

第2回 九州CTフォーラム・第2回 九州CT研究会
平成21年5月23日(土) ナースプラザ福岡



臨床医が必要とする腹部CT画像
— 3D画像を中心に —



大阪医科大学附属病院 中央放射線部
吉川 秀司



本日の内容

👉 ボリュームデータ取得のために 基礎編

👉 良好な3次元画像作成のために 臨床編

オーダー 1 肝臓癌

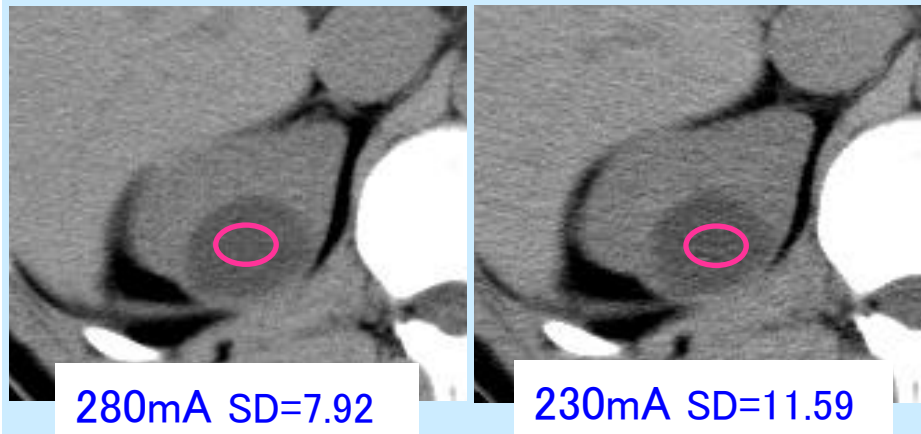
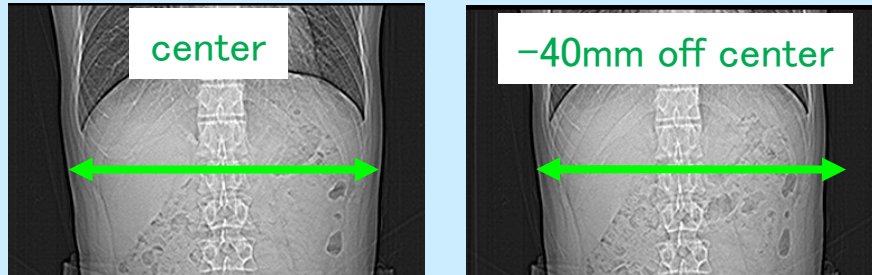
現在の3Dは、2Dの元画像を積み重ねることによって作成されている
したがって、良好な3Dを得るには元画像の画質が非常に重要！

オーダー 4 大腸癌



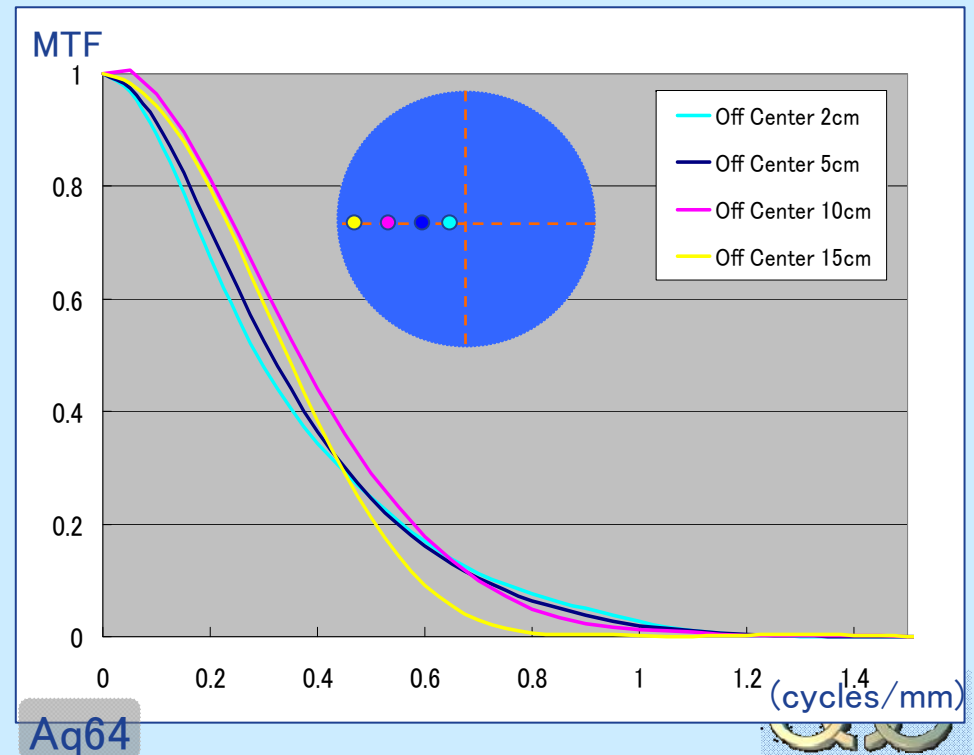
ポイント ポジショニング

CT-AEC SD=8に設定



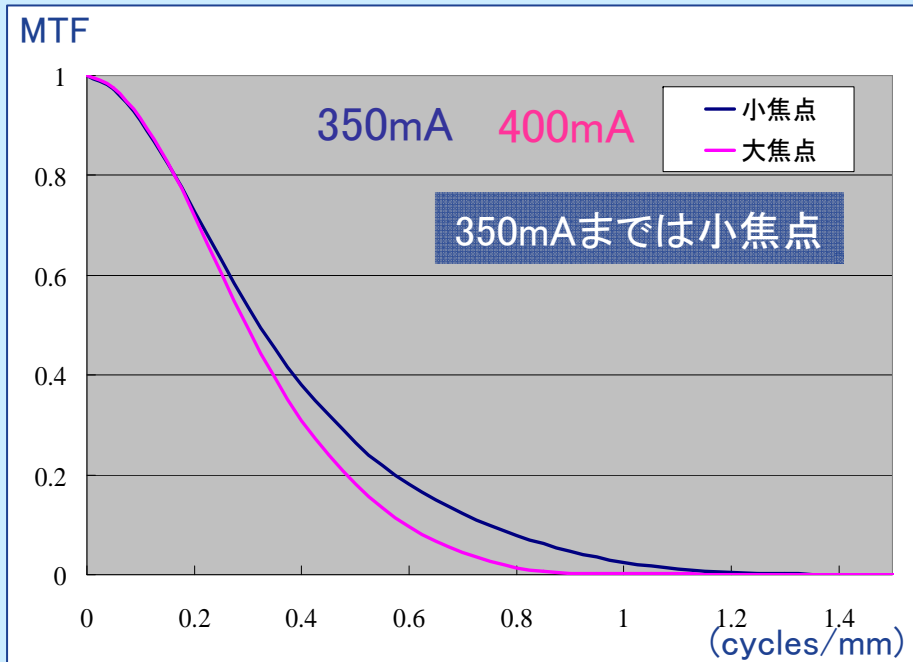
呼吸停止をきっちり
特にCT-AECを用いる場合や
多相撮影を行う時は、いつも
同じような息止めで

測定位置とMTF



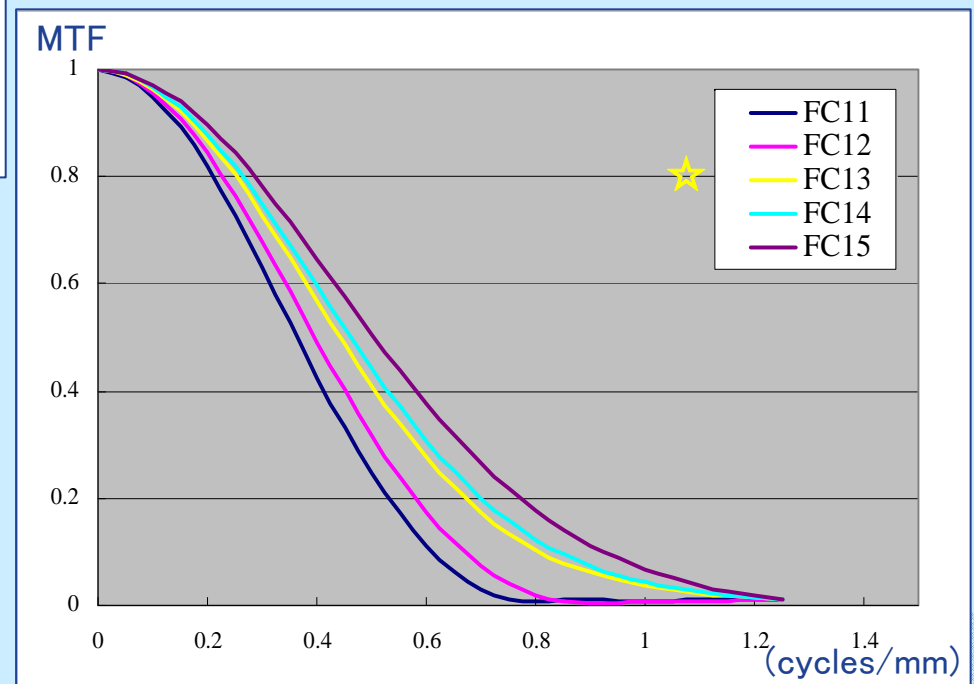
CTにおいてもポジショニングを
おろそかにしない
特にCT-AECを用いる場合は
寝台の高さに注意

ポイント 焦点サイズ・再構成関数



適切な再構成関数で
高周波までMTFが低下しない関数
しかしノイズが強調されてしまう

再構成関数とMTF

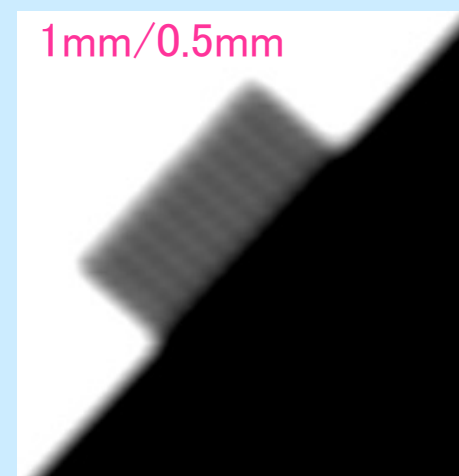
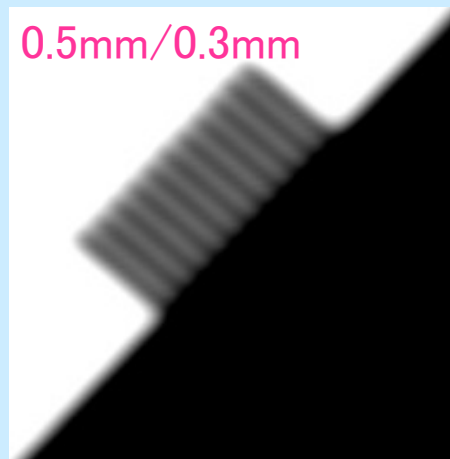
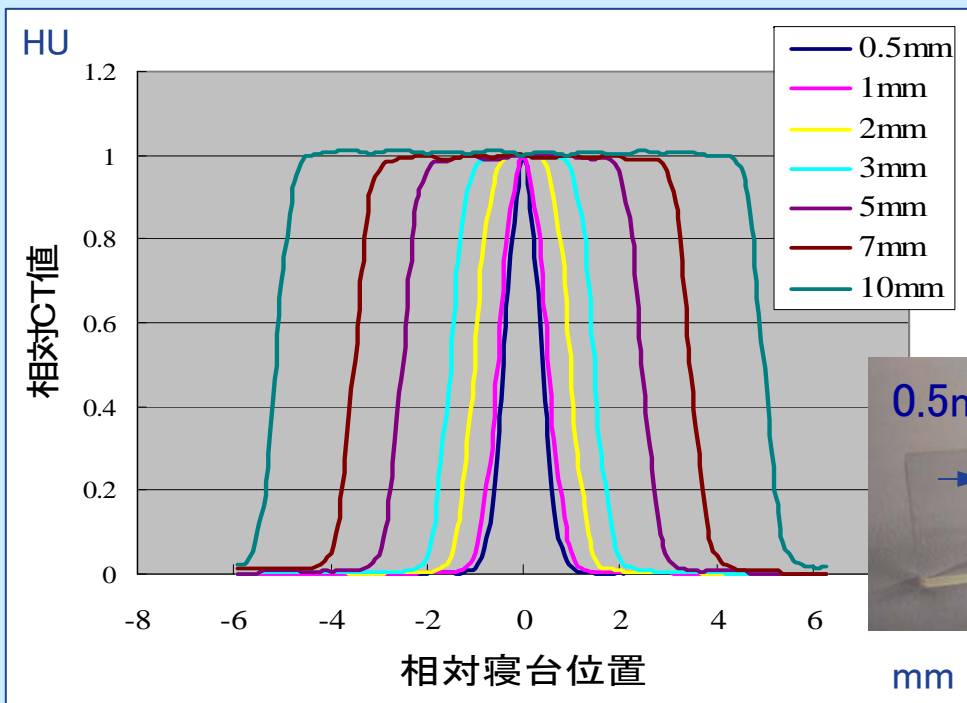


焦点サイズとMTF

できれば小焦点で 腹部では無理かな
特にCT-AECを用いる場合は注意

ポイント スライス厚

薄いスライス厚を使用
スライス枚数を考慮して



スライス厚特性

表示	0.5	1	2	3	5	7	10
半値幅 FWHM	0.8	1.1	2	3	5	7	10

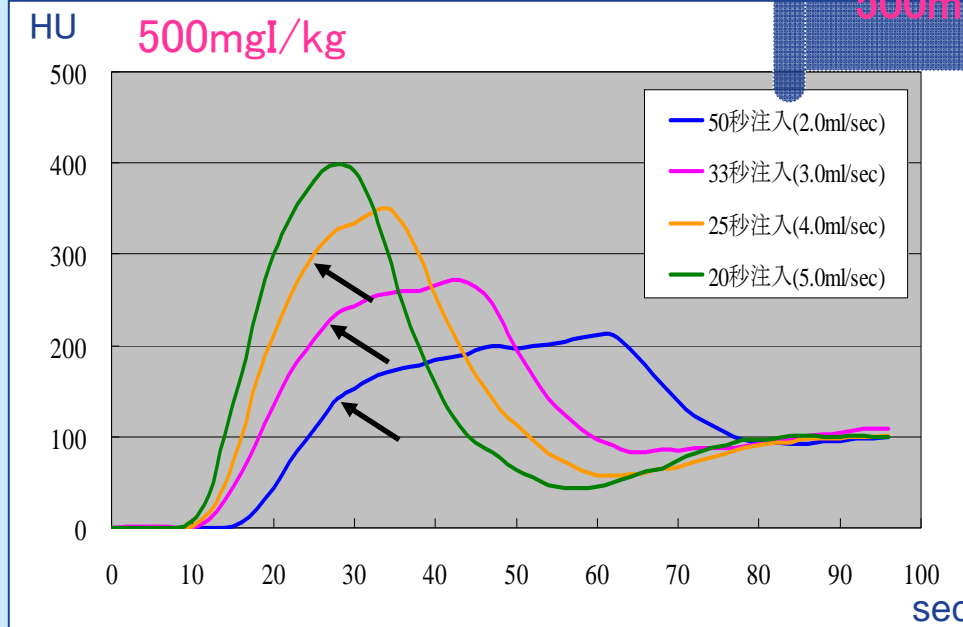
Aq64

* 0.5SR = 0.6mm



ポイント TDC

体重60kg 300mgI/ml,100ml ファントム実験



大動脈のピーク時間は造影剤注入時間+約10秒
500mgI/kg 20sec注入(5ml/sec) ...約400HU

- TDCの形状は注入速度(注入時間)によって変化する
- 大動脈のピーク時間は造影剤注入時間に依存する
- 造影剤量を変化させても
造影剤濃度を変化させても
造影剤注入時間+約10秒

大動脈の最大CT値の目安は
300mgI/ml 100mlの場合 500mgI/kg

20sec注入(5ml/sec)	…約400HU
25sec注入(4ml/sec)	…約340HU
30sec注入(3.3ml/sec)	…約280HU



ポイント 至適造影剤投与量

2.0～2.5 ml/kg Yamashita Y, et al. Radiology 2000 : 600～750mgI/kg

1.74 ml/kg Heiken JP, et al. Radiology 1995 : 521mgI/kg

1.67 ml/kg 山口功ら 日本放射線技術学会雑誌 2002 : 500mgI/kg

1.5 ml/kg

Megibow AJ, et al. AJR 2001 : 450mgI/kg

八町淳ら 日獨医報1995 : 450mgI/kg

肝における至適造影剤投与量

至適造影剤投与量は
450～750mgI/kg

Heiken らの1995年の Radiology論文

肝臓の濃度が50HU以上上昇することが良好な肝濃染とする

肝腫瘍の検出能の評価に基づくものではない

大阪
医大



肝細胞癌の検出は600mgI/kgその他は520mgI/kg



ポイント 至適造影剤投与量

体重kg	シリンジタイプ mgI	容量ml	300mgI換算 ml	300mgIに換算したときの 体重1kgあたりの投与量
40以下	240	100	80	2.0
41～59	300/320	100	100～107	1.7～2.0
60～69	350/370	100	117～123	1.7～2.0
70以上	300	150	150	2.0

動脈の3D-CTA(初回循環)

注入速度(ml/sec) × 注入時間(sec) = 造影剤投与量
 体重によって可変...心拍出量を考慮

至適造影剤投与量は
 520～600mgI/kg

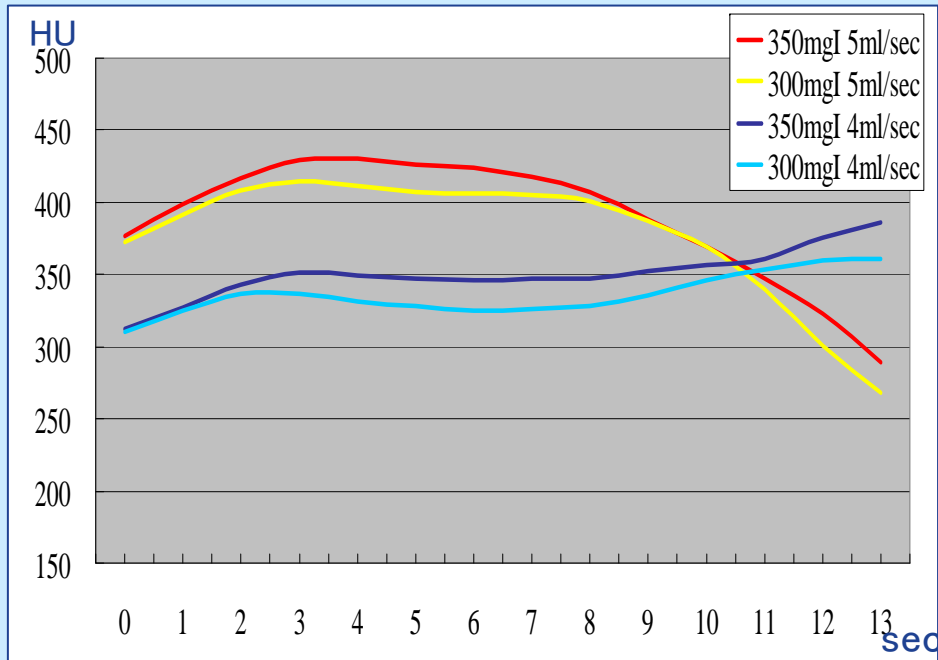
動脈+静脈の3D-CTA(実質)

体重によって可変...造影剤投与量=体重(kg) × 2.0～2.5(300mgI/ml)
 単位時間あたりに注入されるヨード量

体重kg	40	50	60	70
投与量 (ml)	80～100	100～125	120～50	140～150



ポイント 造影剤注入速度



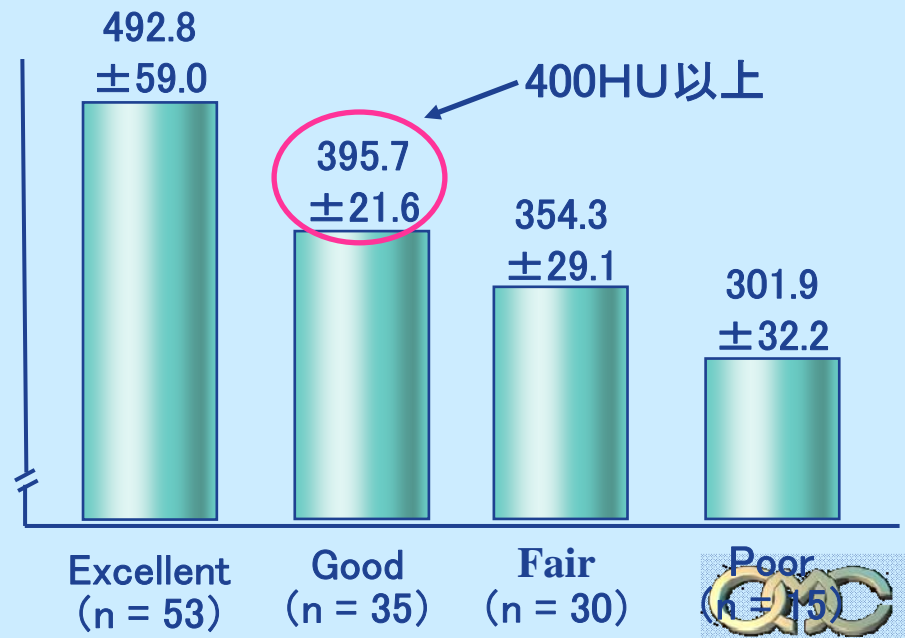
できれば**5ml/sec**で
リスクも考慮して慎重に

肝動脈の3D-CTA画像の視覚的評価
及び大動脈の定量評価において、
造影剤注入速度**4ml/sec**より**5ml/sec**の
ほうが有意に優れていた

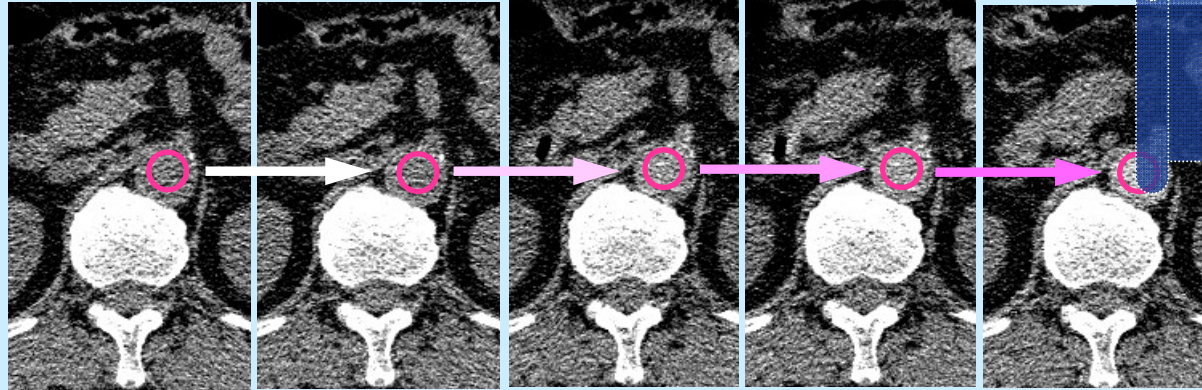
Tanikake M et al: Radiology 2003

500mgI/kgを20sec...**25mgI/kg/sec**

	300mgI 4ml/sec	350mgI 4ml/sec	300mgI 5ml/sec	350mgI 5ml/sec
Excellent	7 (21)	7 (22)	18 (51)	21 (64)
Good	10 (30)	8 (25)	8 (23)	9 (27)
Fair	10 (30)	10 (31)	7 (20)	3 (9)
Poor	6 (18)	7 (22)	2 (6)	0 (0)



ポイント 撮影タイミング

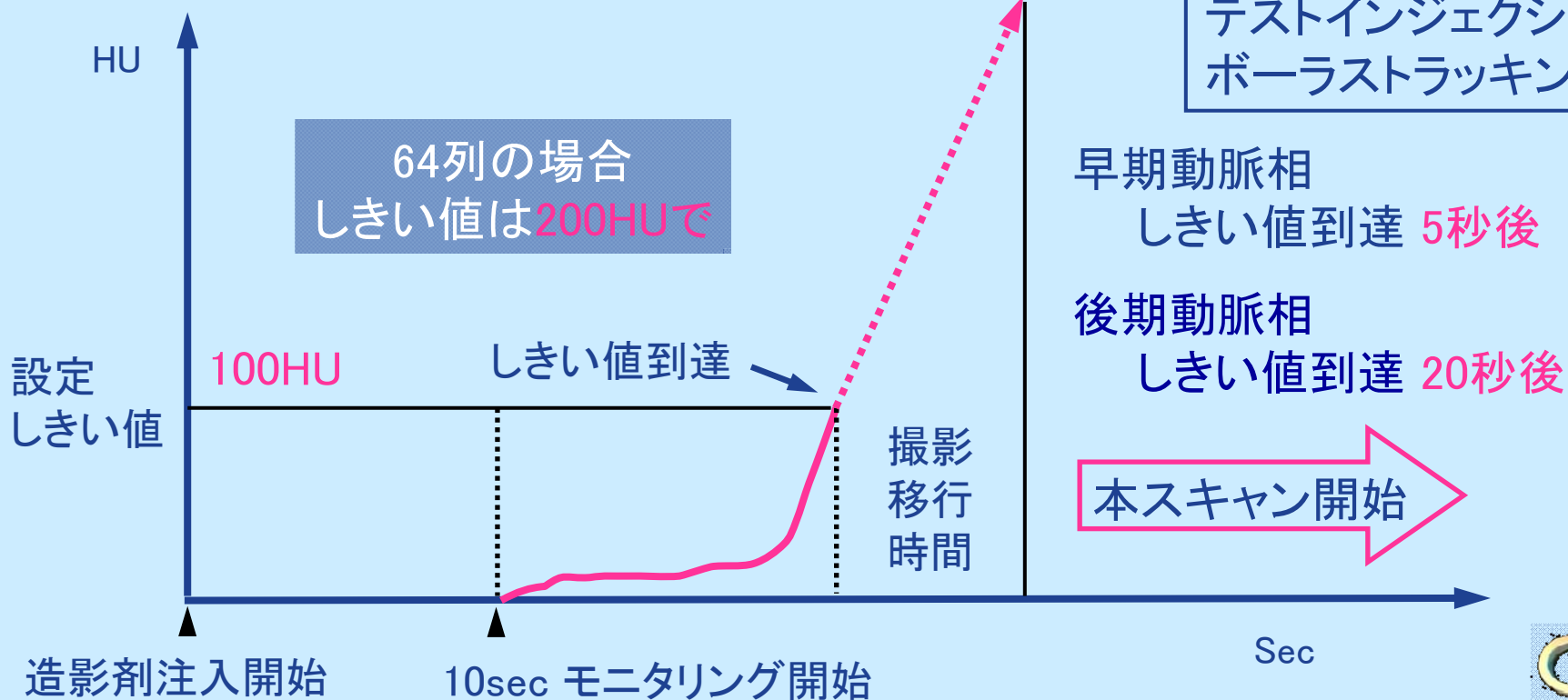


ボラストラッキング法
を使用 (Real prep: 東芝)

タイミングの決定

固定法
テストインジェクション法
ボラストラッキング法

64列の場合
しきい値は200HUで

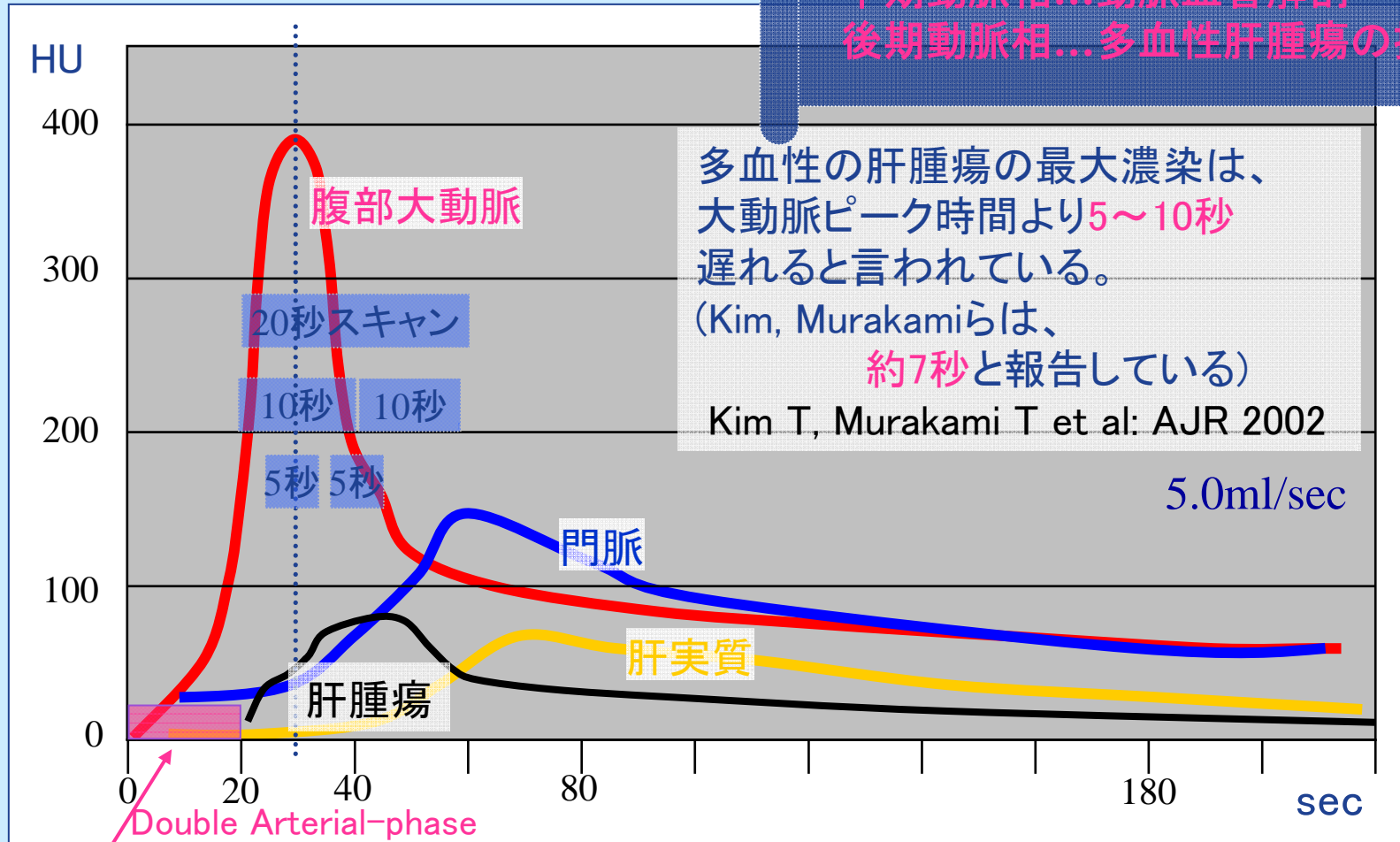


ポイント 撮影タイミング

Double Arterial-phase

早期動脈相...動脈血管解剖

後期動脈相...多血性肝腫瘍の描出



Scan Timing



造影剤注入時間

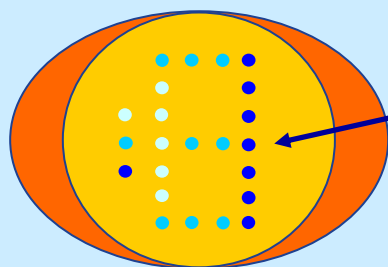


ポイント 画像SDと検出能



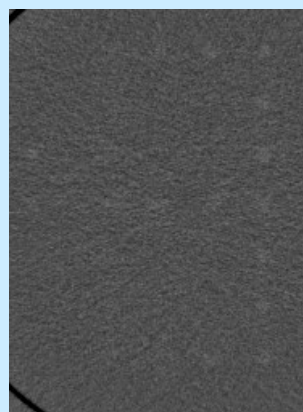
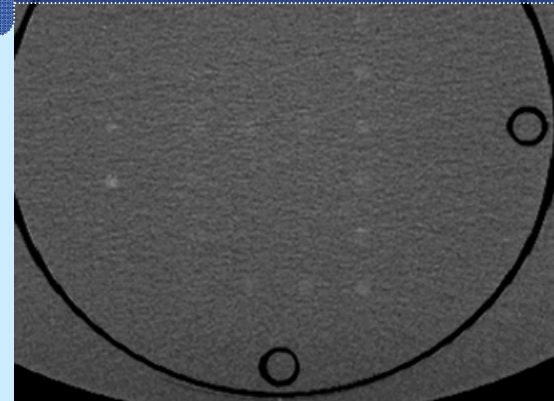
腹部を模擬した楕円ファントム
模擬腫瘍は5mmφの球体構造
1.0%のCT値差 (CT値差=10)

(福井大学放射線部より借用)

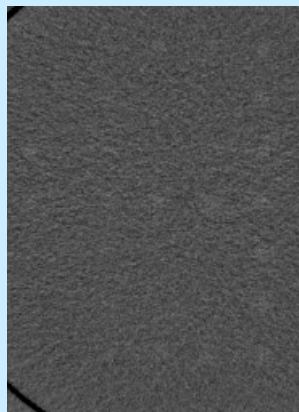


- 1.0%のCT値差
- 0.5%のCT値差
- 0.3%のCT値差

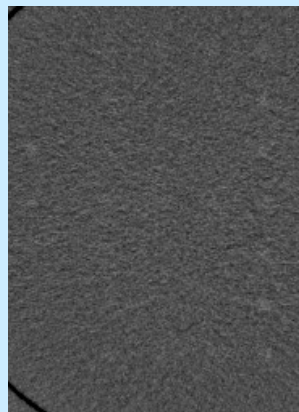
5mmスライス
の画像で
SD=8~10を基準に



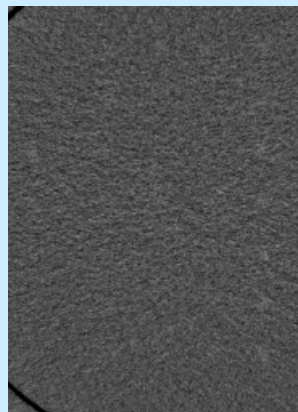
SD=7



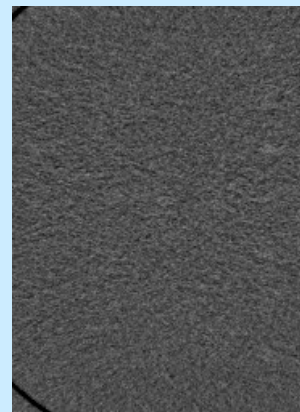
SD=8



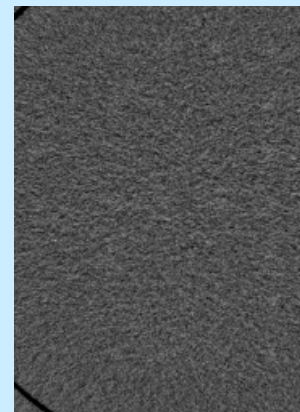
SD=9



SD=10



SD=11



SD=12

ポイント スライス厚と画像ノイズ

0.5mm

1mm

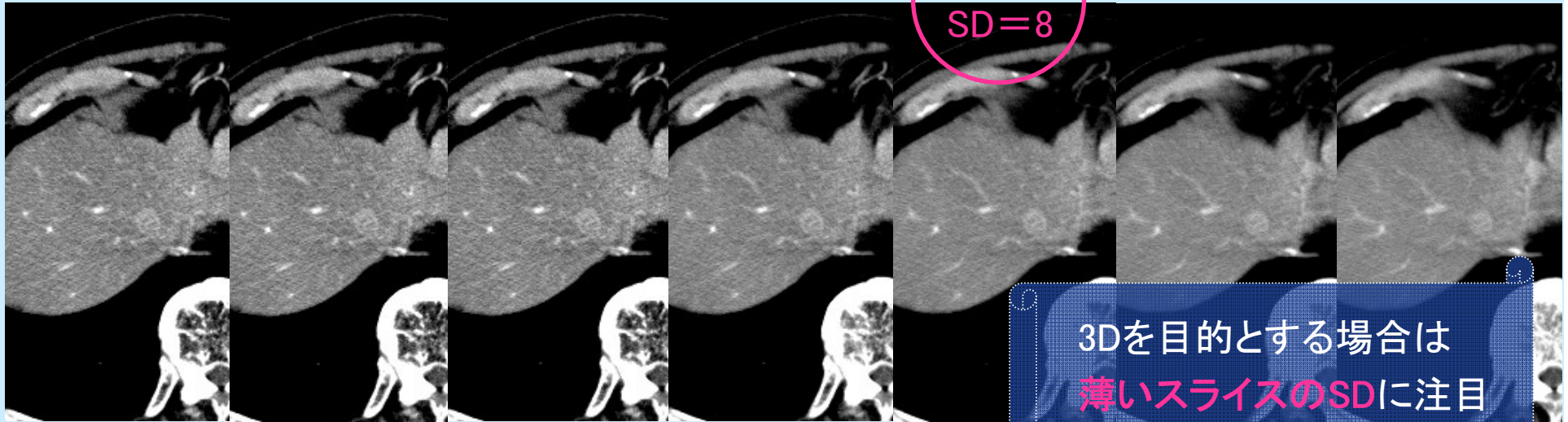
2mm

3mm

5mm

7mm

10mm



3Dを目的とする場合は
薄いスライスのSDに注目

水ファントム

Aquilion64(東芝) 再構成関数FC13

スライス厚	0.5	1	2	3	5	7	10
SD	19	16	12	10	8	7	6
SD	24	20	15	13	10	8	7

フォローアップやスクリーニングは5mmスライスでSD=10で



ポイント 画像SDと造影剤濃度

CT値差

100

150

200

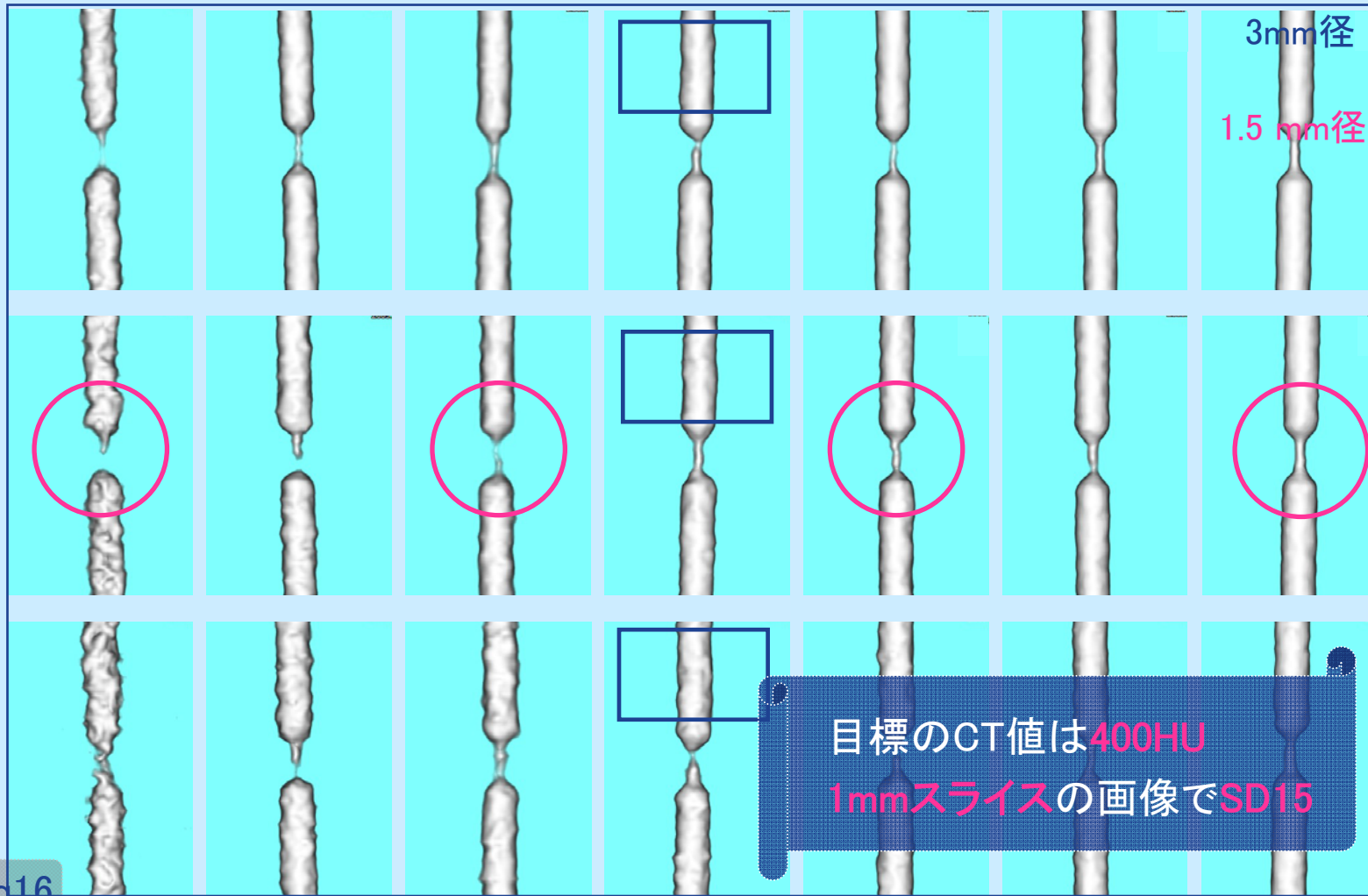
250

300

350

400

高画質



3mm径
1.5mm径

SD10

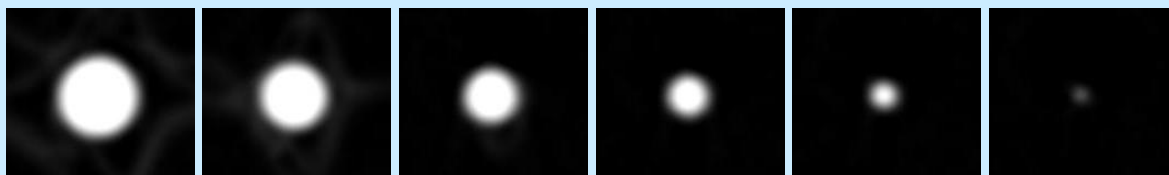
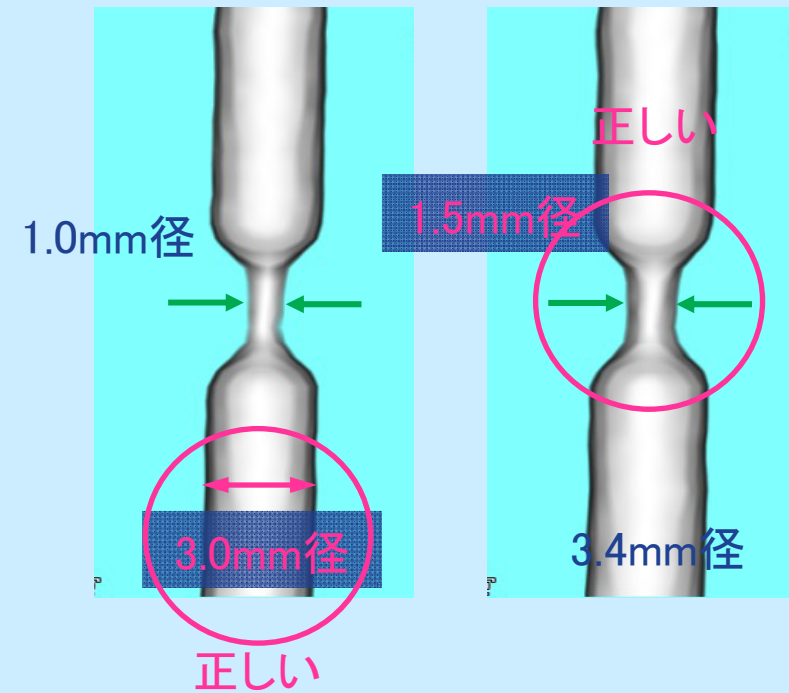
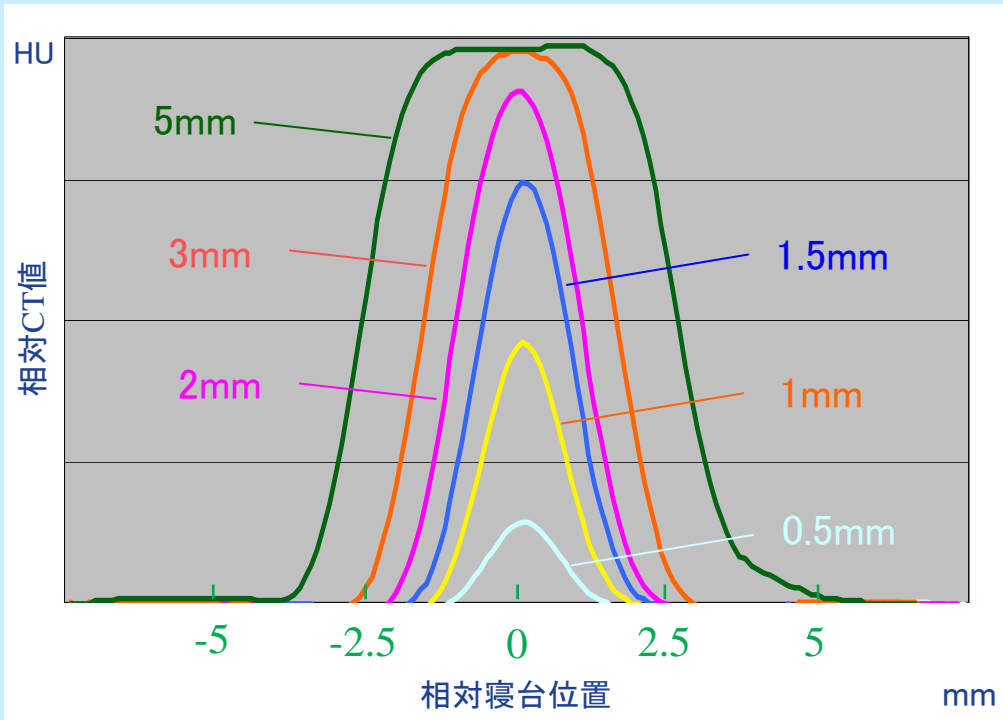
SD15
(SD8)

SD20
(SD10)

目標のCT値は400HU
1mmスライス画像でSD15



ポイント CT値と血管径



2mm径より細い血管はより狭窄して表現される

本来同一の物質でも径が変わればCT値が変化する
面内の空間分解能に起因する



ポイント 肝臓ダイナミックCTの標準プロトコール

1. 造影剤量: シリンジ規格で施設ごとに検討
体重で量を変える(520~600mgI/kg) 300mgI 体重×1.7から2.0
2. 注入法: 注入時間固定 30秒前後
3. 撮像フェーズ
 - 肝細胞癌: 3~4相: 単純、後期動脈相、(門脈相)、平衡相
 - 転移性肝癌: 2~3相: 単純、(後期動脈相)、門脈相
4. 撮像タイミング: 固定法またはボーラストラッキング法
固定法の場合の撮像時間
 - 後期動脈相: 注入時間+5~10秒前後
(または注入開始後35~40秒前後)
 - 門脈相: 注入開始後70秒前後
 - 平衡相: 注入開始後180秒前後
5. 再構成間隔(スライス厚): すべてのフェーズで 5mm



ポイント 肝腫瘍の血流と増強効果

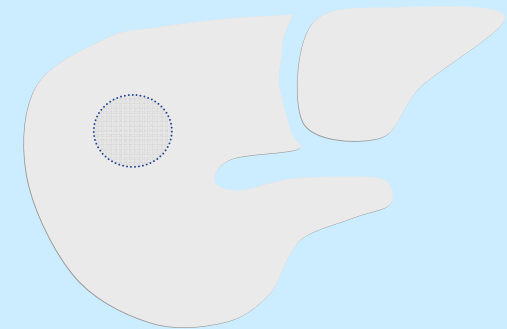
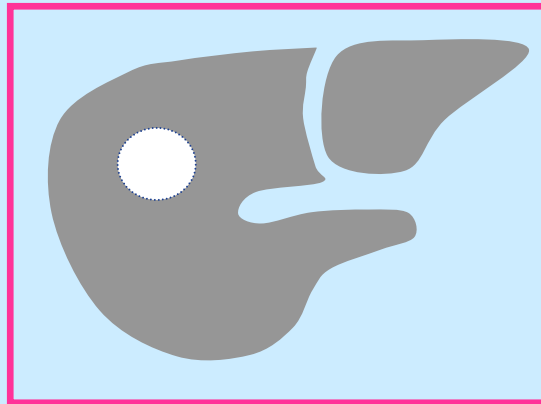
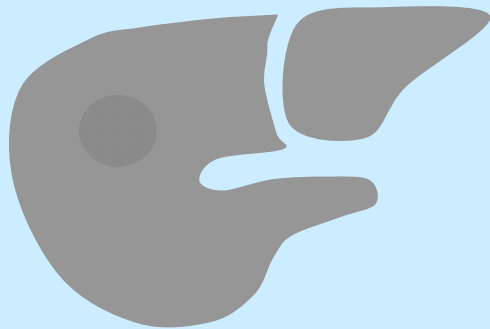
肝の増強効果を加味すると

単純

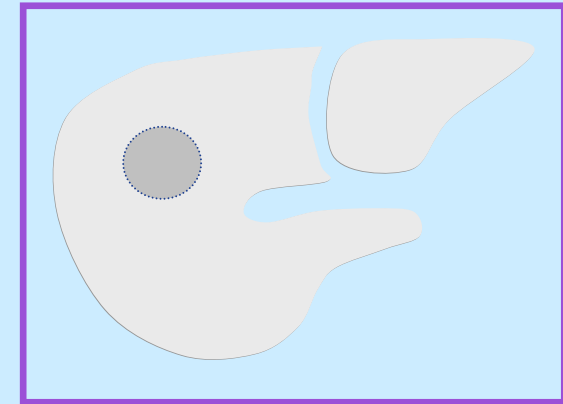
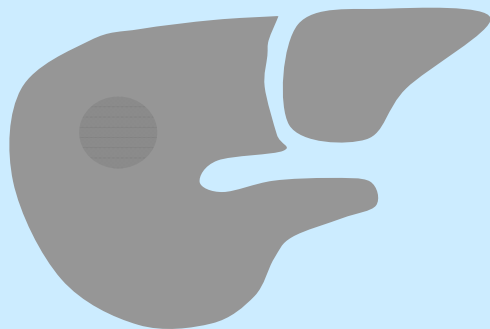
動脈相

門脈相

肝細胞癌



転移性肝腫瘍



ポイント 腹部のプロトコール

医療科学社

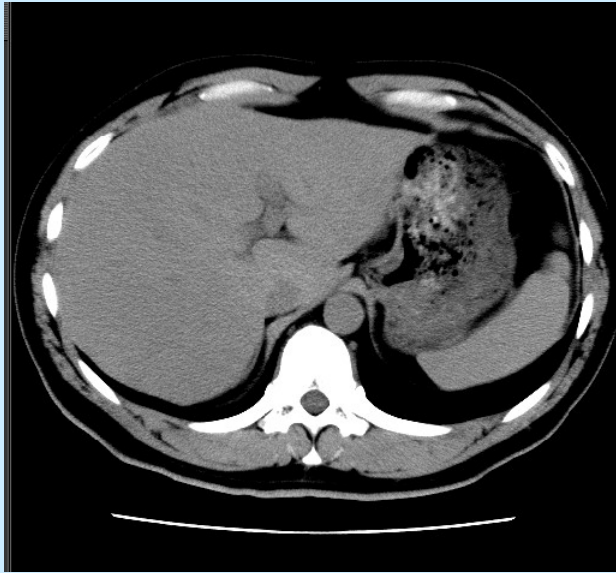


単純+造影	SSCT	MSCT
腹部骨盤スクリーニング(1相)	80	100
上腹部ルーチン(1相)	80	80
肝臓精査(2相、3相)	30,(70),180	35,70,180
精査(4相)	*	20,35,70,180
胆嚢、膵臓精査(2相、3相)	35,100	40,70,180
精査(4相)	*	20,40,70,180
腎臓精査(3相)	30,100,300	30,100,300
精査(4相)	*	20,40,100,300
急性腹症に対するCT精査(2相)	30,100	30,100
腹腔鏡下胃癌手術術前検査(3相)	*	20,45,100
腹腔鏡下大腸癌手術術前検査(3相)	*	20,50,300



ポイント SDと画質

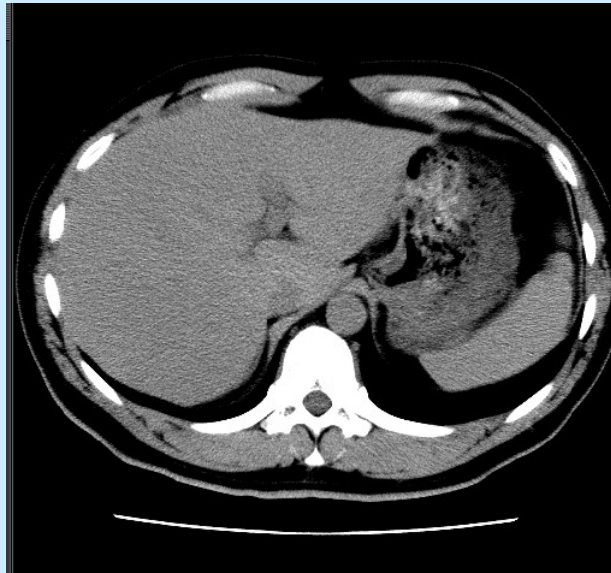
Aquilion64 (東芝)
肝臓20cmスキャン



SD=8 350mA

19.9mSv

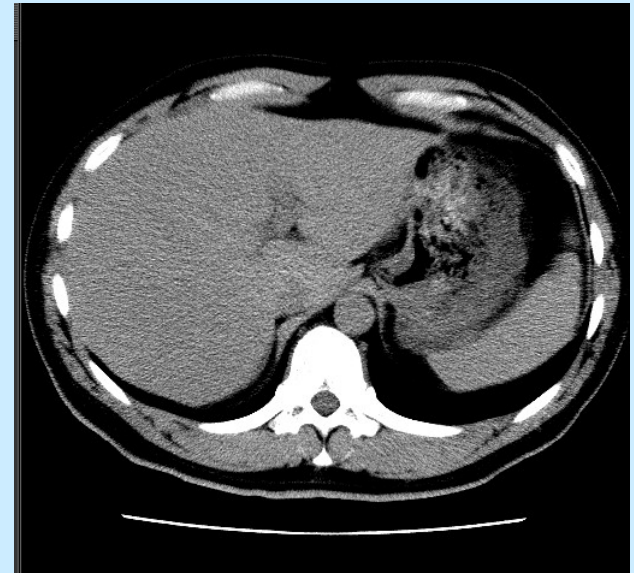
512.5mGy·cm



SD=12 200mA

11.4mSv

292.9mGy·cm



SD=16 100mA

5.7mSv

146.4mGy·cm

Effective dose = DLP. CF (mSv)

Abdomen

0.015

7.7mSv

5相 38.5mSv

4.4mSv

5相 22mSv

2.2mSv

5相 11mSv



ポイント ????????

300mgI
750mgI/kg (× 2.5) —
700mgI/kg (× 2.3) —
650mgI/kg (× 2.2) —
600mgI/kg (× 2.0) —
500mgI/kg (× 1.7) —
450mgI/kg (× 1.5) —

造影剤量: シリンジ規格で施設ごとに検討

体重で量を変える (520~600mgI/kg)



肝腫瘍の検出能の評価

520mgI/kgと600mgI/kgの比較



除脂肪体重によるヨード量決定
検出能? 画像ノイズ?



被ばくと画質



造影剤腎症



64列MDCTの至適造影法
固定法かBolus Trackingか



各CT装置の実効エネルギー
120kVは T? G? S? P?



Aquilion64 (東芝)で腹部の3Dを目的とした場合

正確なポジショニングで...寝台の高さに注意 左右も
呼吸停止をきっちりと...多相撮影を行う時は、いつも同じような息止めで
収集スライス...薄いスライス厚(0.5、1mm)を使用 スライス枚数を考慮して
CT-AECを用いて撮影...5mmスライスの画像でSD=8を基準に

0.5mmスライスの画像でSD=20を基準に

適切な再構成関数で...FC13で

造影剤投与量は... 520~ 600~750mgI/kg 静脈や実質が必要な場合は多めに

注入速度は...抹消の動脈はできれば25秒注入で リスクも考慮して慎重に

撮影のタイミングは... Real prep(ポーラストラッキング法)を使用

閾値は...200HUで

適切な撮影時相で...動脈相、門脈相、静脈相、平衡相、排泄相など

被ばくを考慮して



本日の内容

3D画像は作者の意図が大きく影響を与える画像である
作成した3D画像が臨床に役立っているか！



良好な3次元画像作成のために 臨床編

オーダー 1 肝臓癌

オーダー 2 肝臓癌

オーダー 3 胃癌

オーダー 4 大腸癌



オーダー 1

肝

消化器内科

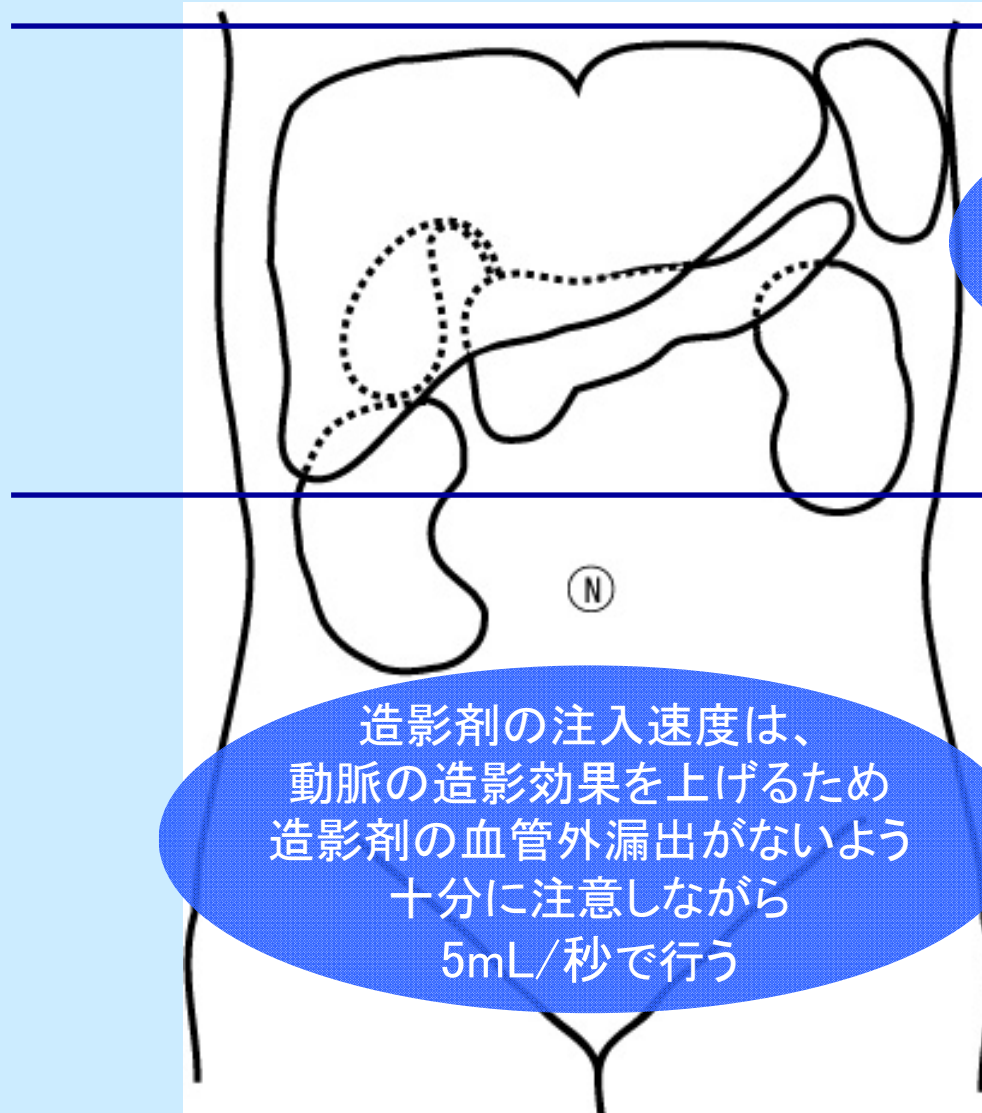
患者さんは、83歳男性、エコーにて肝S8,S6にHCCの再発が疑われた患者さんです。病変の評価のため、造影CTをお願いします。TAEを予定しています。

〔肝動脈塞栓術(TAE)前に対する支援画像〕



肝臓精査(4相) ※ボーラストラッキング法

※20 35 70 180



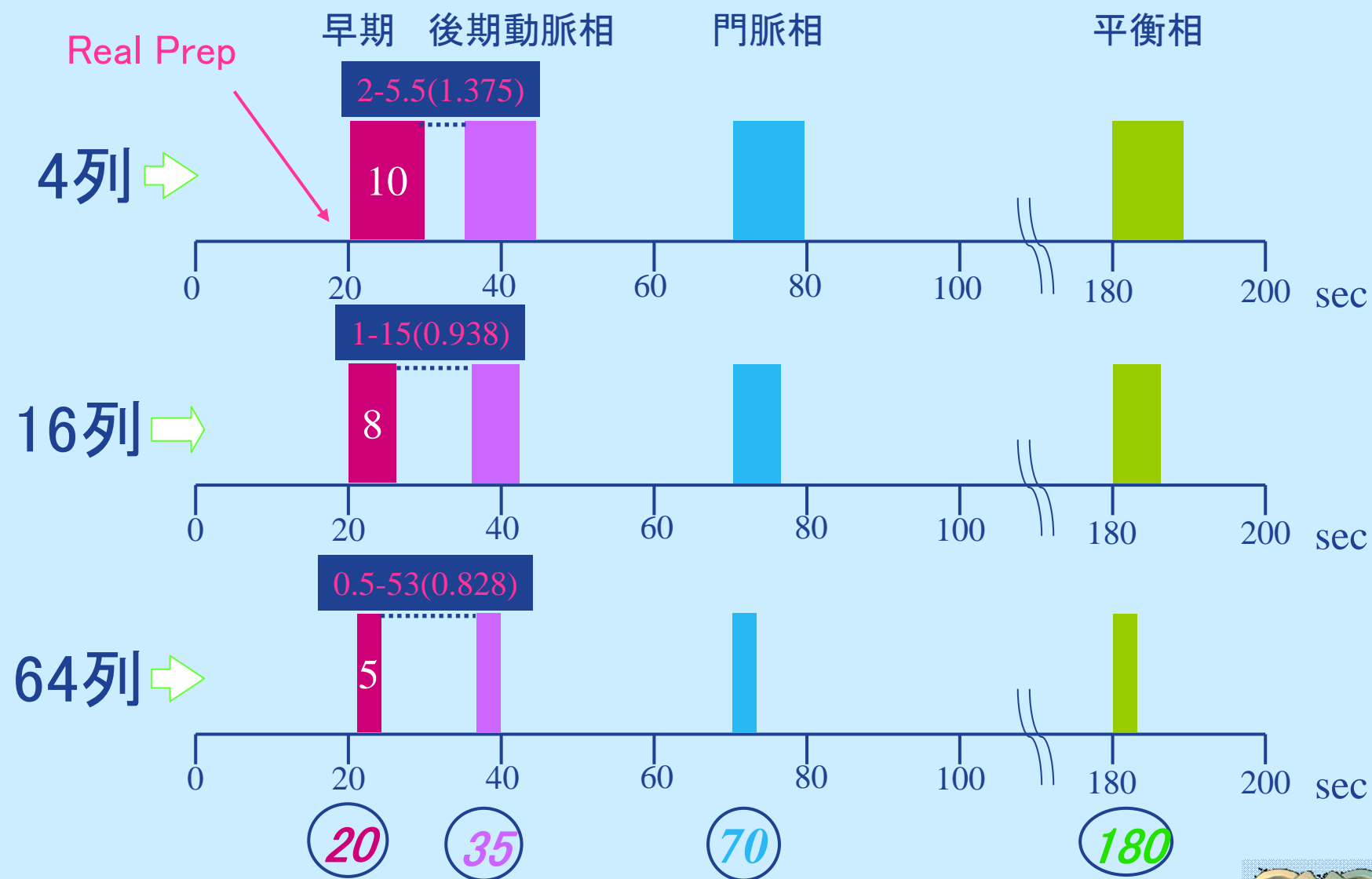
1回の呼吸停止で
早期動脈相と後期動脈相の
2回撮影 (Double arterial phase)
することが可能

早期動脈相 後期動脈相 門脈相 平衡相

Murakami T et al: Radiology2001



肝臟精查(4相) Time Table



肝 各phaseのポイント

早期動脈相...**肝動脈**血管解剖の把握

20sec 動脈門脈シャントなどの偽病変の除外

後期動脈相...**多血性腫瘍(HCCなど)の描出**

35sec 門脈血管解剖の把握

門脈腫瘍栓の描出

門脈相 ...**乏血性腫瘍(転移など)の描出**

70sec 腫瘍と**肝静脈**の解剖学的位置の把握

リンパ節腫大の有無の評価

平衡相 ...HCCの被膜、造影剤の**wash outの描出**

180sec 腫瘍内部線維成分の同定



2Dの元画像

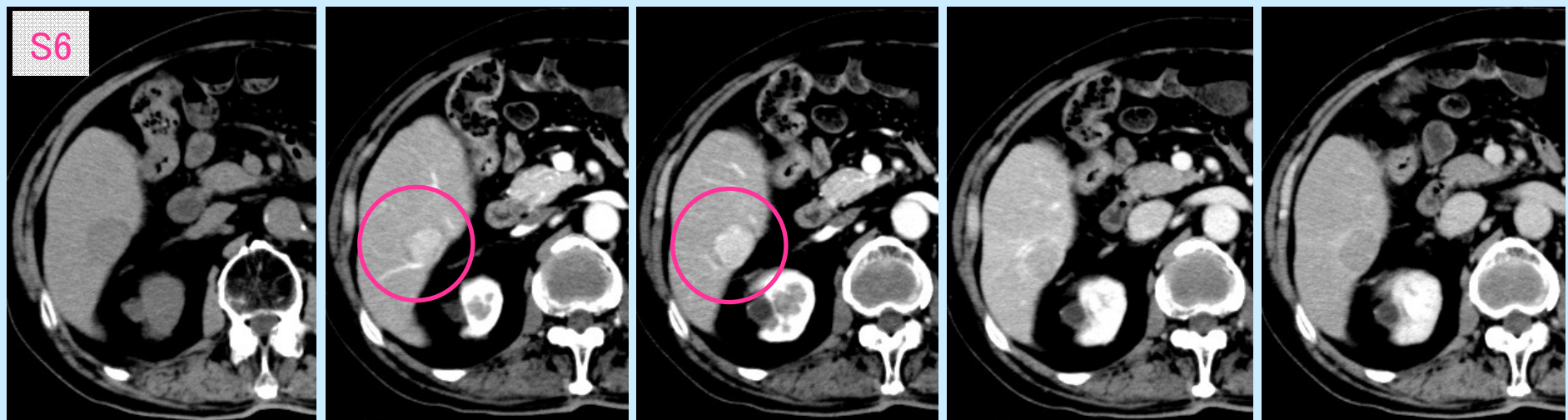
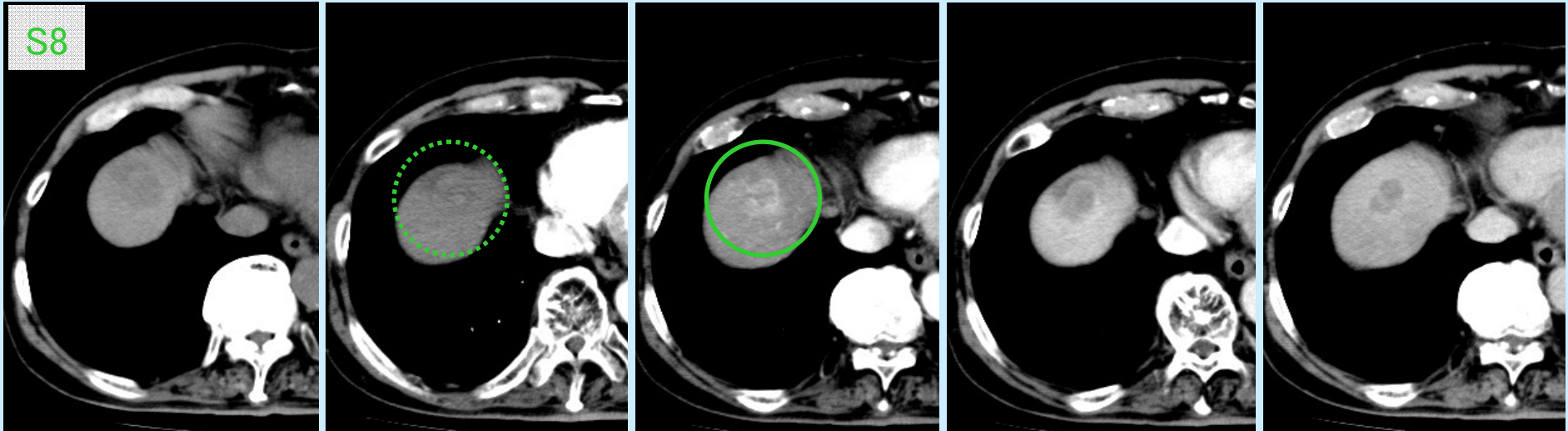
単純

早期動脈相

後期動脈相

門脈相

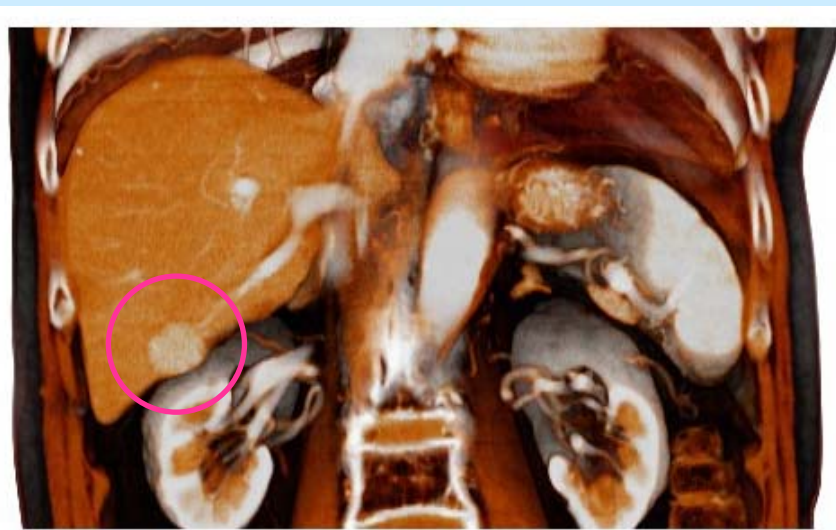
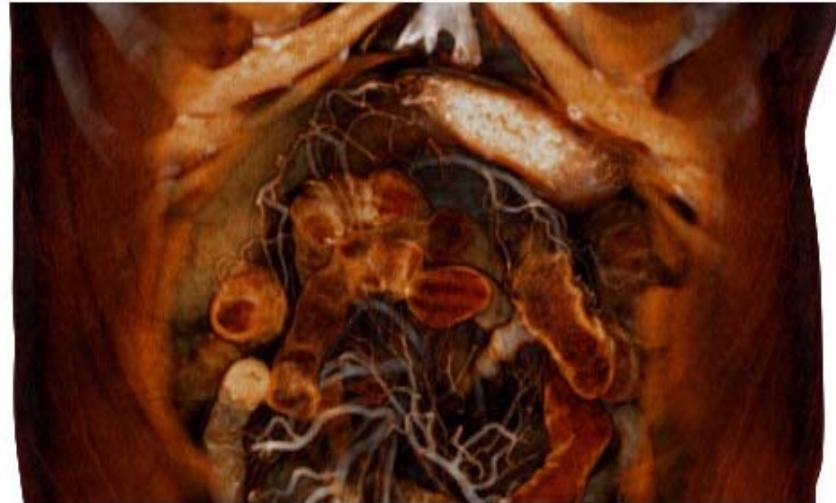
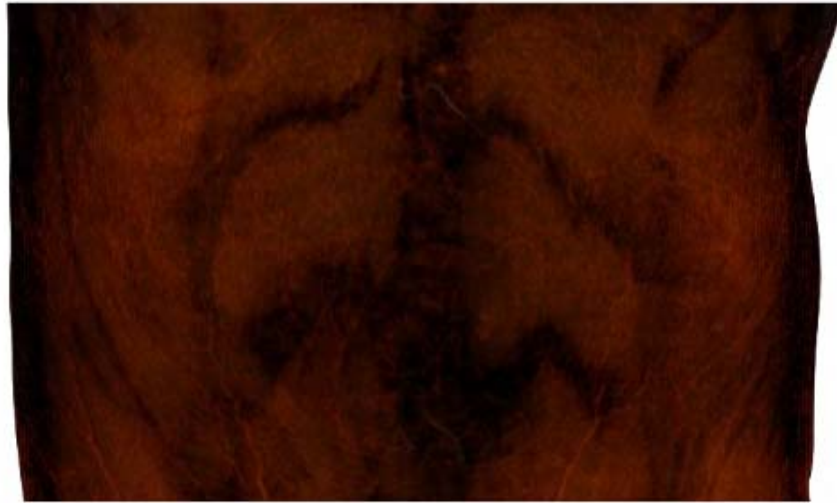
平衡相



読影をする(正常か異常か 病変が描出されているか)...診断ではない



VR画像の作成

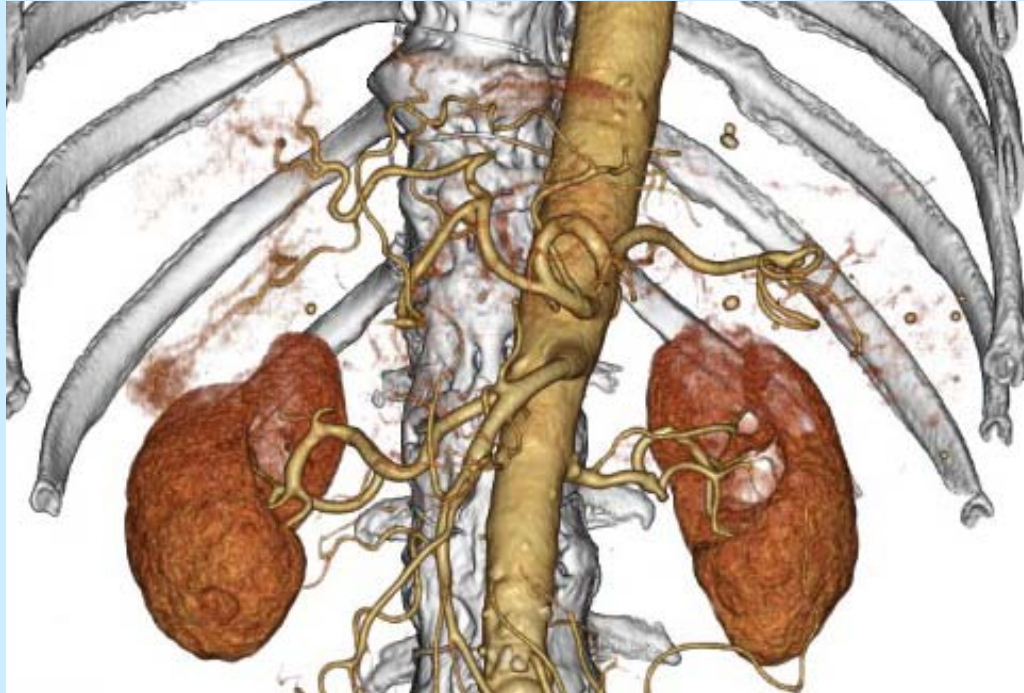


後期動脈相 Non-Shaded rendering

患者さんや家族への説明に利用



VR画像・MIP画像の作成



骨と血管を分けてVRを作成

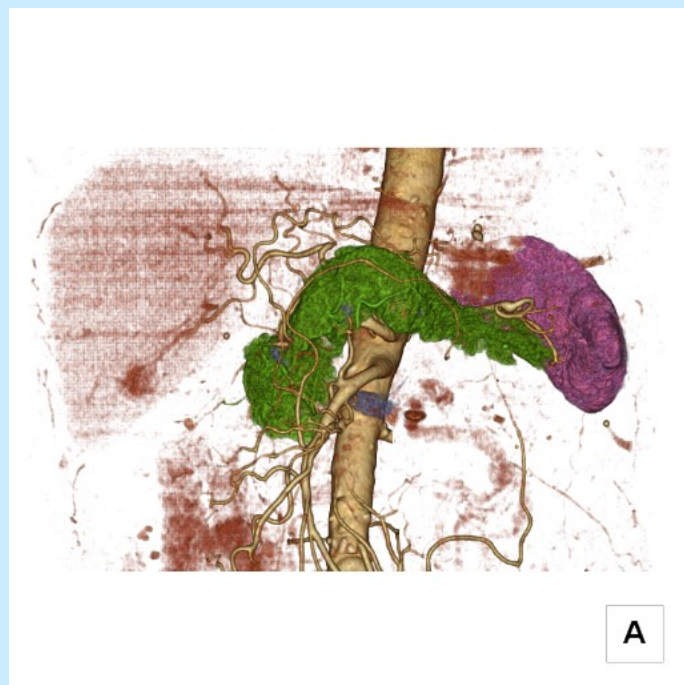
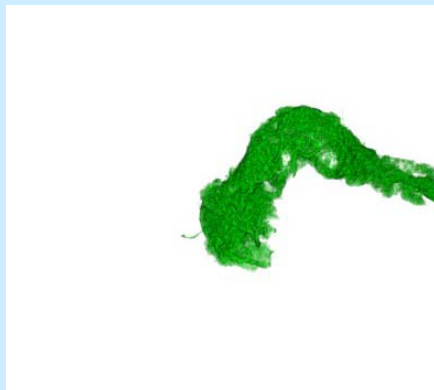
腹腔動脈・上腸間脈動脈付近を
拡大150%で

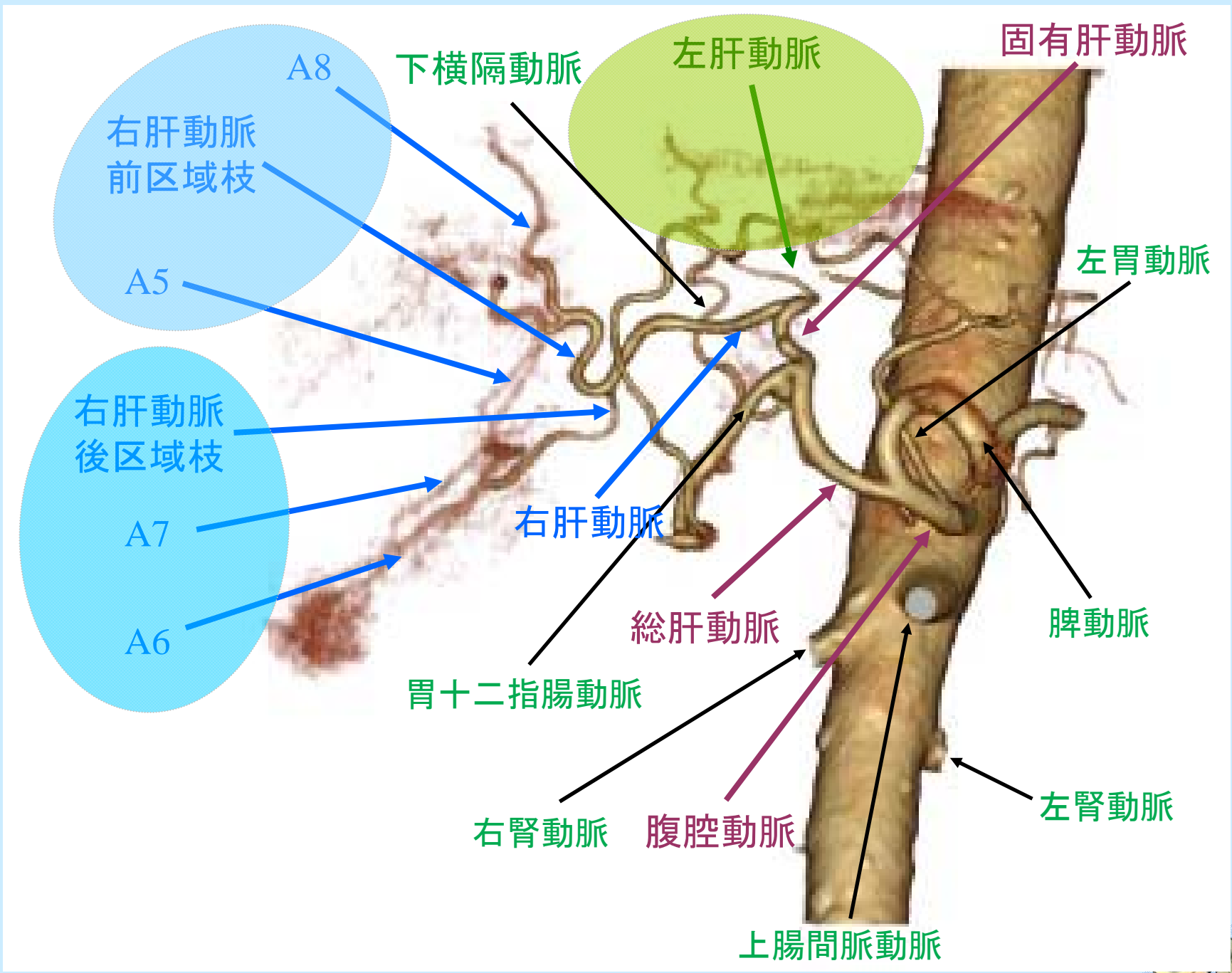
脊椎と肋骨を少し残して合成

血管造影中は脊椎や肋骨の位置を
基準に動脈の分枝位置を予測しながら
操作を行うため骨のあるVR画像を作成

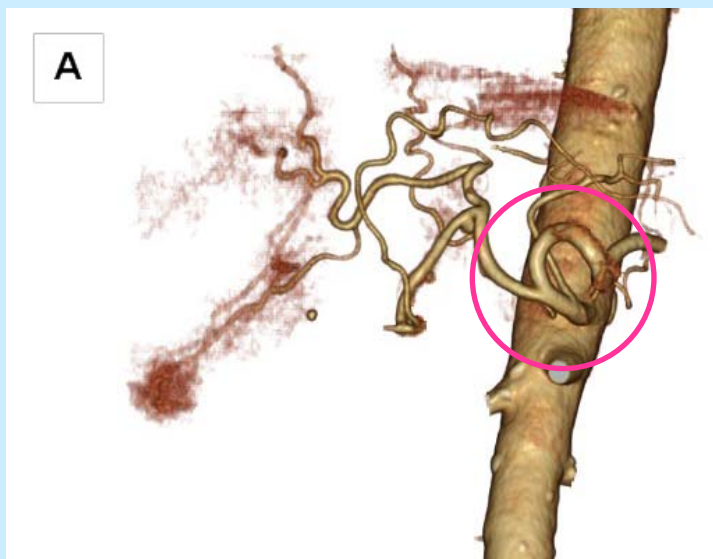


VR画像





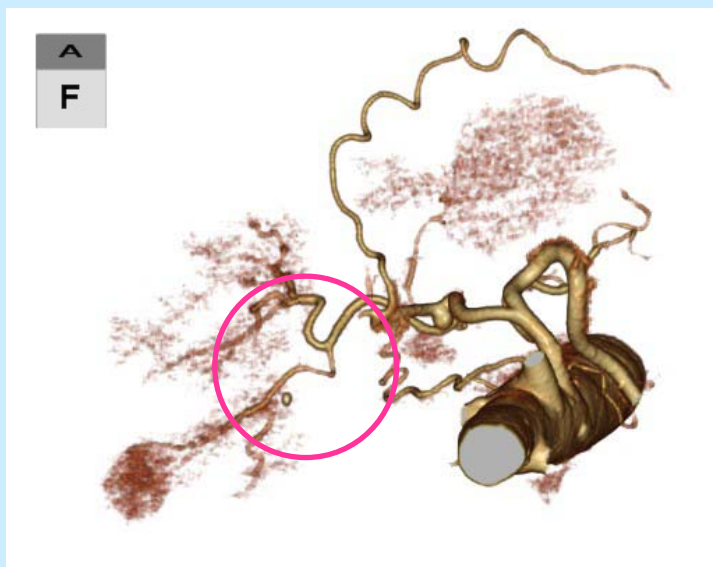
総肝動脈 脾動脈 下横隔動脈



胃十二指腸動脈 固有肝動脈 左肝動脈



右肝動脈後区域枝



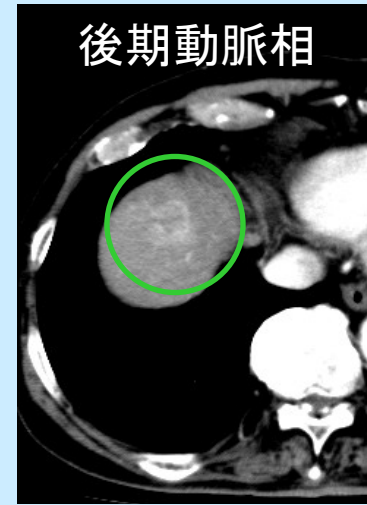
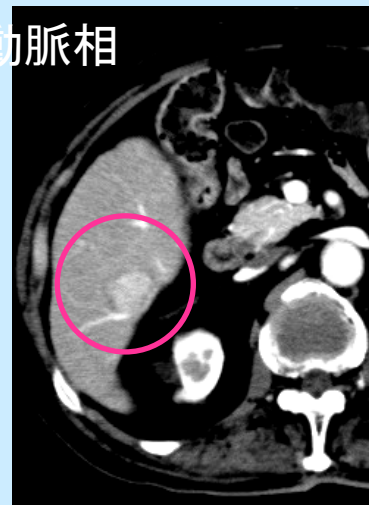
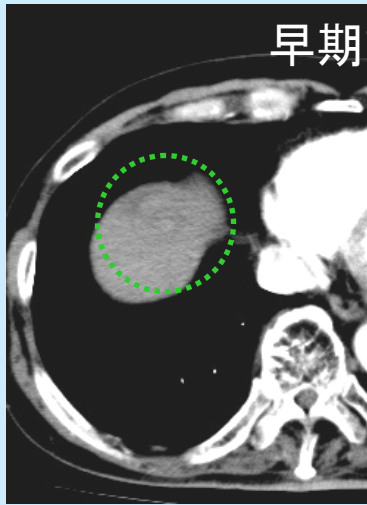
右肝動脈前区域枝



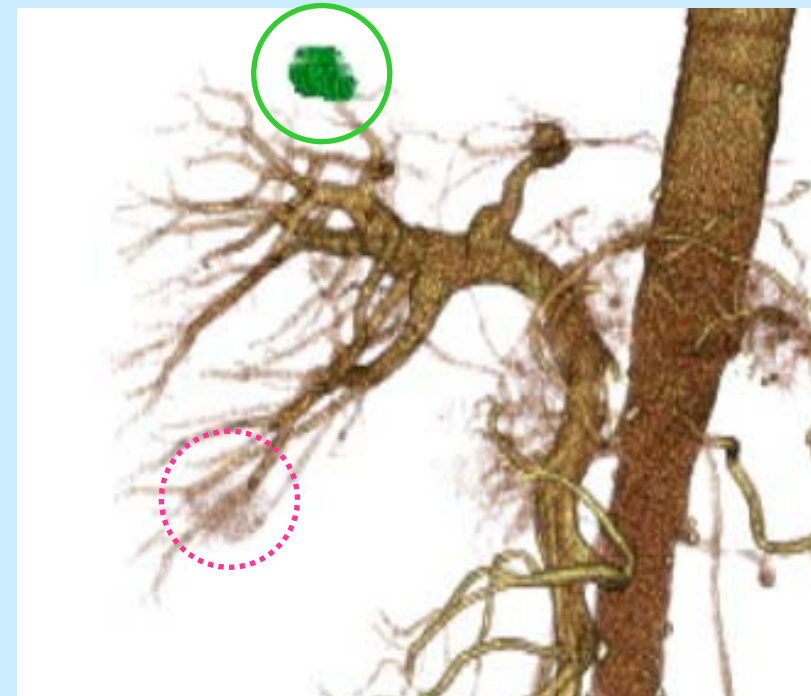
血管の分岐がよくわかる方向からVR画像を作成



VR画像 後期動脈相から



後期動脈相でのみ濃染している腫瘍でも、門脈と肝動脈はほぼ併走しているため肝動脈と腫瘍の位置関係は推測できる



オーダー 1 まとめ

動脈 > 門脈 > 肝静脈

520~600mgI/kg
目標 5ml/sec

2Dの元画像の読影

VR画像... Non-Shaded画像

VR画像... 脊椎・肋骨+動脈

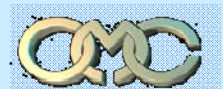
VR画像... 肝動脈の分岐

VR画像... 肝動脈と腫瘍(できれば動画で)

VR画像... 後期動脈相(門脈)と腫瘍

スラブMIP画像... 冠状断で

〔肝動脈塞栓術(TAE)前に対する支援画像〕



オーダー 2

肝

消化器外科

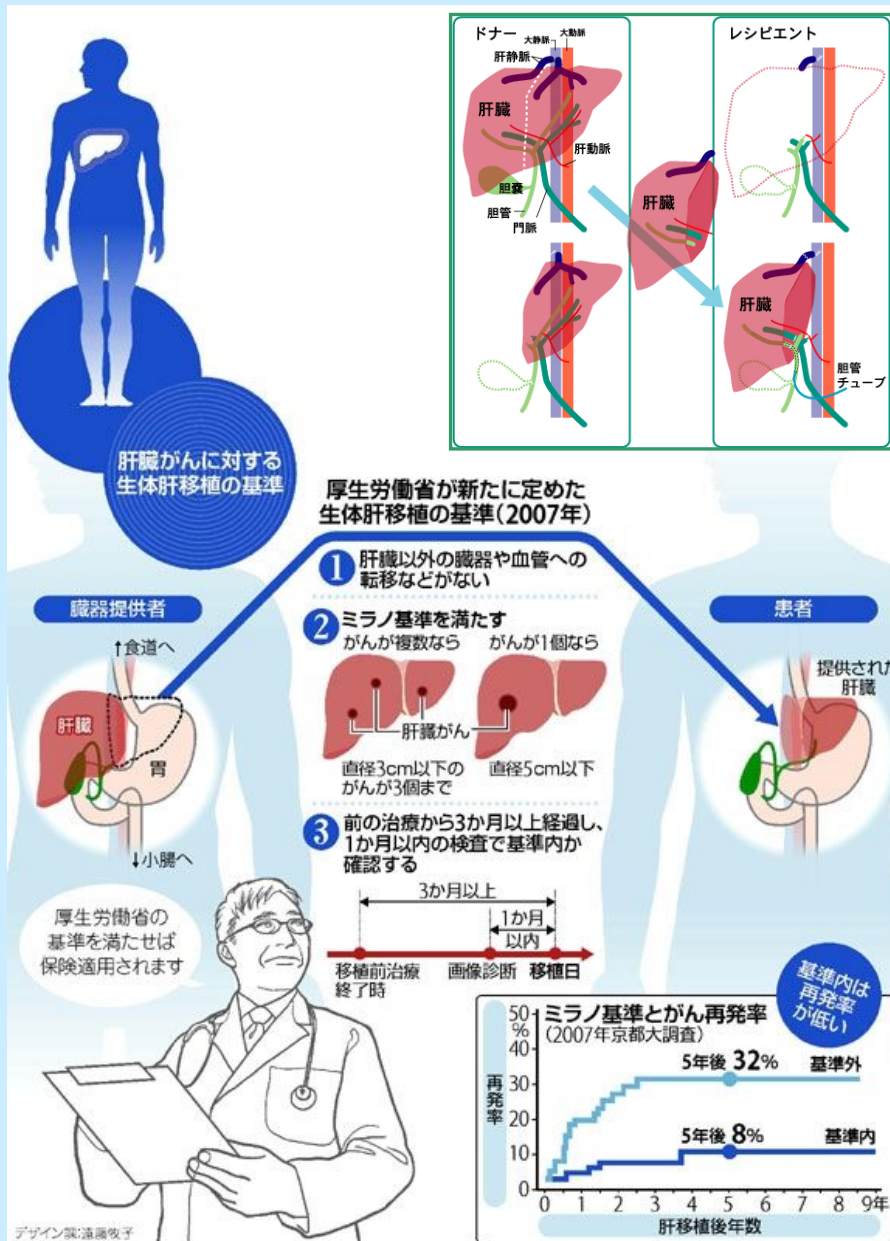
患者さんは64歳男性、HCV肝硬変・HCCの
レシピエントに対するLDLTドナー。
造影CTにて肝臓解析をお願いします。
レシピエントの体重は63kgです。

〔生体部分肝移植術前に対する支援画像〕



生体肝移植

Living-donor liver transplantation (LDLT)



ドナー

ドナーにはCTから測定した肝体積の30~40%を残す必要がある。
大阪医大では、35%。

ドナーの脂肪肝のチェック

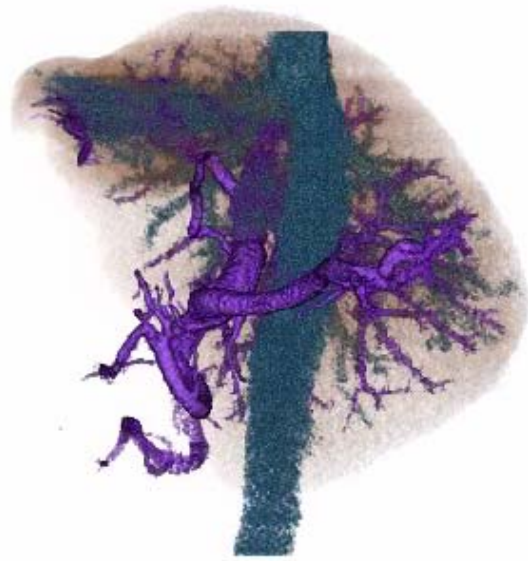
肝臓(L)と脾臓(S)のCT値比0.9は病理標本で約30%の脂肪肝に相当する
大阪医大では、L/S比は1.1以上。

レシピエント

レシピエントにとって体重の0.8~1%の肝体積が必要である。(GRWR)
大阪医大では、0.8以上。



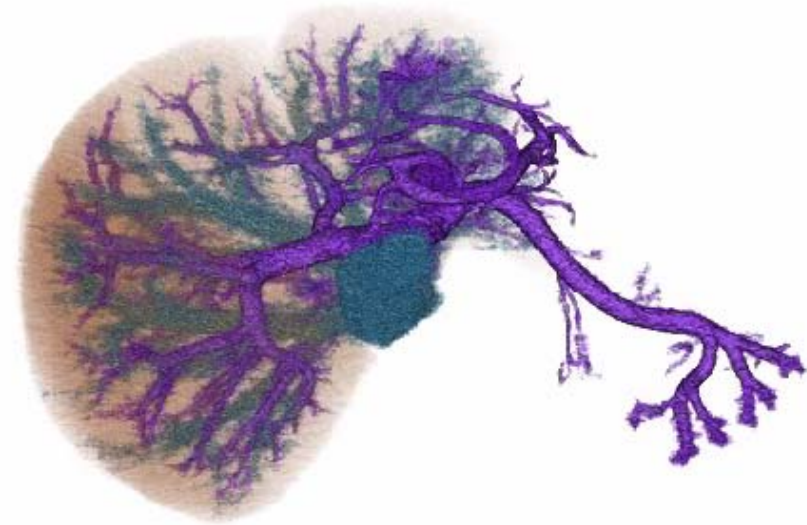
VR画像 合成



L

肝外科合成水平.avi

R90~L90まで180° 水平の動画



F

肝外科合成垂直.avi

F90~H90まで180° 垂直の動画



シミュレーション. 1 肝右葉グラフト



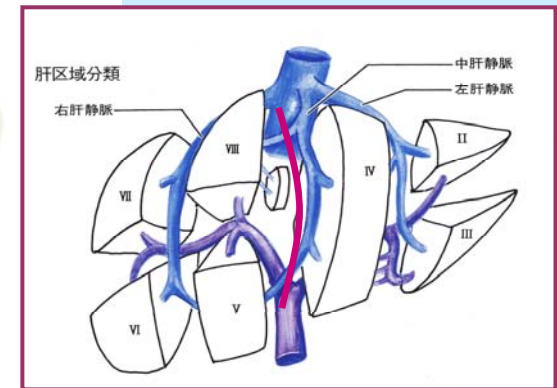
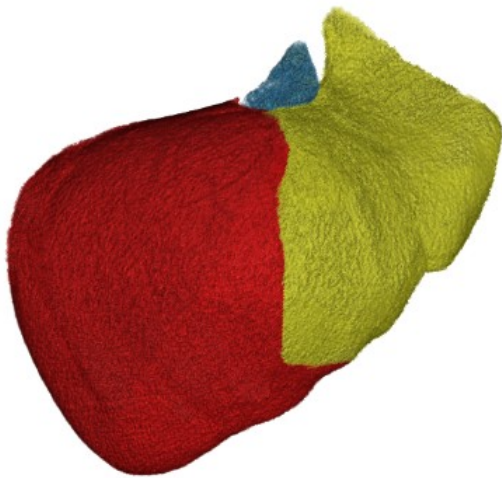
全肝1124ml



右葉777ml



左葉347ml



右葉777mlをレシピエントに移植すると残肝が31%となり不適切であると判断



シミュレーション. 2 後区域グラフト

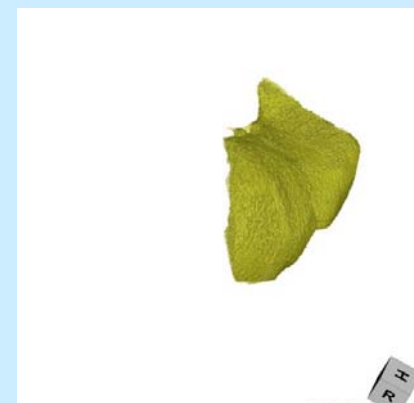


全肝1124ml

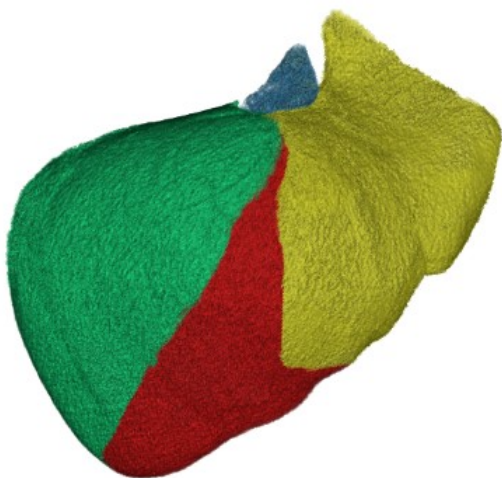


右葉後区域531ml

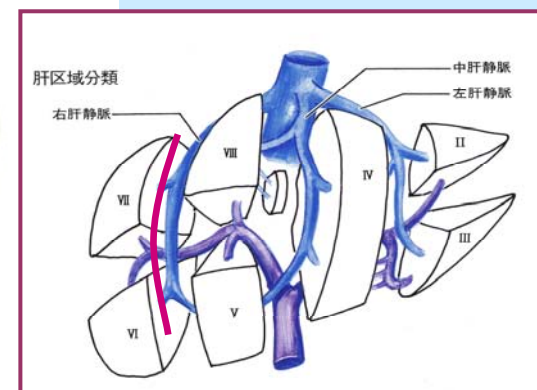
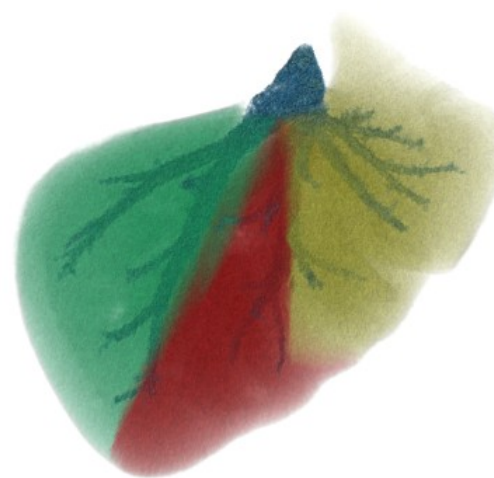
右葉前区域246ml



左葉347ml



右葉前区域487mlをレシピエントに移植すると
残肝が53%となり適切であると判断 GRWRは0.84



$$531/63000=0.84\%$$



オーダー 2 まとめ

肝静脈>門脈>動脈

600~750mgI/kg
3~4ml/secで十分

2Dの元画像の読影

脂肪肝のチェック

VR画像...肝動脈

VR画像...門脈

VR画像...肝静脈

VR画像...肝動脈・門脈・肝静脈の合成

* (できれば動画で)

Volumetry ...グラフトのシミュレーション

〔生体部分肝移植術前に対する支援画像〕



オーダー 3



消化器外科

患者さんは71歳女性、早期胃癌の腹腔鏡下で手術の予定です。造影CTにて術前シミュレーション画像をお願いします。

〔腹腔鏡下胃癌術前に対する支援画像〕



腹腔鏡下手術

利点

低侵襲である
小さな術創のため、術後疼痛や運動制限軽減
美容上優れている
術後早期回復(入院期間の短縮)→ QOL向上

欠点

直接臓器を触ることができない
手技が困難(手術時間が長い)
内視鏡下の操作のため術野が狭い
触診による確認ができない

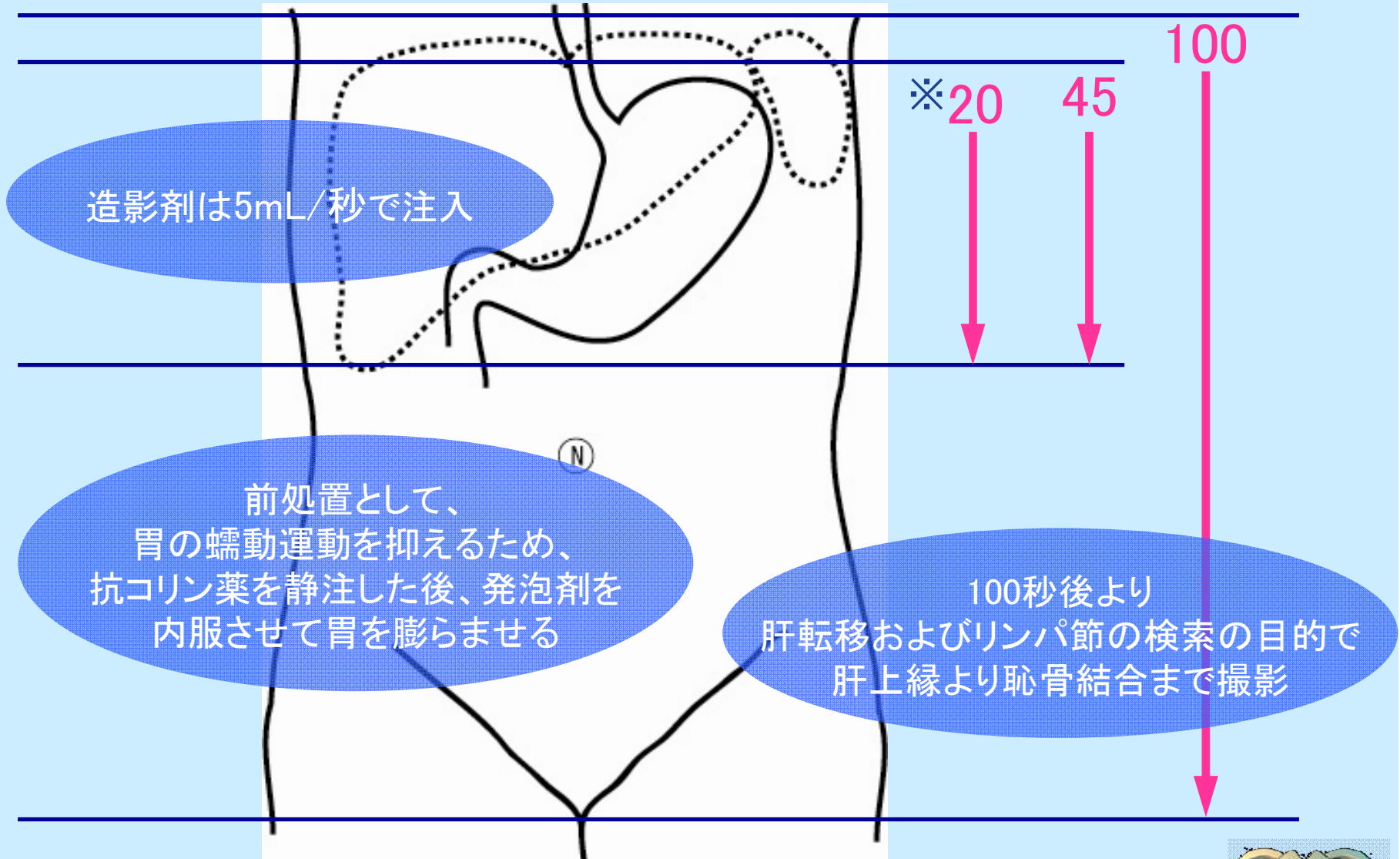
解剖学的誤認による血管、周囲臓器への
損傷を引き起こす恐れがある

術前に、バリエーションに富む胃・大腸に関与する
動静脈の3D-CTAが必要である

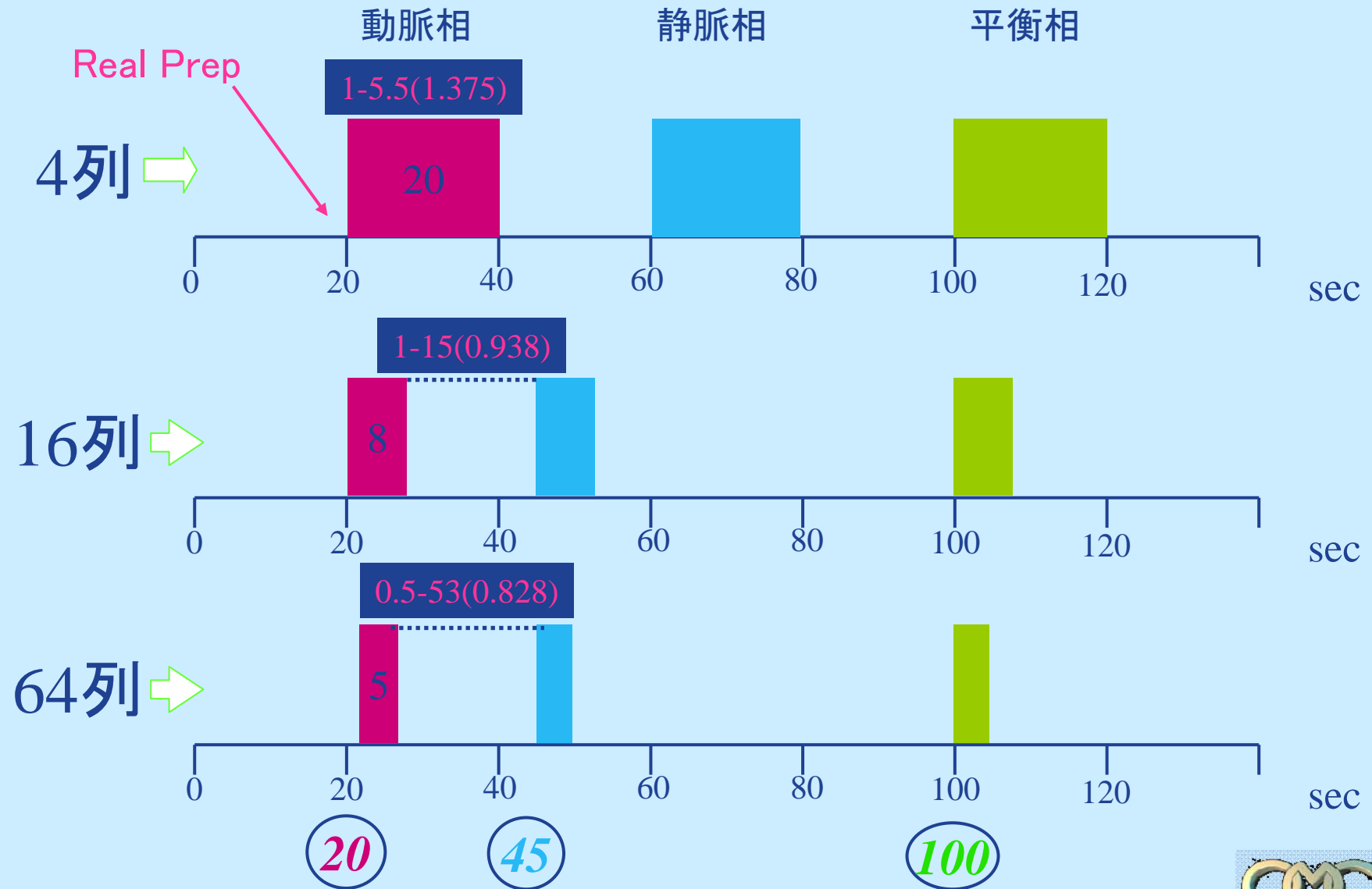


腹腔鏡下胃癌手術術前検査

※ボーラストラッキング法



胃3D-CTA Time Table



VR画像

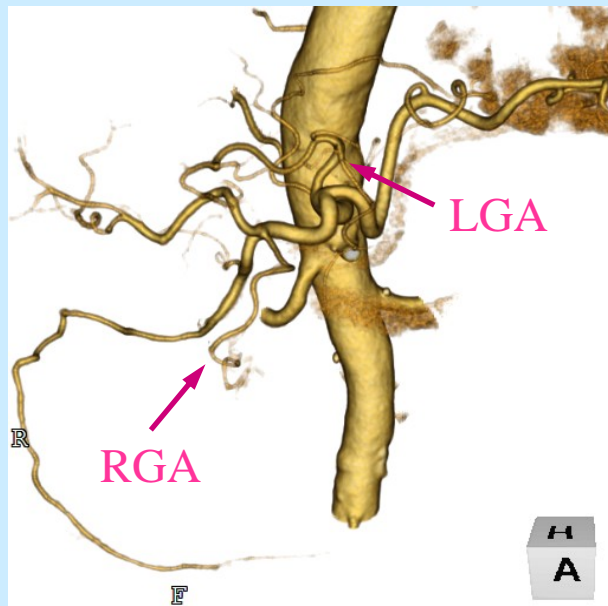
0.5mm x64 - HP53(BP0.828)

120kV Real EC 0.5sec

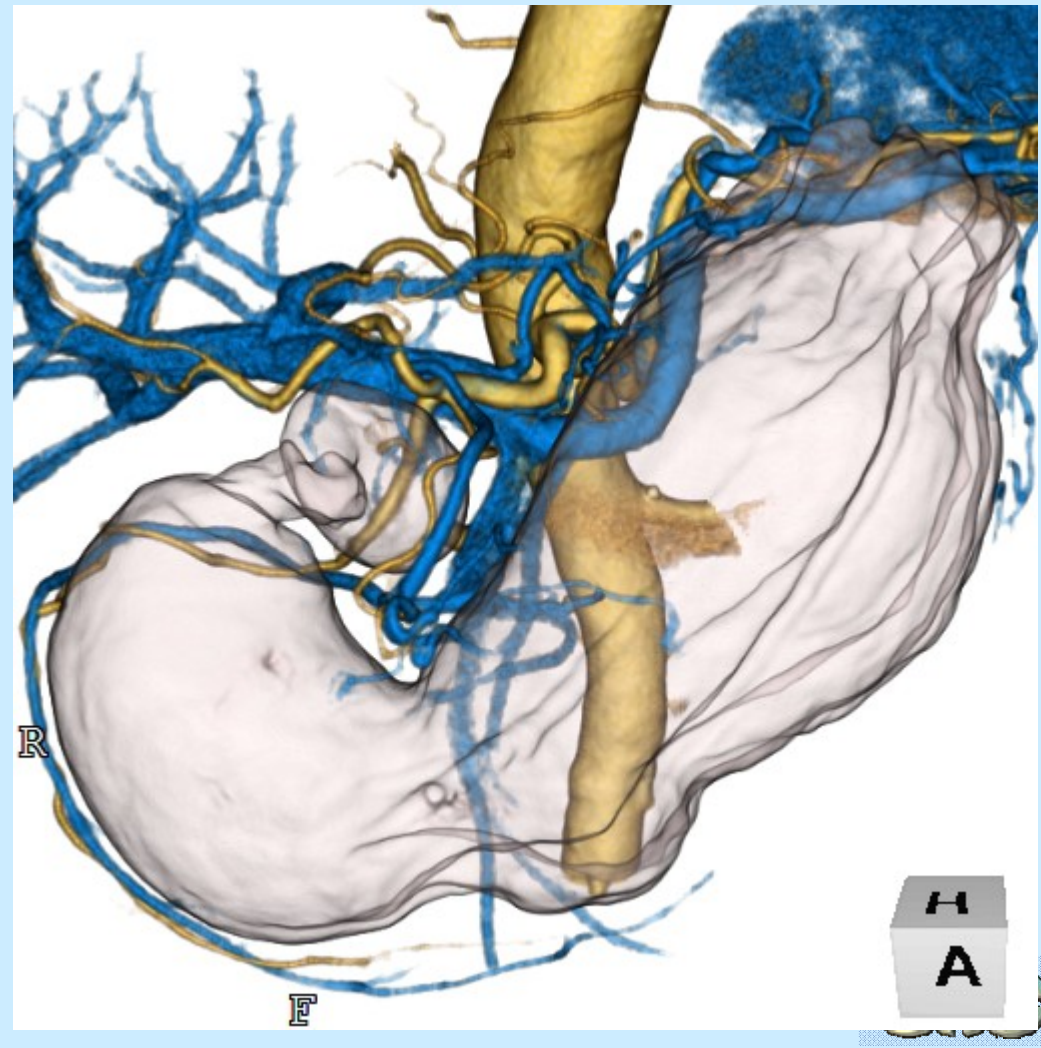
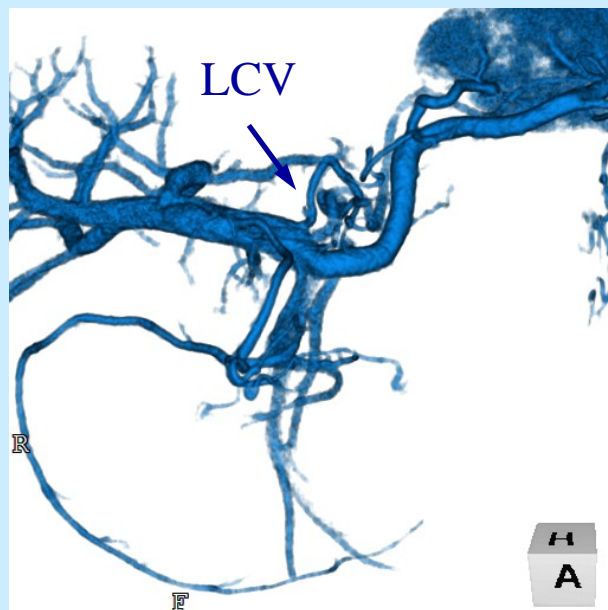
スキャン範囲 195mm スキャン時間 4.8秒

0.5mm再構成 / 0.5mm間隔

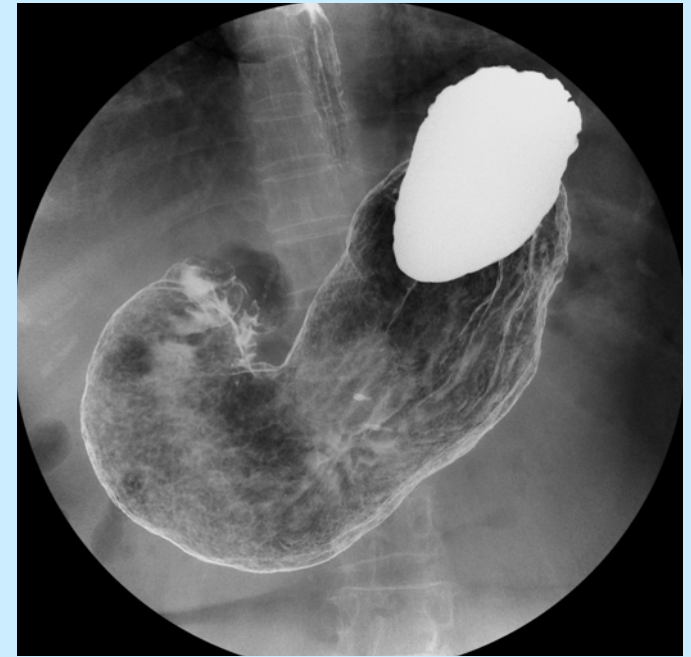
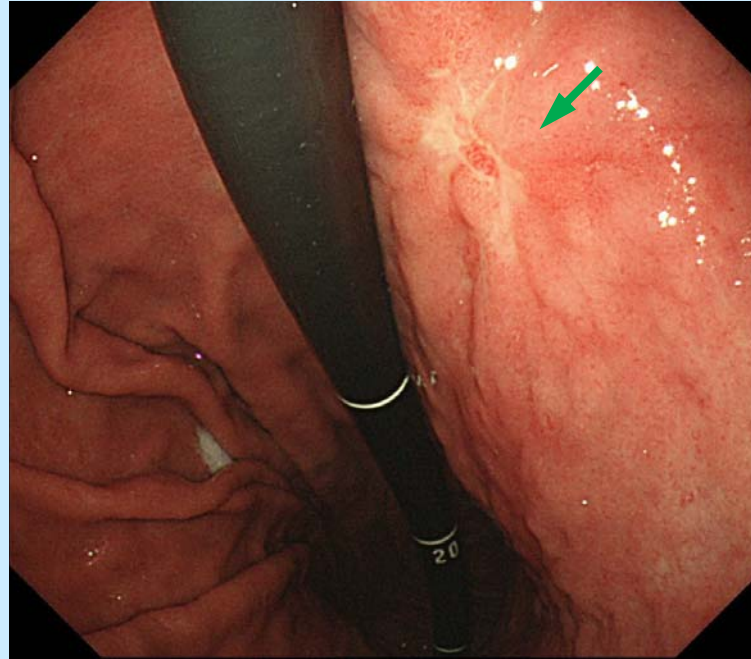
動脈相



静脈相



胃体下部後壁 II c

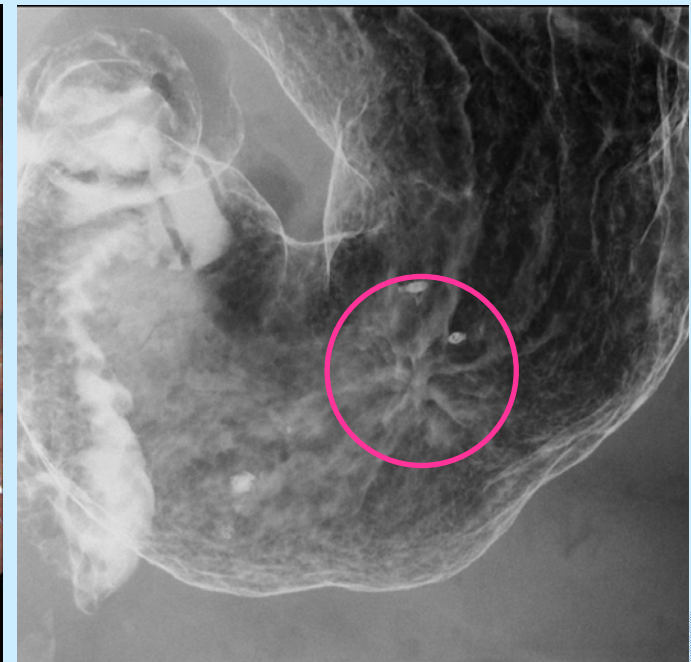
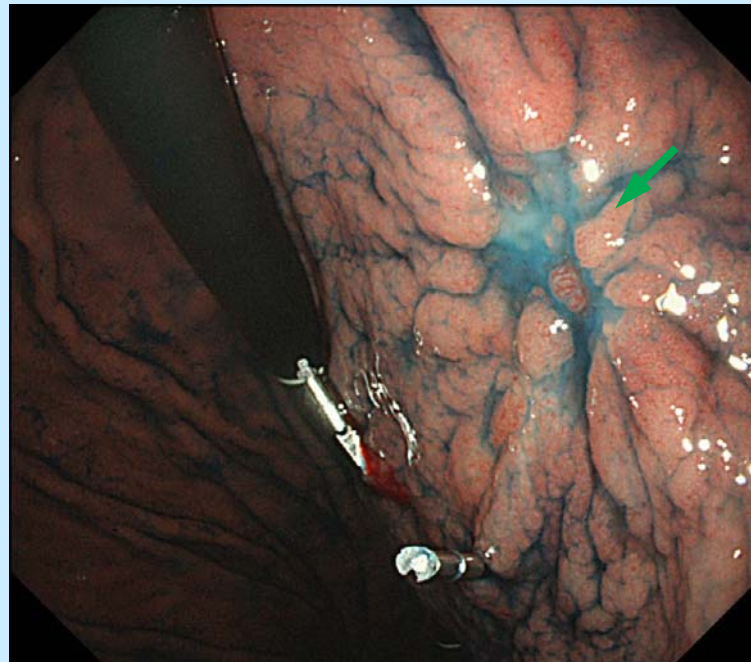


内視鏡

胃透視

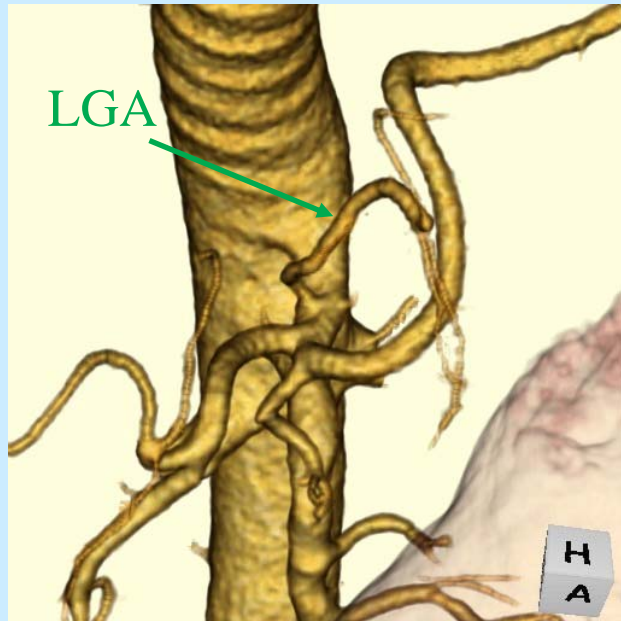
内視鏡
染色後

胃透視
スポット

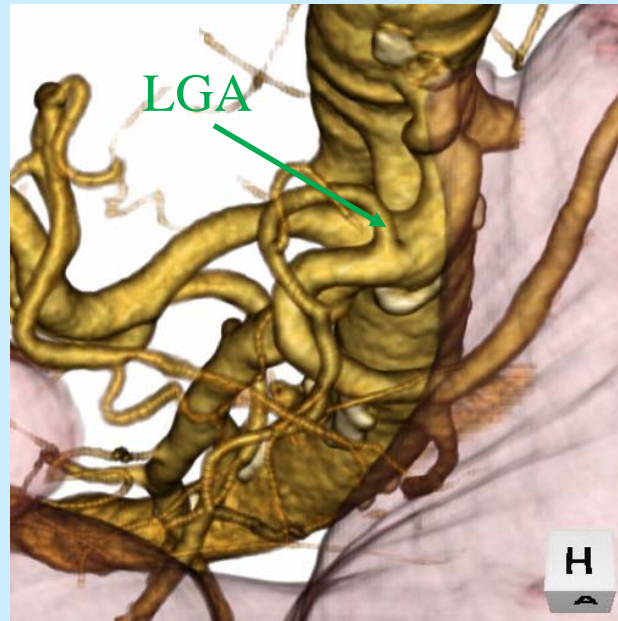


① 左胃動脈(LGA)の分岐パターン

(n=61 描出率100%)



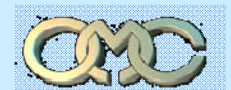
腹腔動脈からの分岐
n=56



脾動脈からの分岐
n=2

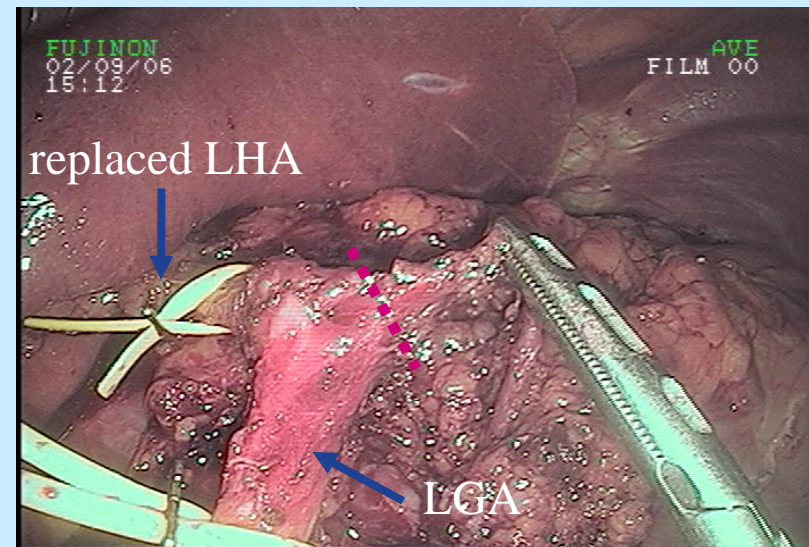
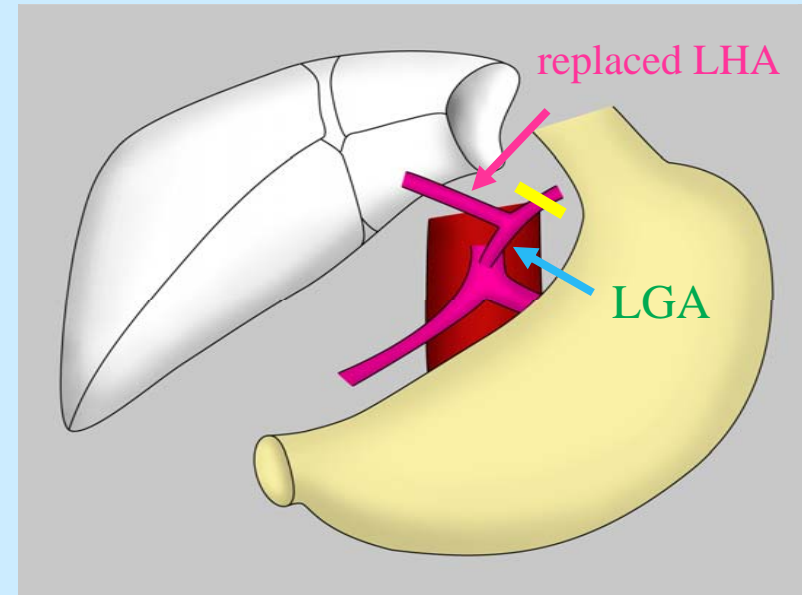
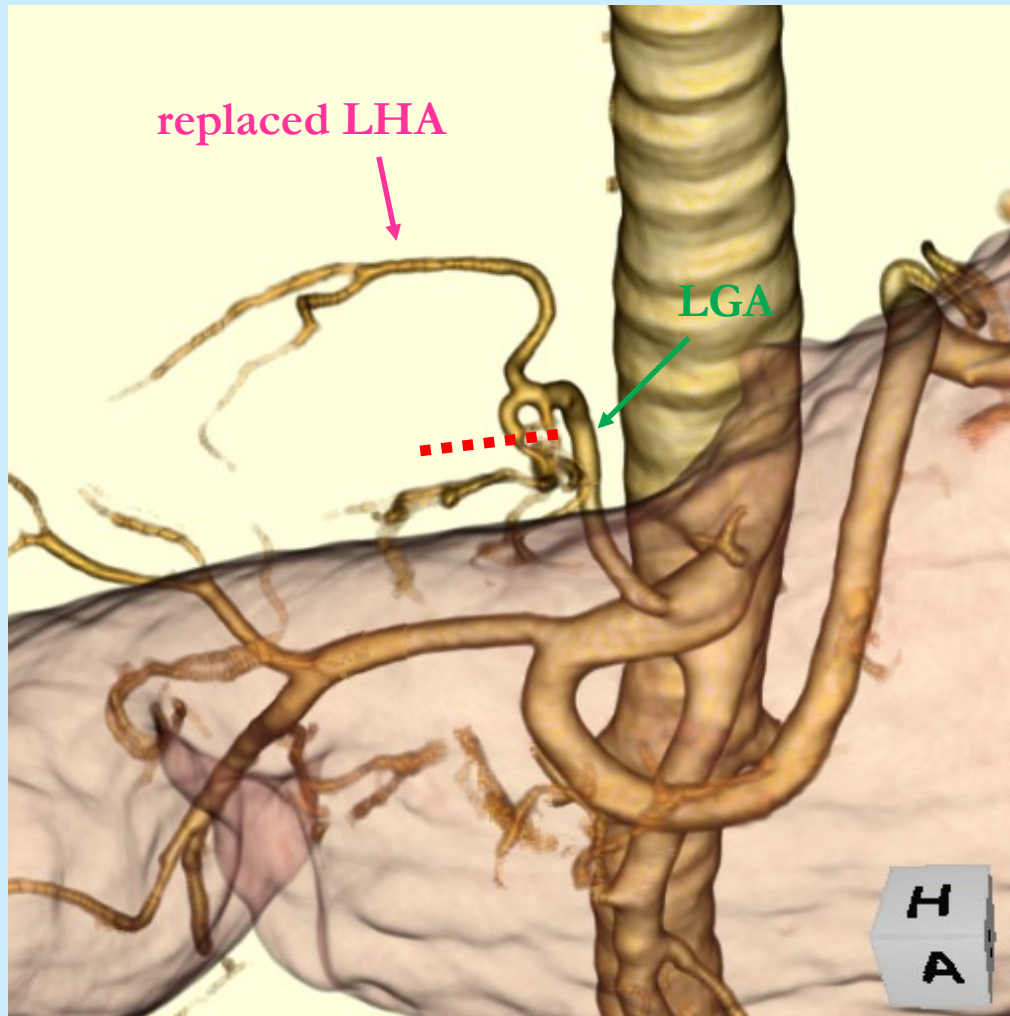


大動脈からの分岐
n=3

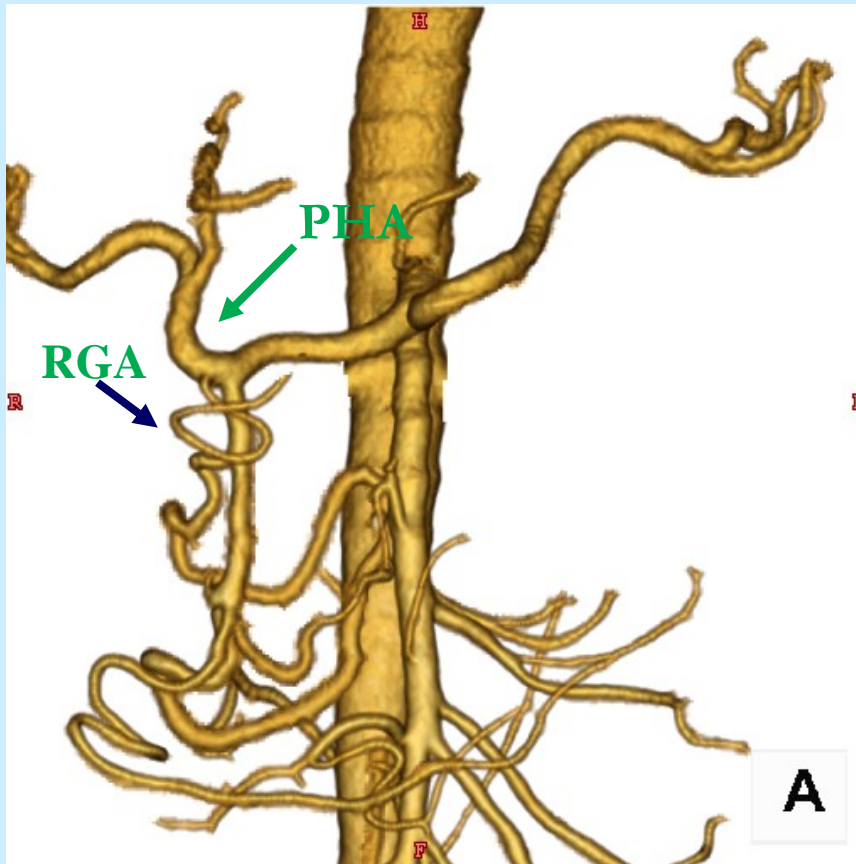


① 左胃動脈から分岐する異所性左肝動脈

(n=11: 描出率18%)

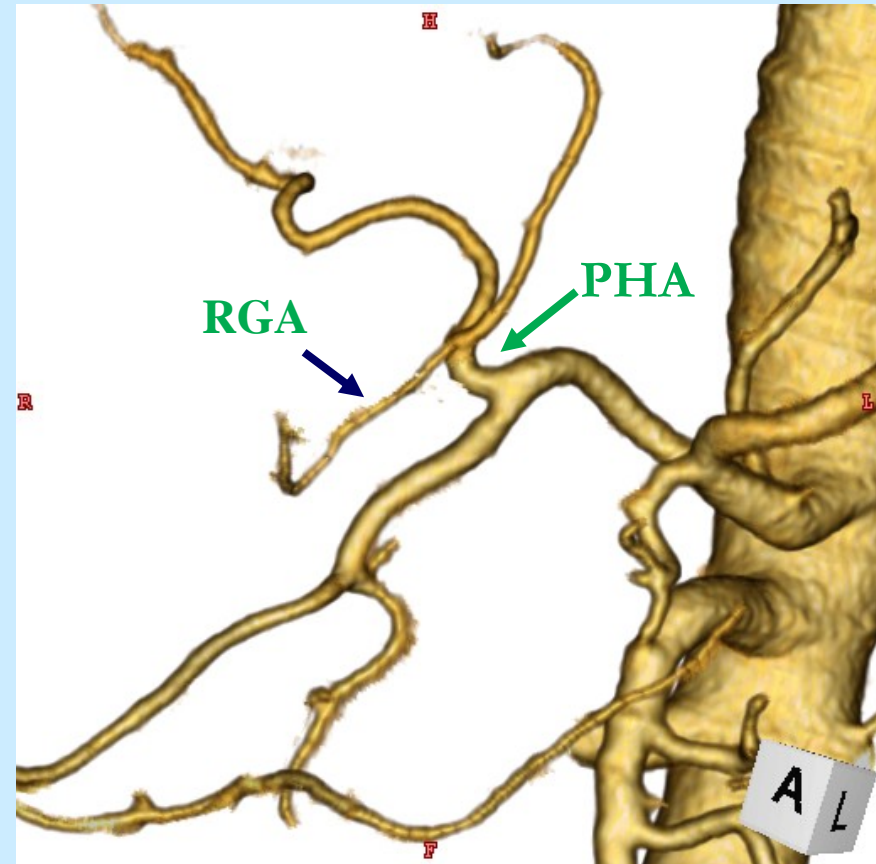


② 右胃動脈(RGA)の分岐パターン



A 胃を翻転

固有肝動脈(PHA)近位側より分岐

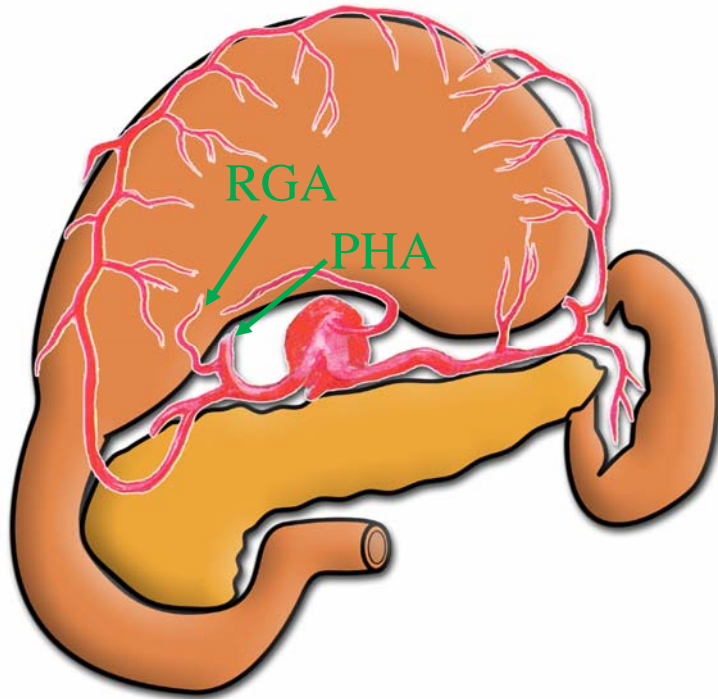


B 十二指腸を離断

固有肝動脈(PHA)遠位側より分岐

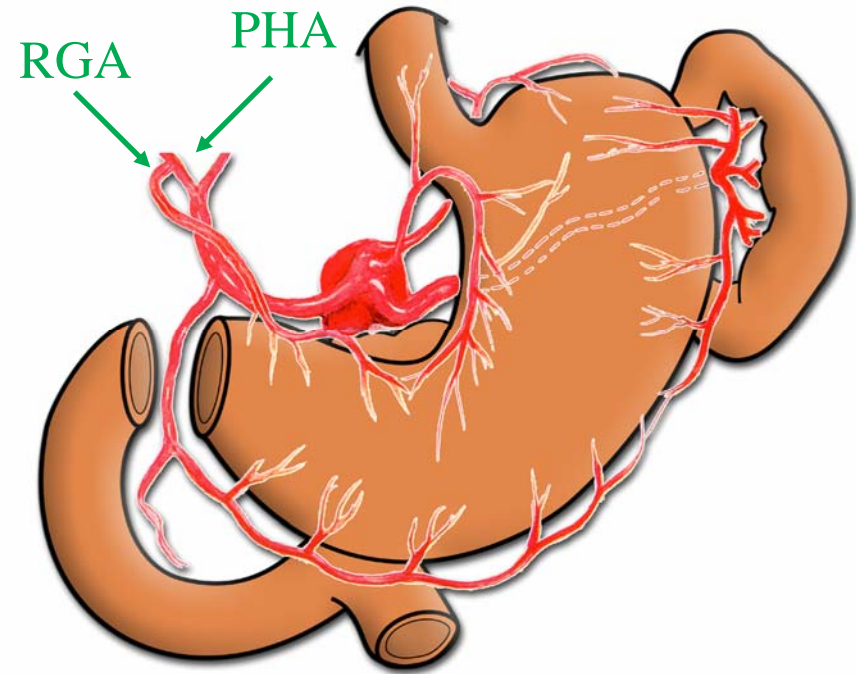


② 右胃動脈(RGA)の分岐パターン



A 胃を翻転

右胃動脈が胃十二指腸動脈あるいは固有肝動脈近位側より分岐



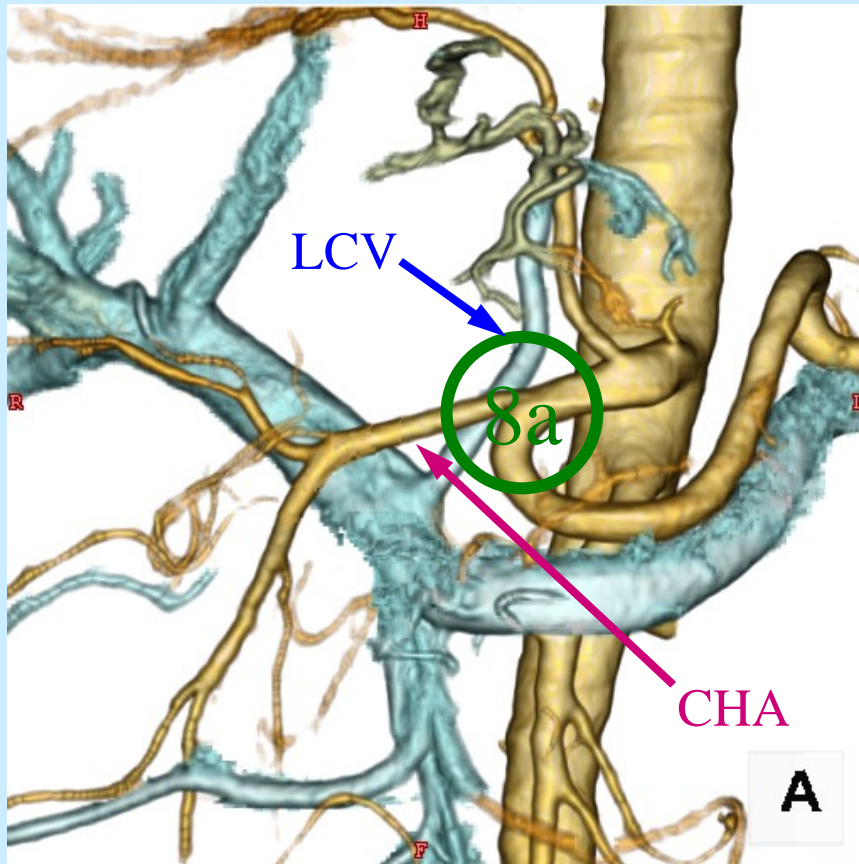
B 十二指腸を離断

右胃動脈が固有肝動脈遠位側、左右肝動脈より分岐

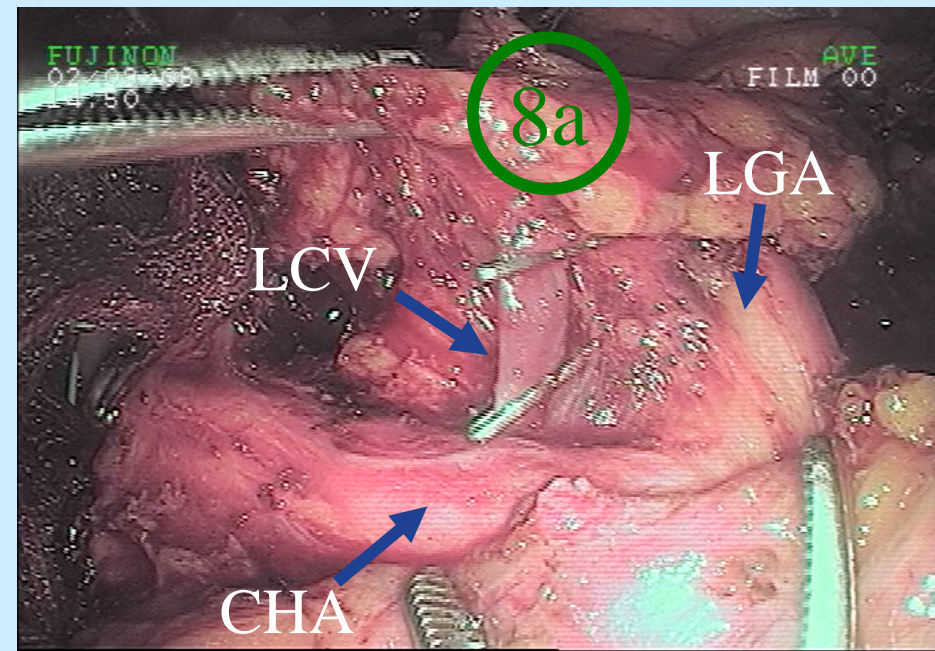


③ 左胃冠状静脈(LCV)の流入パターン

総肝動脈前上部リンパ節(No.8a)郭清



3D-CTA



Operative view



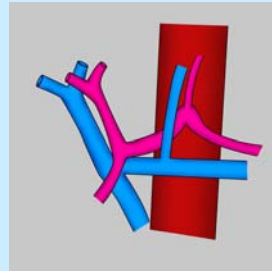
③ 左胃冠状静脈(LCV)の流入パターン

(n=60: 描出率98%)

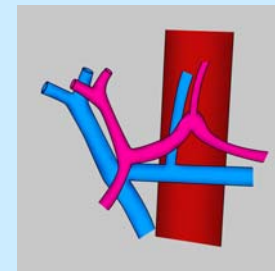
脾動脈、総肝動脈、
固有肝動脈の腹側を走行

背側を走行

脾静脈に流入

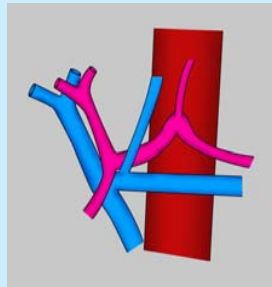


(n=24)

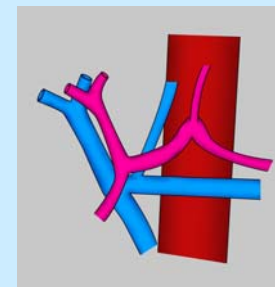


(n=5)

合流部に流入

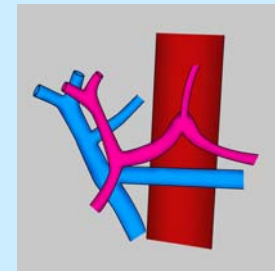


(n=7)



(n=2)

門脈に流入



(n=22)



オーダー 3 まとめ

動脈・静脈

600～750mgI/kg
目標 5ml/sec

2Dの元画像と冠状断で読影
MPR画像...冠状断でリンパ節のチェック
VR画像...左胃動脈(LGA)の分岐パターン
VR画像...左胃動脈から分岐する異所性左肝動脈
VR画像...右胃動脈(RGA)の分岐パターン
VR画像...左胃冠状静脈(LCV)の流入パターン
VR画像...動脈・静脈・Air-imageの合成
Virtual Endoscopy

〔腹腔鏡下胃癌術前に対する支援画像〕



オーダー 4

大腸

消化器外科

患者さんは53歳男性で、直腸癌の腹腔鏡下で手術の予定です。造影CTにて術前シミュレーション画像をお願いします。

〔腹腔鏡下大腸癌術前に対する手術支援〕



腹腔鏡下大腸癌手術術前検査

※ボーラストラッキング法

造影剤は5mL/秒で注入

約20秒後に肝上縁から
恥骨結合に向かって撮影し、造影開始約50秒後より
恥骨結合から肝上縁に向かって静脈のreturnに対し
順行性に静脈相を撮影している。このタイミングは
良好な静脈の3D画像を作成すると同時に、
肝転移に対する評価も行える時相となっている

術前の大腸内視鏡検査に続いて、
適量の空気を注入した状態のまま
CT検査を行う

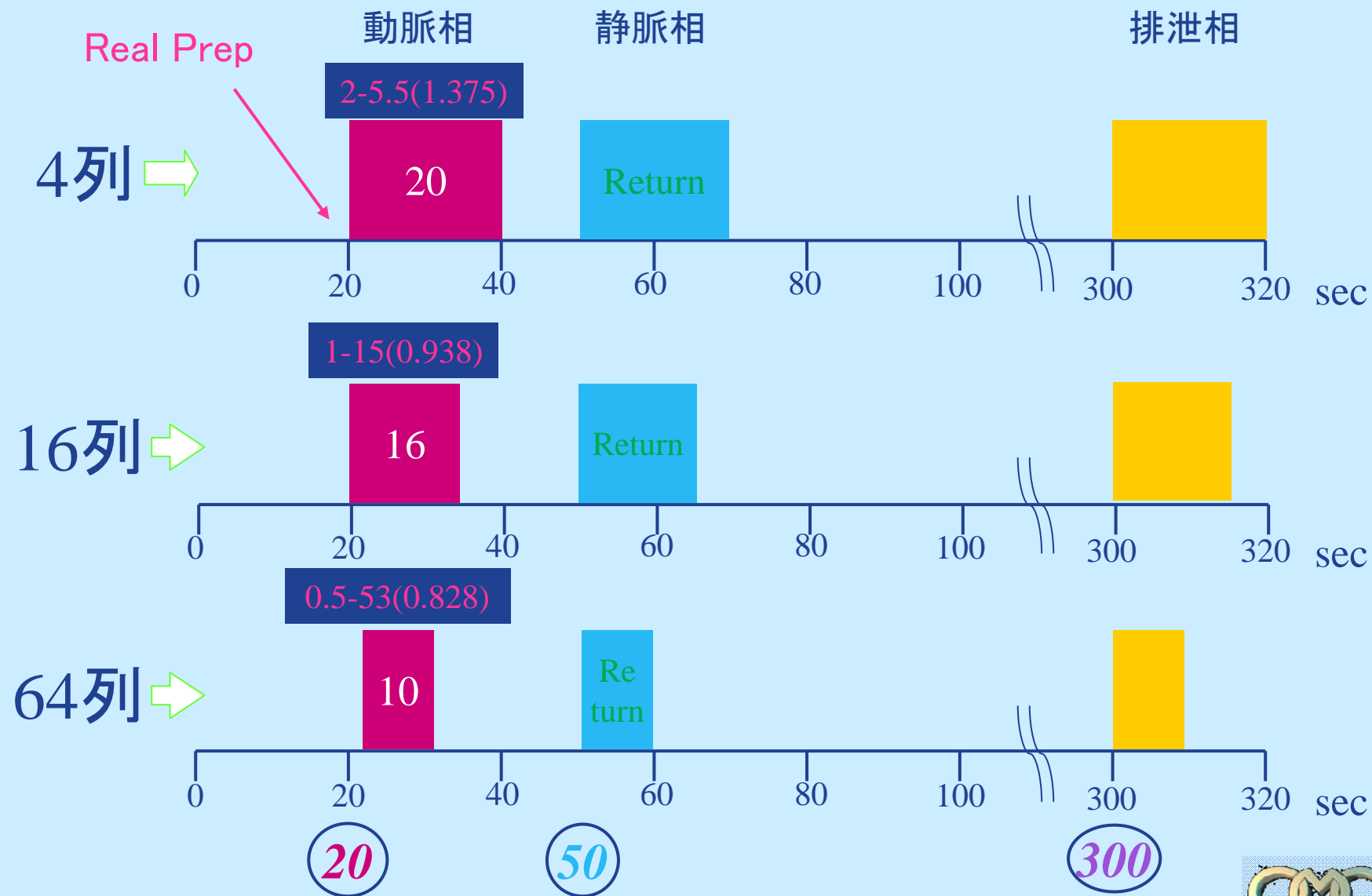
※20

300

50



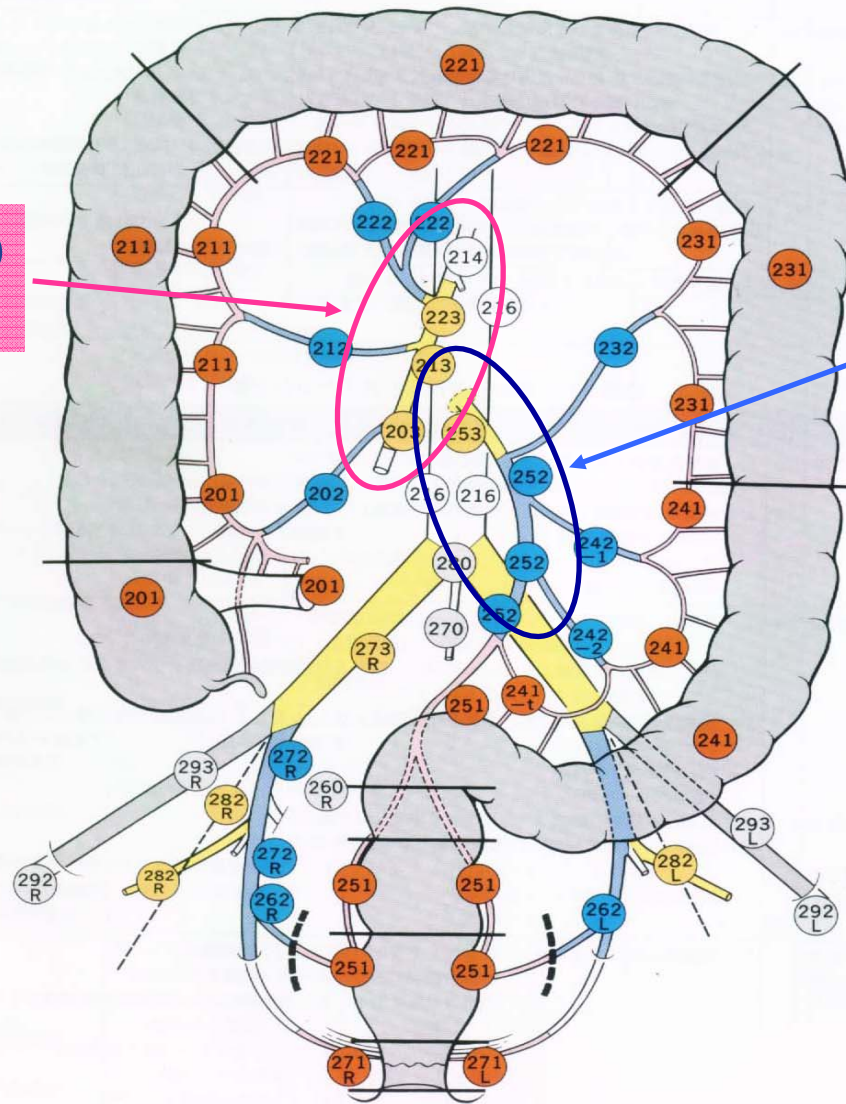
大腸3D-CTA Time Table



本邦における大腸癌に対するリンパ節郭清程度

上腸間脈動脈(SMA)
によって支配

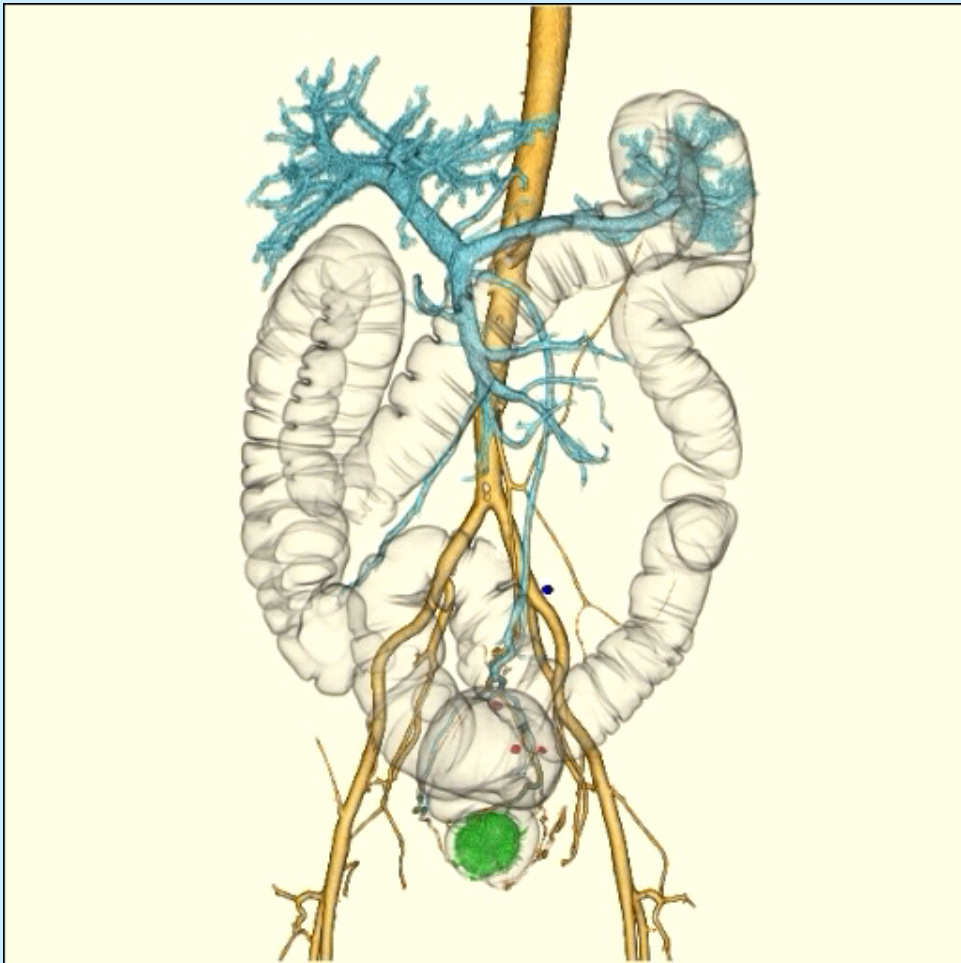
下腸間脈動脈(IMA)
によって支配



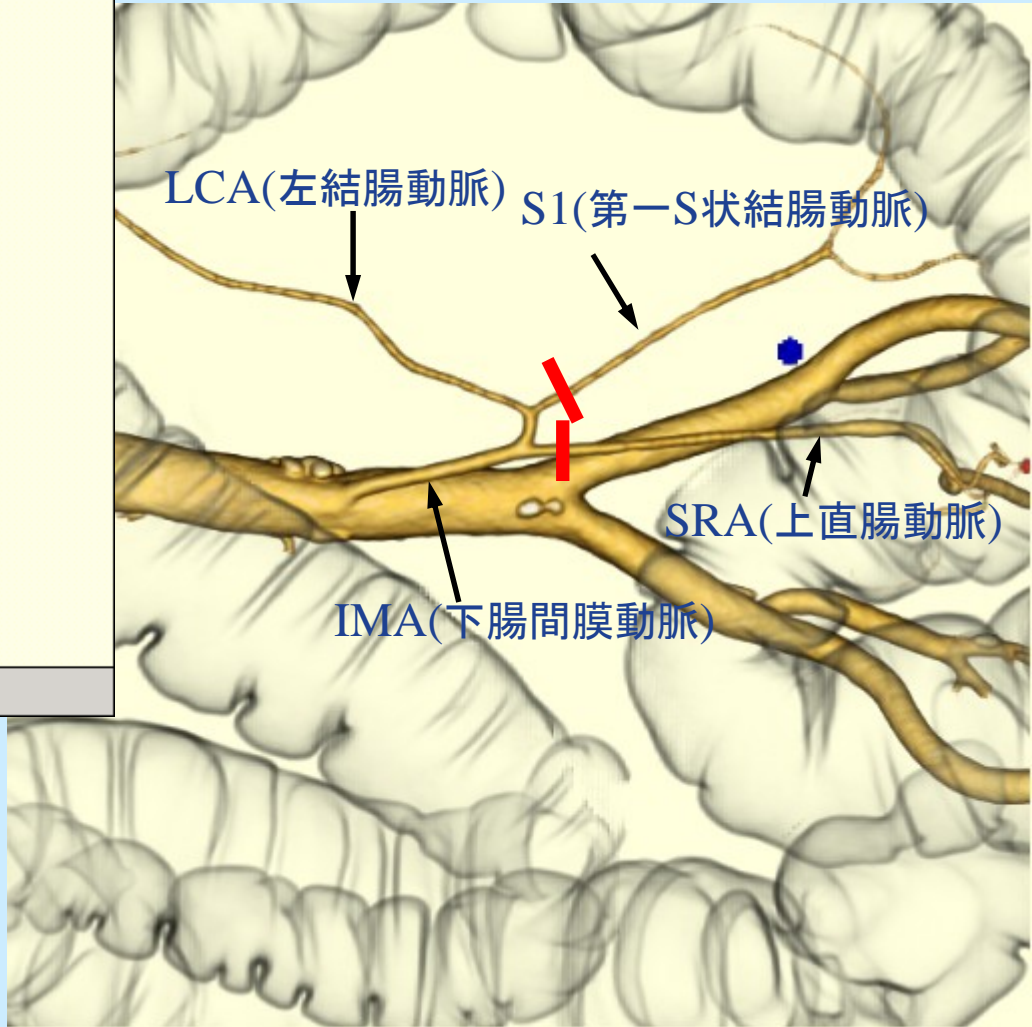
1群:赤 2群:青
3群:黄 4群:白

大腸癌取り扱い規約より





CT.avi



LCA(左結腸動脈) S1(第一S状結腸動脈)

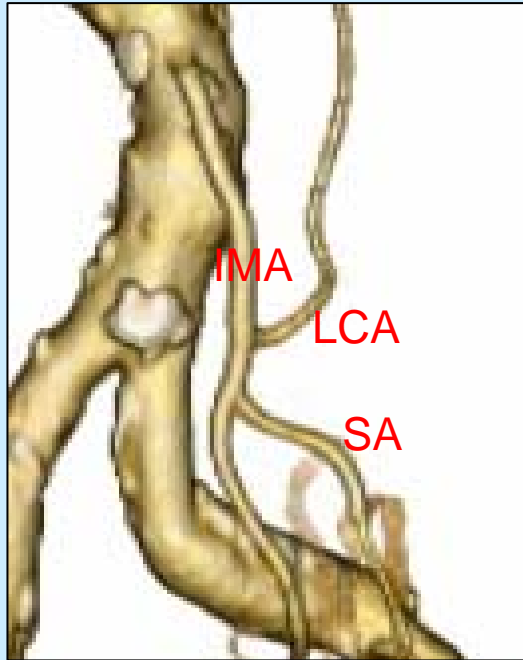
SRA(上直腸動脈)

IMA(下腸間膜動脈)



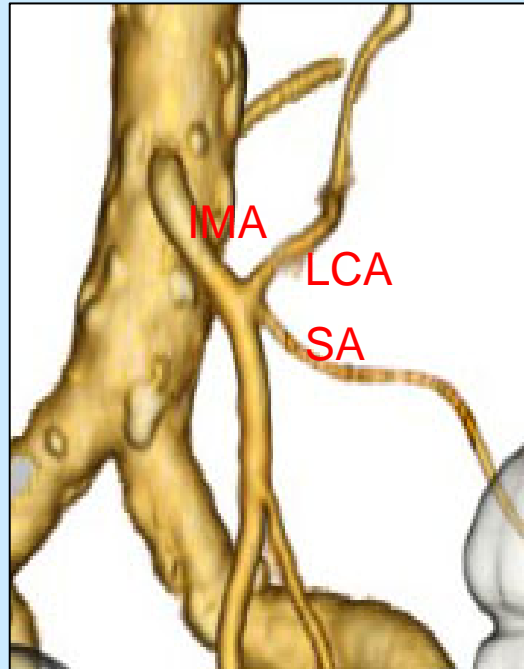
下行結腸～直腸癌

左結腸動脈とS状結腸動脈の分岐形態



独立分岐型

52.9%
(81/153)



3分岐型

13.7%
(21/153)

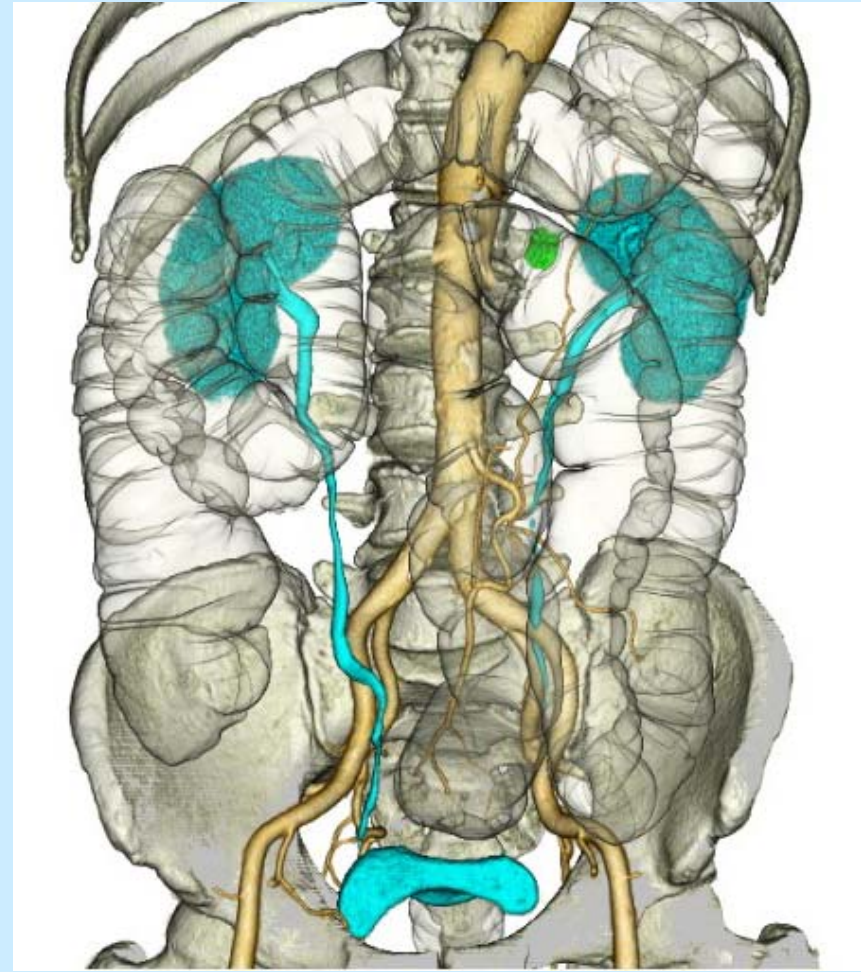
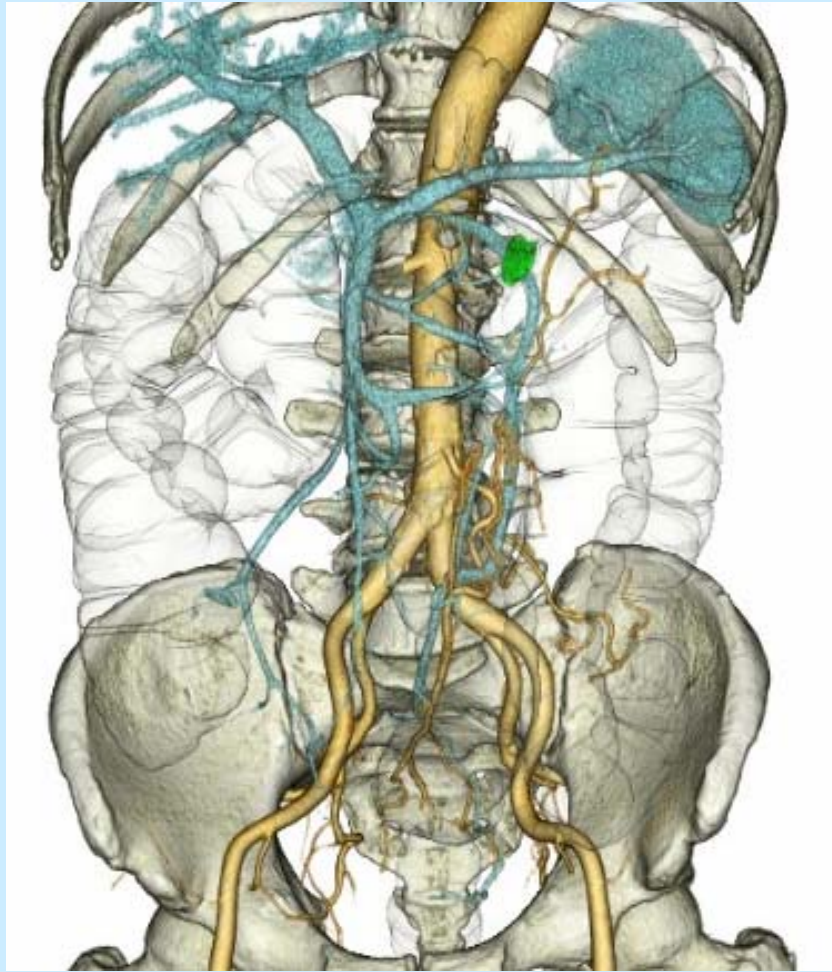


共通幹型

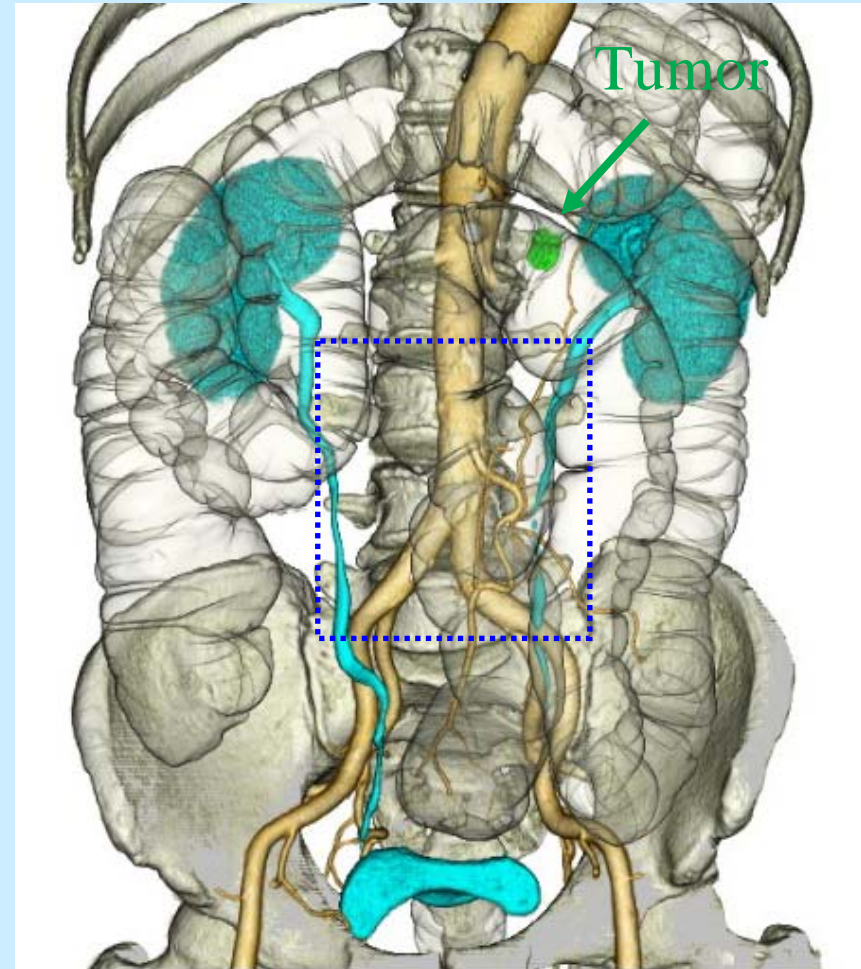
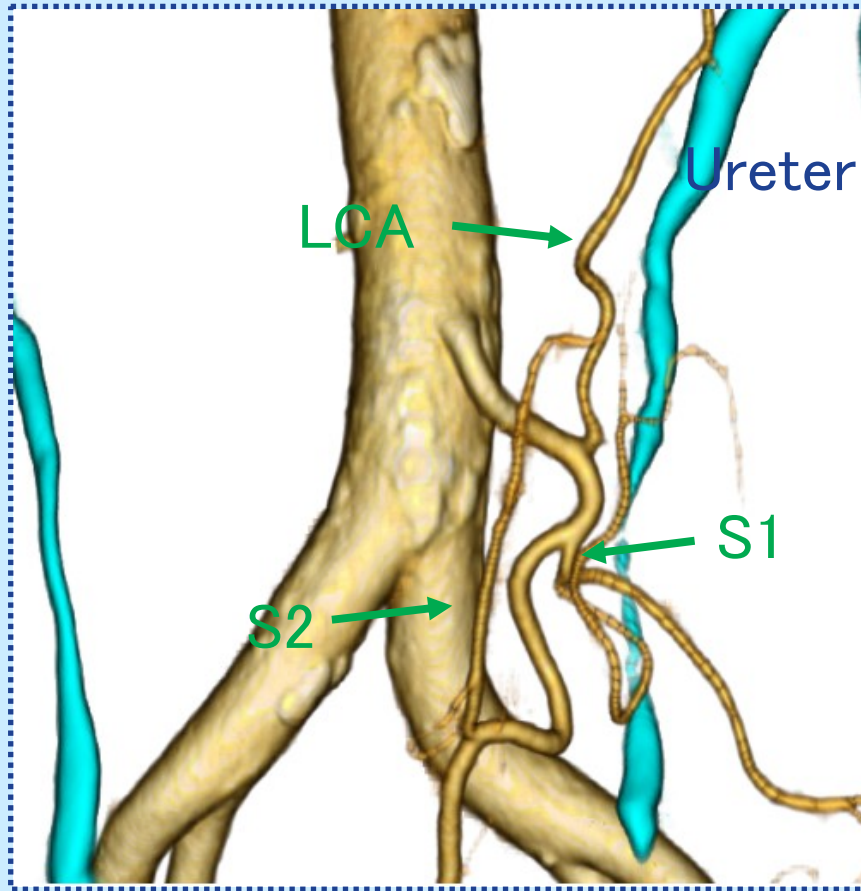
33.3%
(51/153)



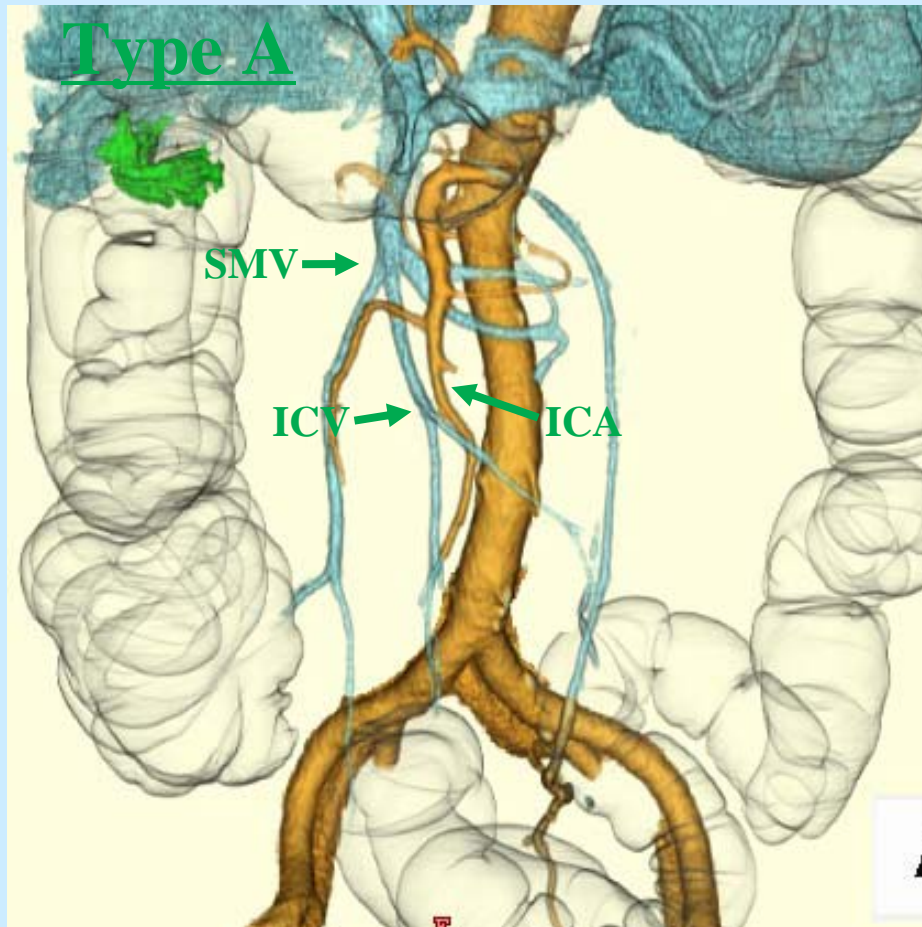
下行結腸～直腸癌



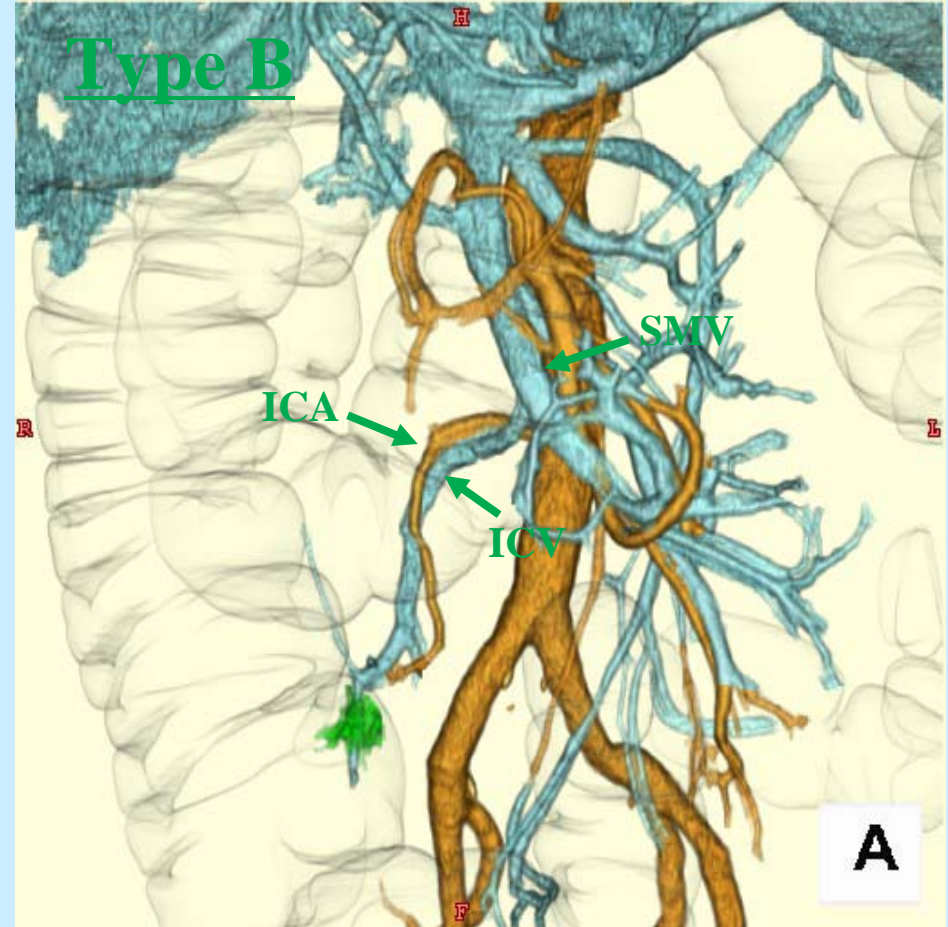
下行結腸～直腸癌



右側結腸癌



回結腸動脈根部の処理の際、上腸間膜動脈の背側を走行する回結腸静脈枝や上腸間膜静脈本幹の損傷に注意!

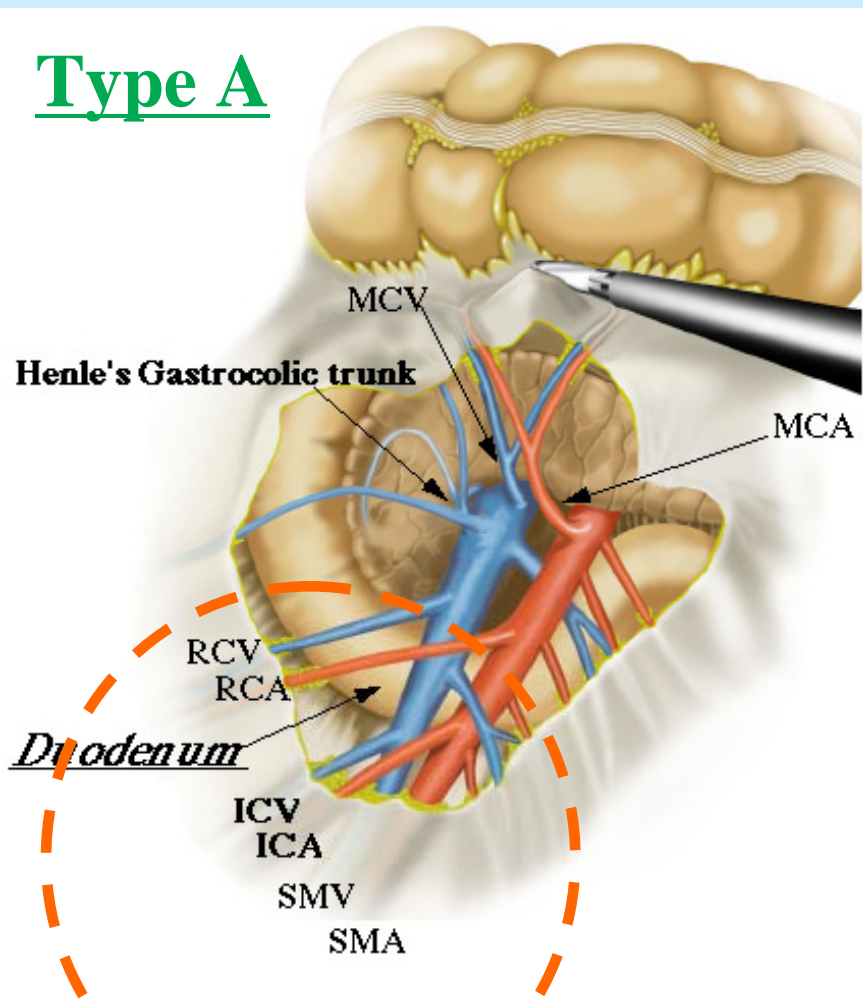


リンパ節郭清の際、上腸間膜静脈背側も含めた綿密な郭清が要求される



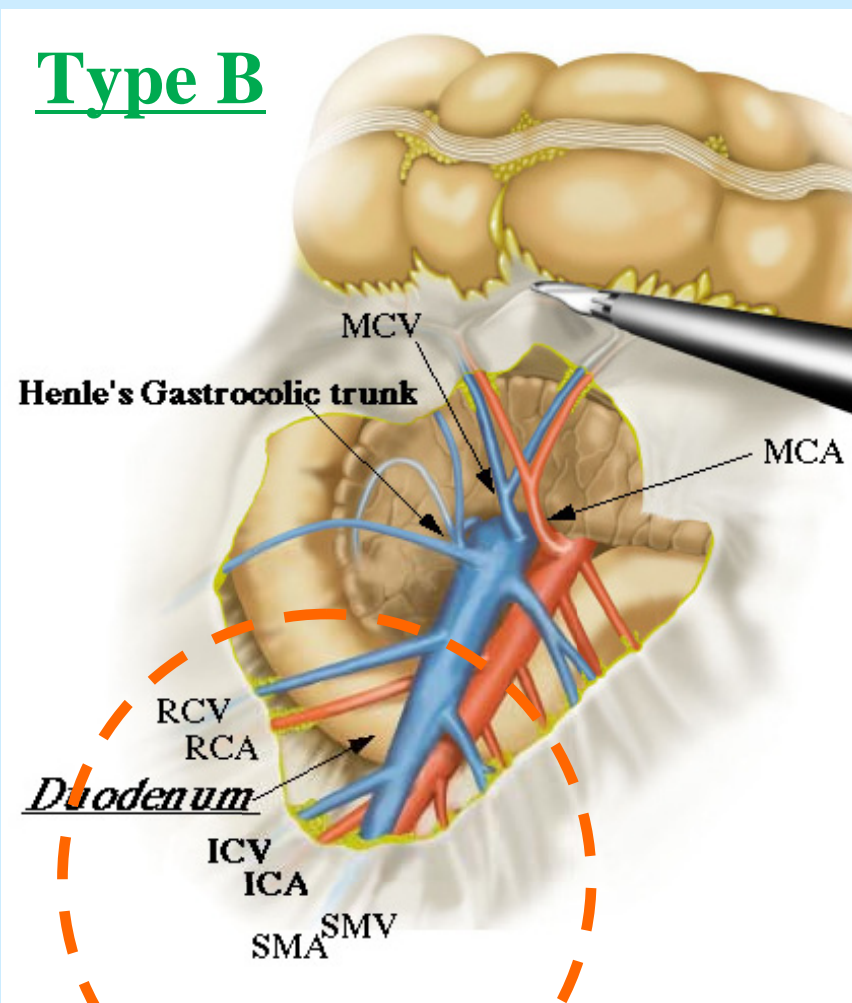
右側結腸癌(動静脈同時描出)

Type A



回結腸動脈(ICA)が、上腸間膜静脈(SMV)の腹側を通る症例

Type B



回結腸動脈(ICA)が、上腸間膜静脈(SMV)の背側を通る症例



オーダー 4 まとめ

動脈・静脈

600～750mgI/kg
目標 5ml/sec

2Dの元画像と冠状断で読影

MPR画像...冠状断でリンパ節のチェック

VR画像...右側の場合は上腸間脈動脈(SMA)から腫瘍

* 回結腸動脈(ICA)、上腸間脈静脈(SMV)
の走行に注意

VR画像...左側の場合は下腸間脈動脈(IMA)から腫瘍

* 尿管の走行にも注意

VR画像...動脈・静脈・Air-imageの合成

Virtual Endoscopy(CT colonography)

〔腹腔鏡下大腸癌術前に対する手術支援〕



診断に役立つ3Dから治療に役立つ3Dへと進化している
3D画像は、治療を迅速かつ安全に行う上で多大な貢献をもたらしている

現在の3Dは、2Dの元画像を積み重ねることによって作成されている
したがって、良好な3Dを得るには元画像の画質が非常に重要！
ちょっとしたことの積み重ねで画質は大きく変わります！

患者さんにX線をあて、さらに体内に異物である造影剤を注入している
それらから得られたデータを最大限活用するのが我々の責務である

3D画像は作者の意図が大きく影響を与える画像である
作成した3D画像が臨床に役立っているか！
実際の治療(IVRや手術など)の現場で確認をする必要がある

