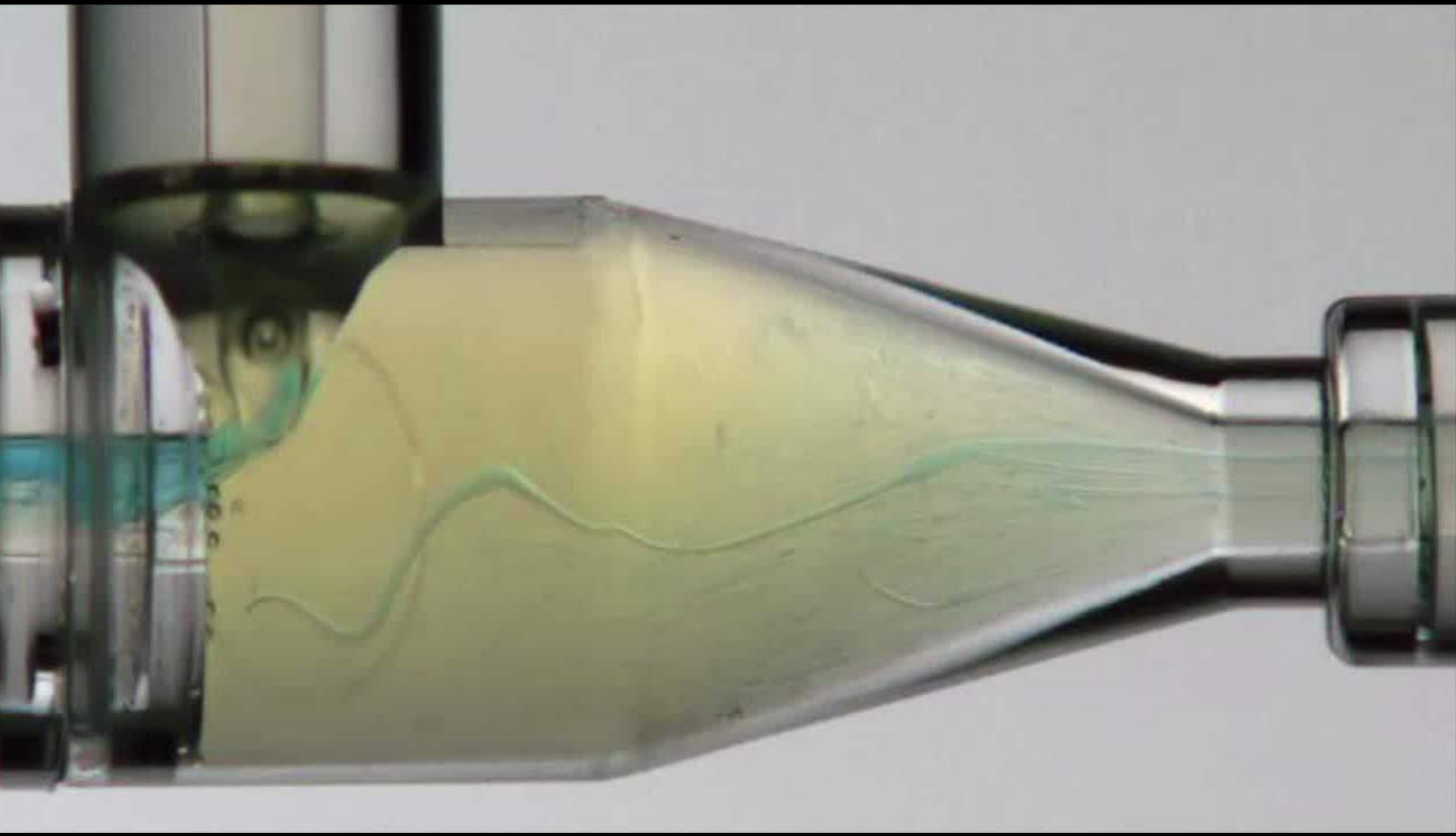
注入時間一定法　20秒

20ml　　80ml

1. 造影剤80mlを4ml/sで注入
2. 造影剤20mlを1ml/sで注入
3. ¼希釈造影剤80mlを4ml/sで注入

Spiral Flow Tube

Product by Nemoto Kyorindo co., Ltd.



High Speed Camera Image

2層式CT-IQon-の有用性

1. スペクトラルイメージを全ての症例で取得可能
2. 造影効果抜群、少量造影剤プロトコル設定可能
3. 目的に応じ様々な画像コントラスト取得可能