

Time Enhancement Curveの基礎

～検査・的に最適なTECを考える～

医療法人社団 高邦会
福岡山王病院
最所 誉

TECの基礎

- TECの基本的な考え方（造影因子）
- 患者ごとのTECの揃え方（患者因子）
 - 造影テクニック
 - 注入パラメーターとの関係
- 部位によるTECの変化（CT撮影因子）
 - 頭部・心血管
 - 大動脈～下肢動脈・腹腔内動脈

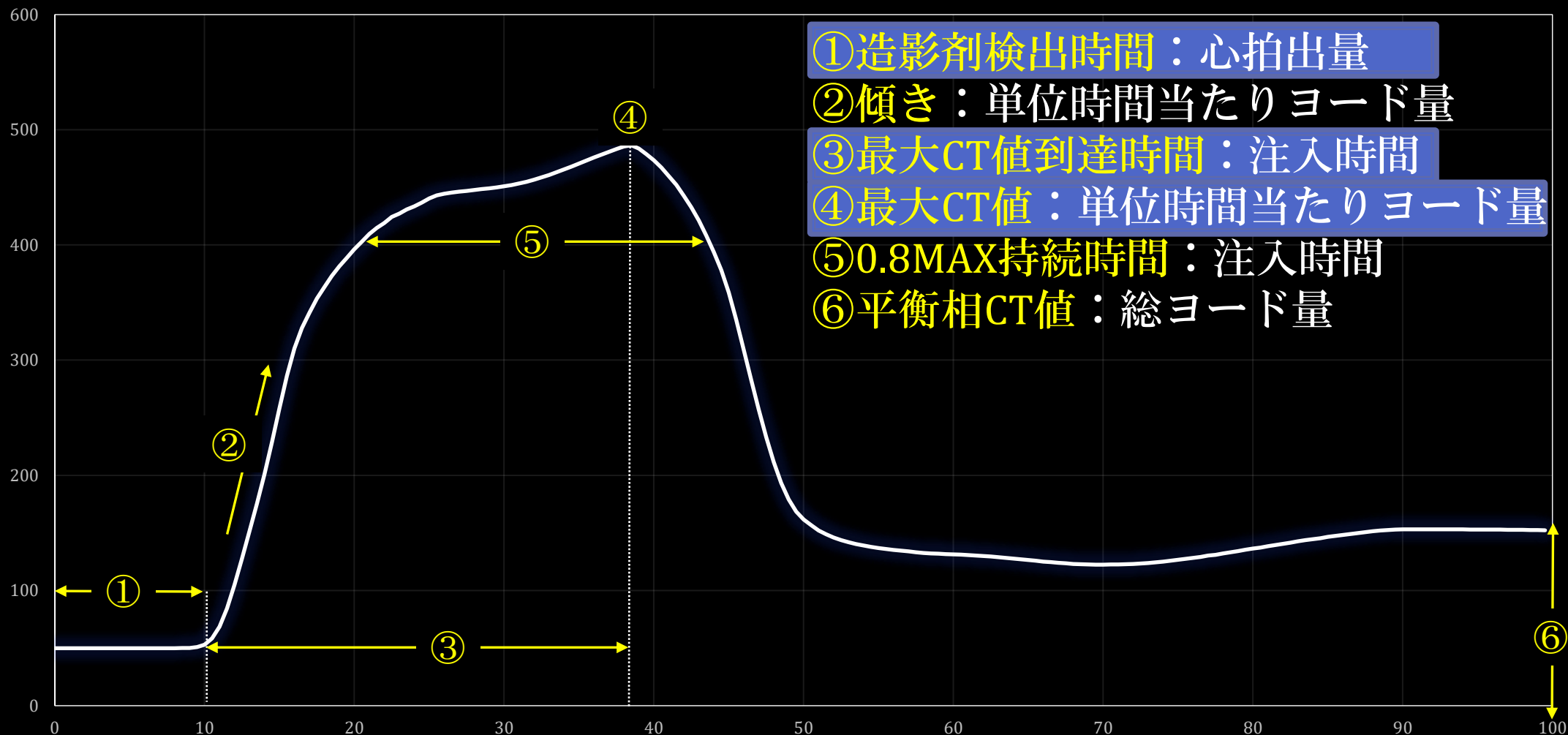


適正化
再現性

TECの基礎

- TECの基本的な考え方（造影因子）
- 患者ごとのTECの揃え方（患者因子）
 - 造影テクニック
 - 注入パラメーターとの関係
- 部位によるTECの変化（CT撮影因子）
 - 頭部・心血管
 - 大動脈～下肢動脈・腹腔内動脈

TECの基本的な考え方



TECに影響を与える因子

単位時間当たりヨード量

- 検出時間
- 傾き
- 最大CT値



注入時間

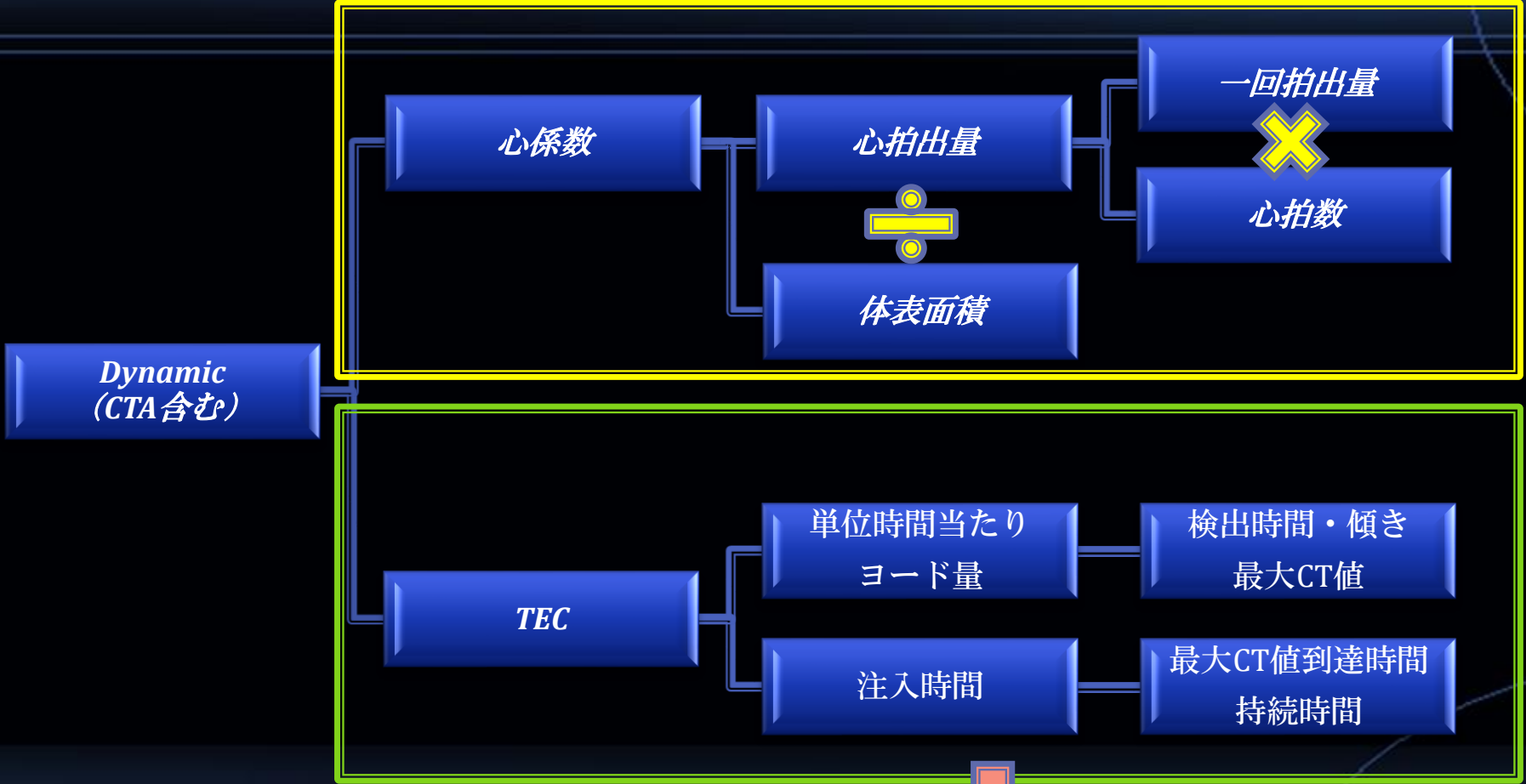
- 最大CT値到達時間
- 持続時間



総ヨード量

- 平衡相CT値

患者因子
造影因子



- 心係数 : Cardiac Index (2.5~4 L/min/m²)
- 心拍出量 : Cardiac Output (2.5~6 L/min)
- 一回拍出量 : Stroke Volume (30~70 mL)

+

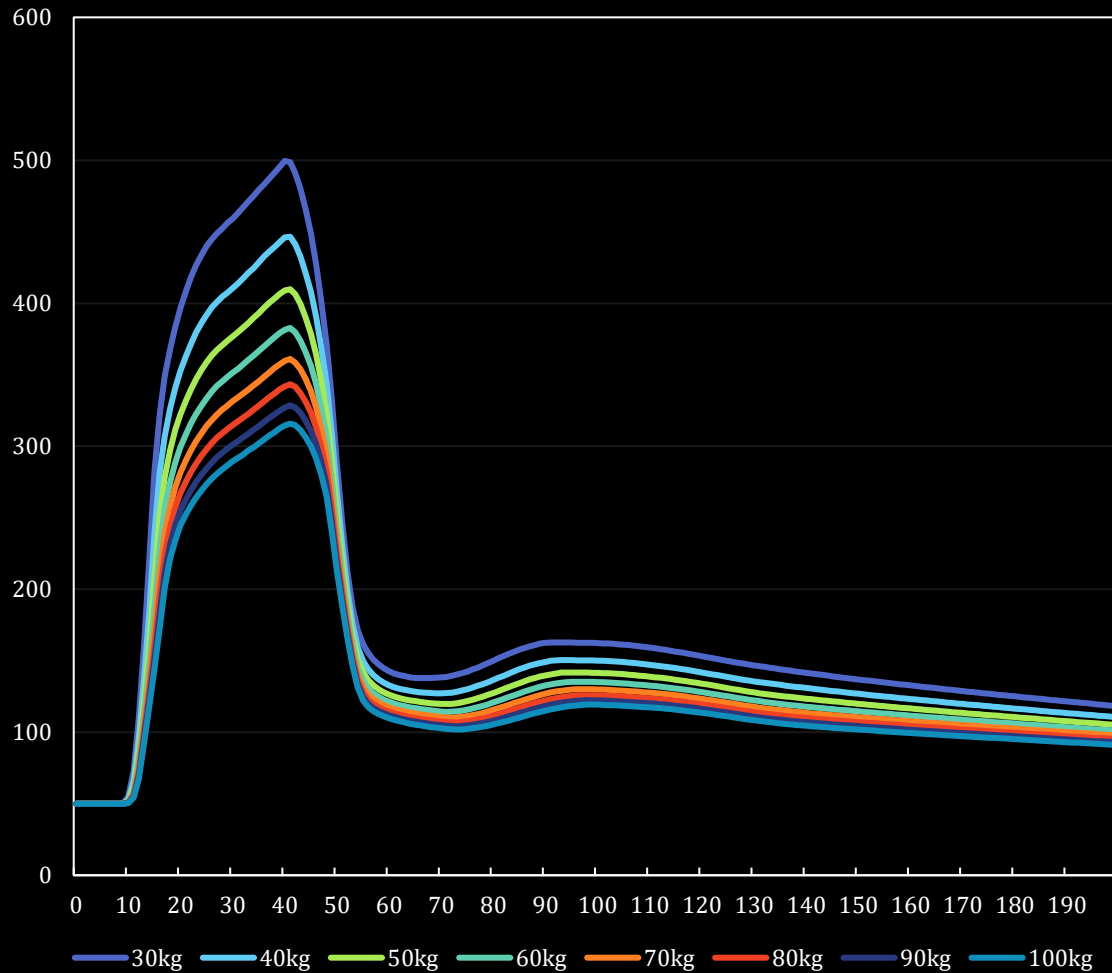
CT撮影因子

TECの基礎

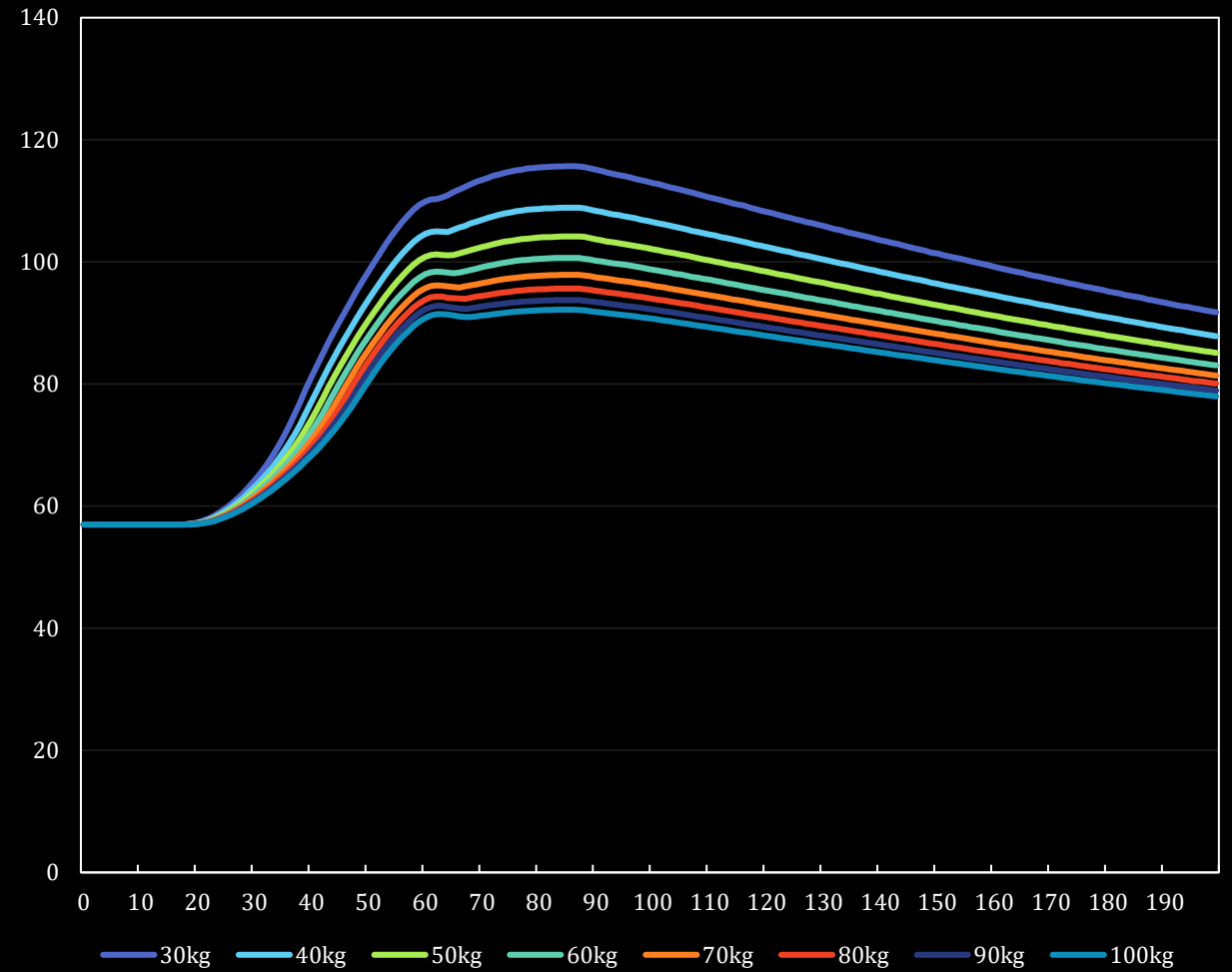
- TECの基本的な考え方（造影因子）
- 患者ごとのTECの揃え方（患者因子）
 - 注入パラメーターとの関係
 - 造影テクニック
- 部位によるTECの変化（CT撮影因子）
 - 頭部・心血管
 - 大動脈～下肢動脈・腹腔内動脈

体重毎の大動脈と肝実質のTEC (コード量固定)

大動脈

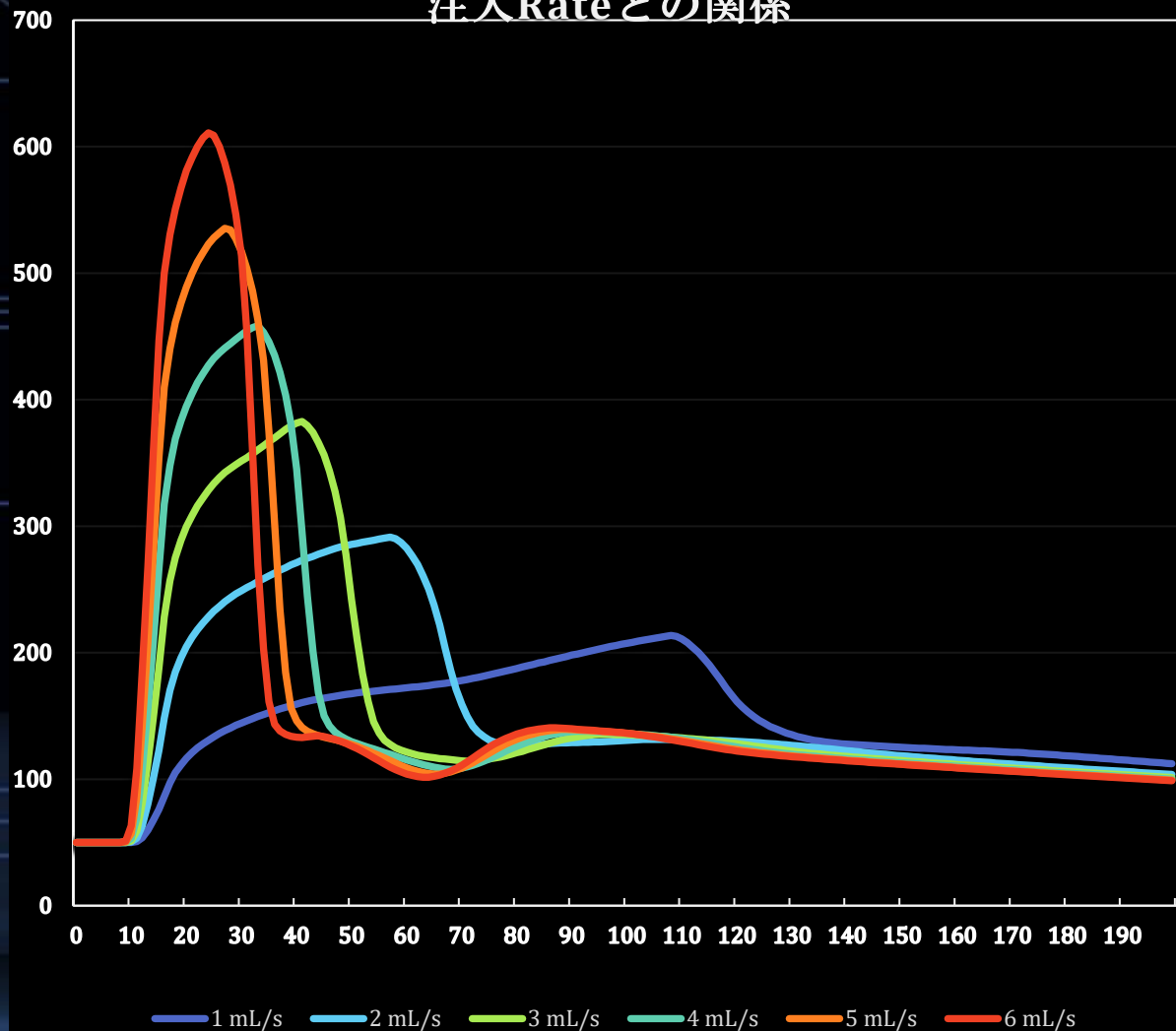


肝実質

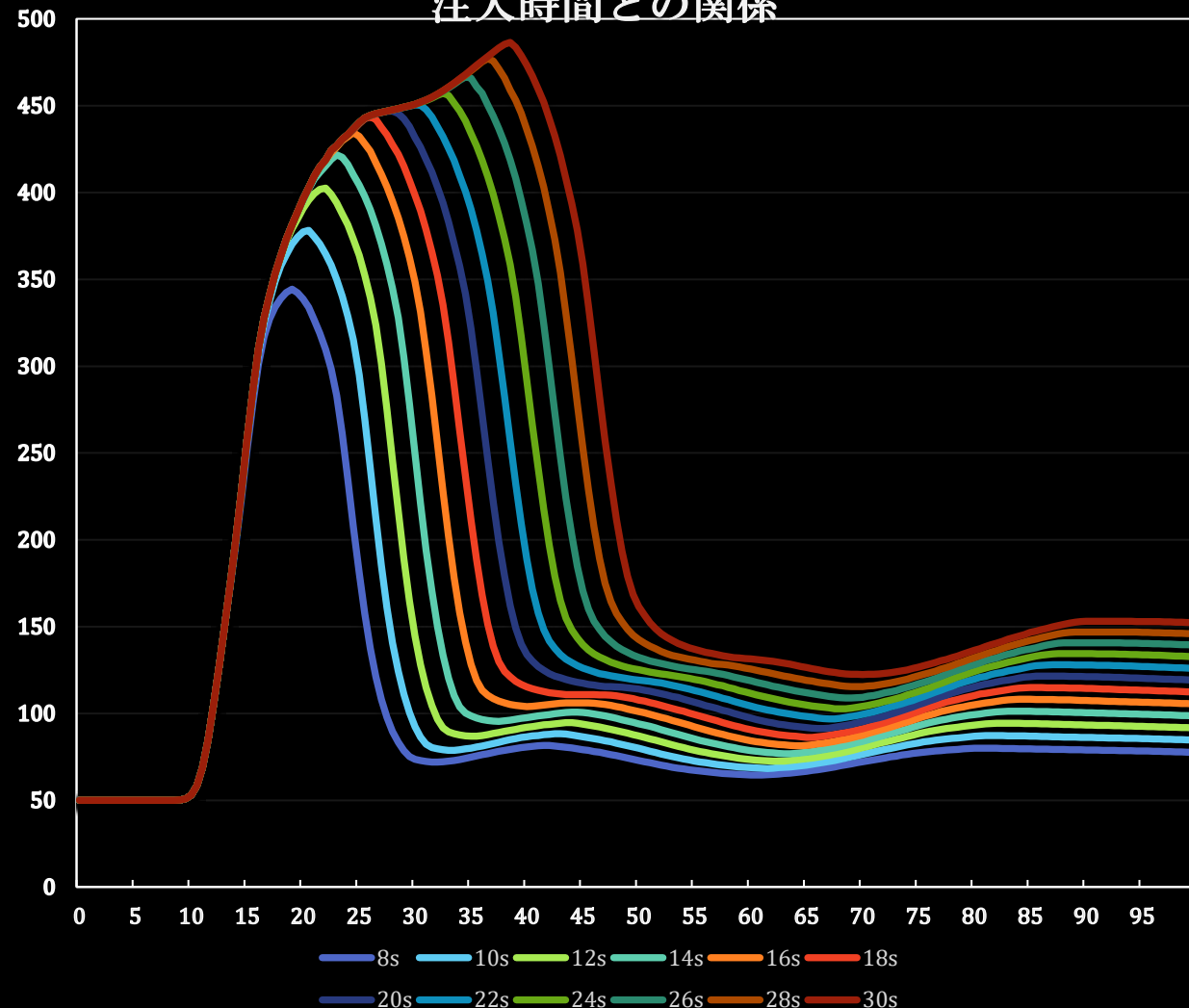


注入Rate及び注入時間を変化したTEC

造影剤100 mL固定した場合の
注入Rateとの関係



体重当たりヨード量を固定した場合の
注入時間との関係



TECの造影効果を持続するには

最大CT値持続時間(0.8MAX)

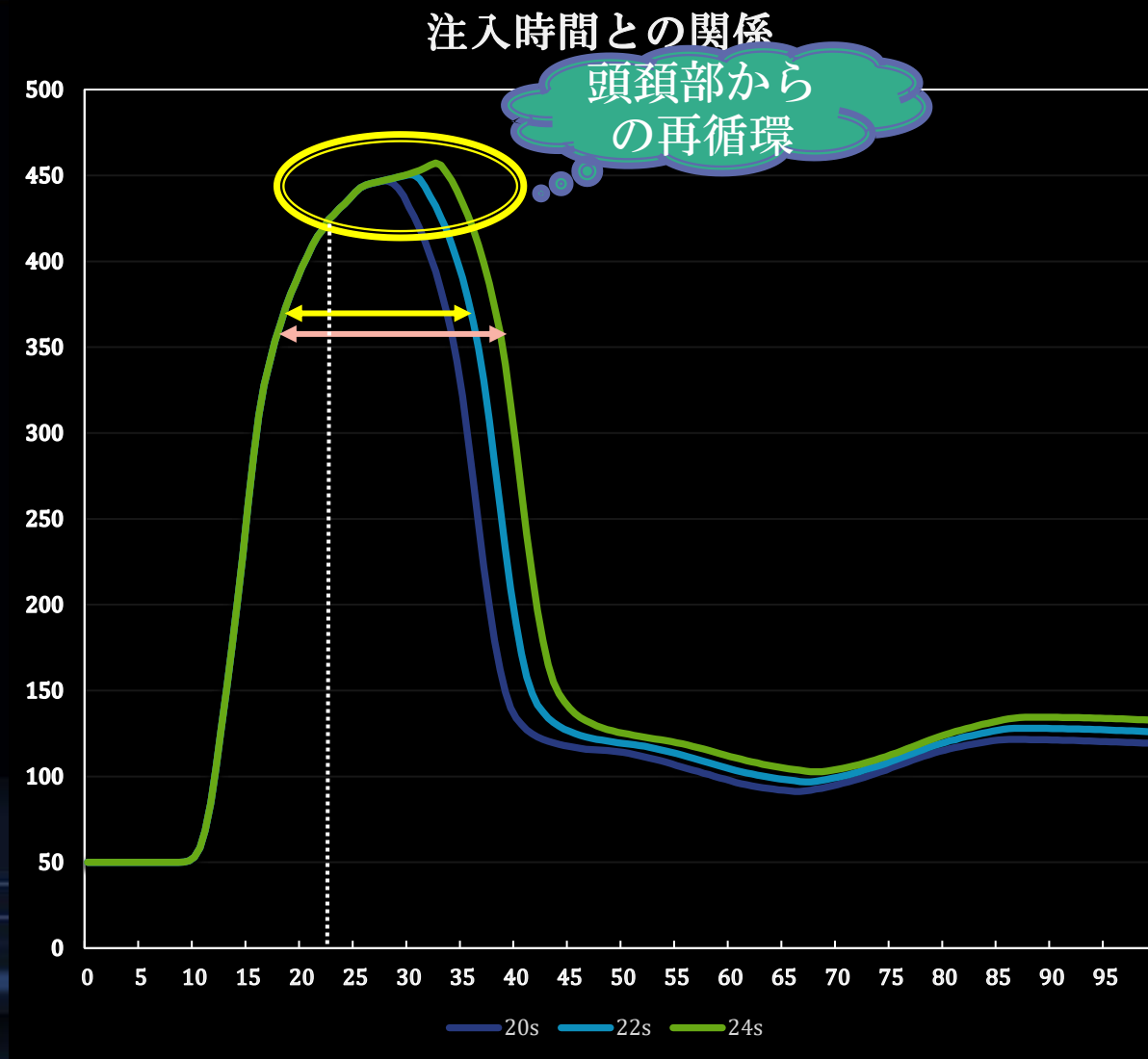
22.5秒未満 注入時間×0.67

22.5秒以上 注入時間×0.29+12秒

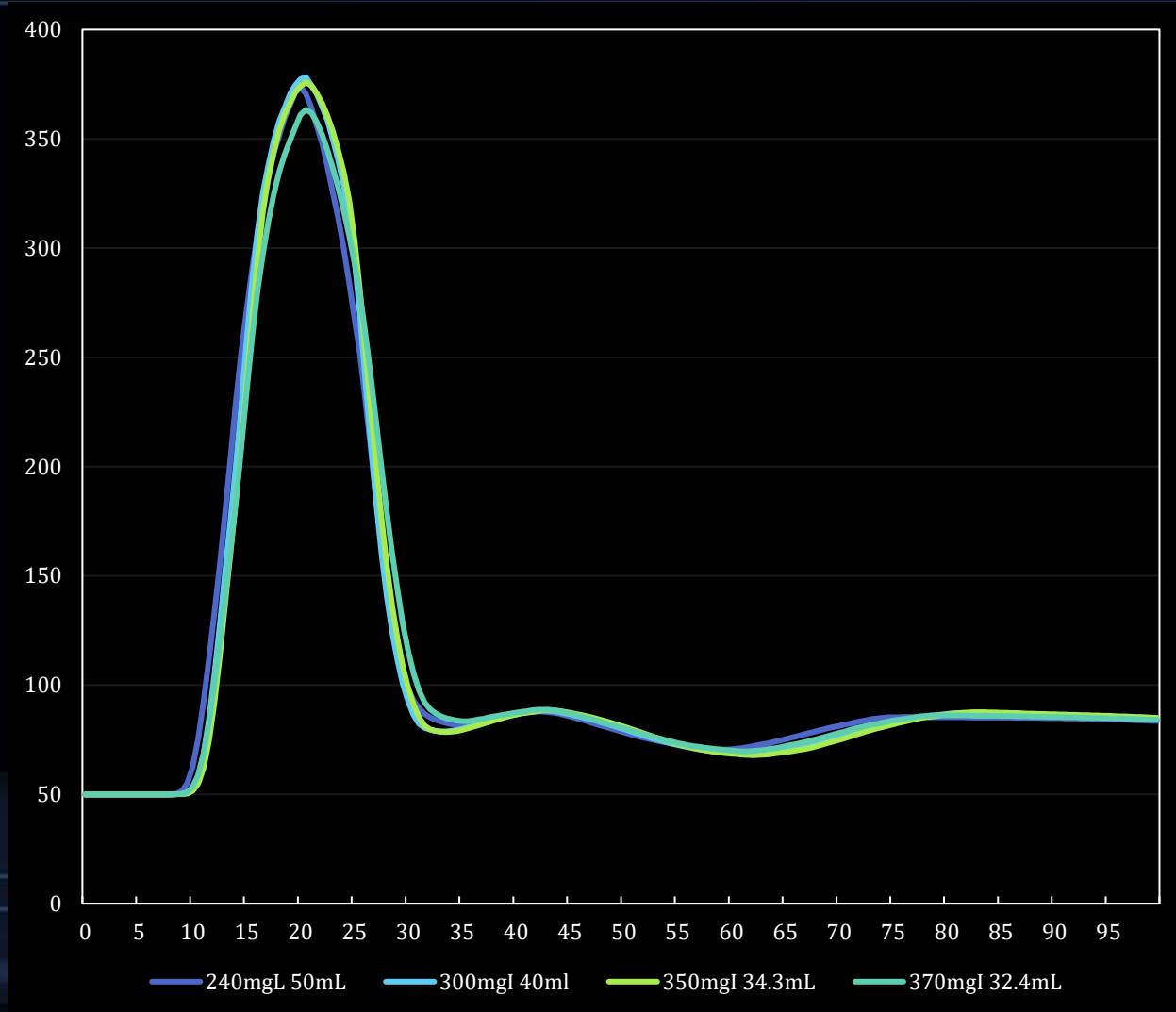
最大CT値持続時間(0.5MAX)

注入時間×0.9

※心係数または心拍出量が通常の場合



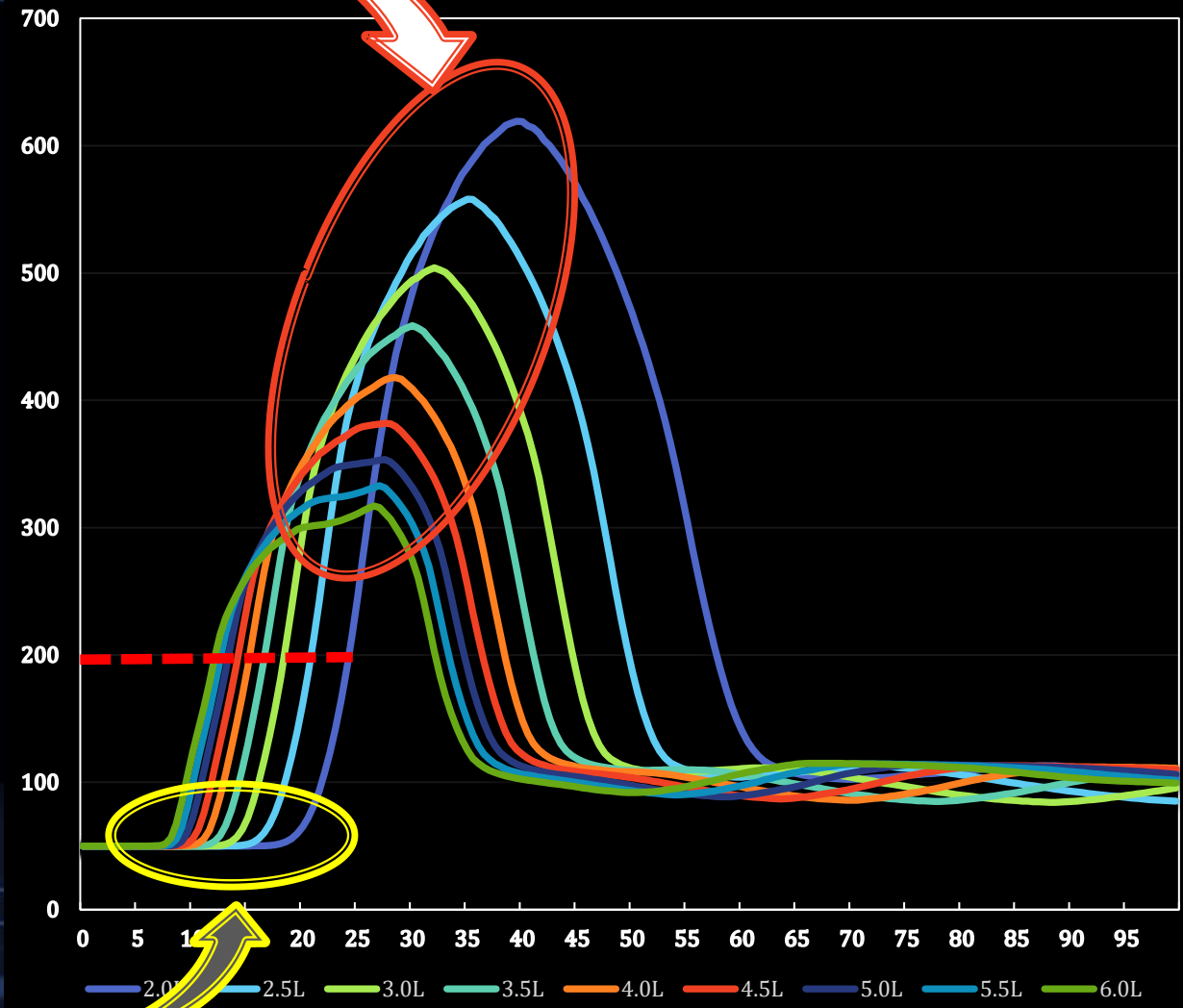
体重・時間当たりのヨード量を揃えたTEC **Fractional Dose (FD) mgI/kg/s**



心係数を变化させたTEC

170 cm 60 kg FD17.5 20 s注入 上行大動脈

心拍出量 (L/min)	心係数 (L/min/m ²)	造影剤検出時間 (sec)
2.0	1.21	19.5
2.5	1.52	16.5
3.0	1.82	14.5
3.5	2.12	13.0
4.0	2.43	11.5
4.5	2.73	10.5
5.0	3.03	9.5
5.5	3.34	9.0
6.0	3.64	8.5



心係数 $CI(L/min/m^2) = CO/BSA$
標準 2.5~4.0 (L/min/m²)

投与量と造影効果

- **心拍出量⇒Dynamicに影響**
 - ・ファーストパスを捉える時相では心機能の影響を受ける。
心拍出量を超える造影剤が心腔内に入り込むと造影効果がプラトーになる。
- **造影剤の浸透圧⇒平衡相に影響**
 - ・静脈系の面積は動脈の5倍あるといわれ、高浸透圧造影剤が血管内に注入されると、血管外から血管内へ水分が移行してくると考えられる。

生理食塩水後押し

鎖骨下静脈から上大静脈に残存する造影剤量は $15 \pm 5 \text{ mL}$

ex) 総ヨード量 300 mgI (30 g) を必要とする造影

240 mgI/kgでは	125 mL	必要だが	105 mL	(25.2 g)注入
300 mgI/kgでは	100 mL	必要だが	80 mL	(24 g)注入
350 mgI/kgでは	86 mL	必要だが	66 mL	(23 g)注入
370 mgI/kgでは	81 mL	必要だが	61 mL	(22.6 g)注入

CT
値

CT
値

頭頸部や心臓CTの造影剤は高濃度造影剤が多い！

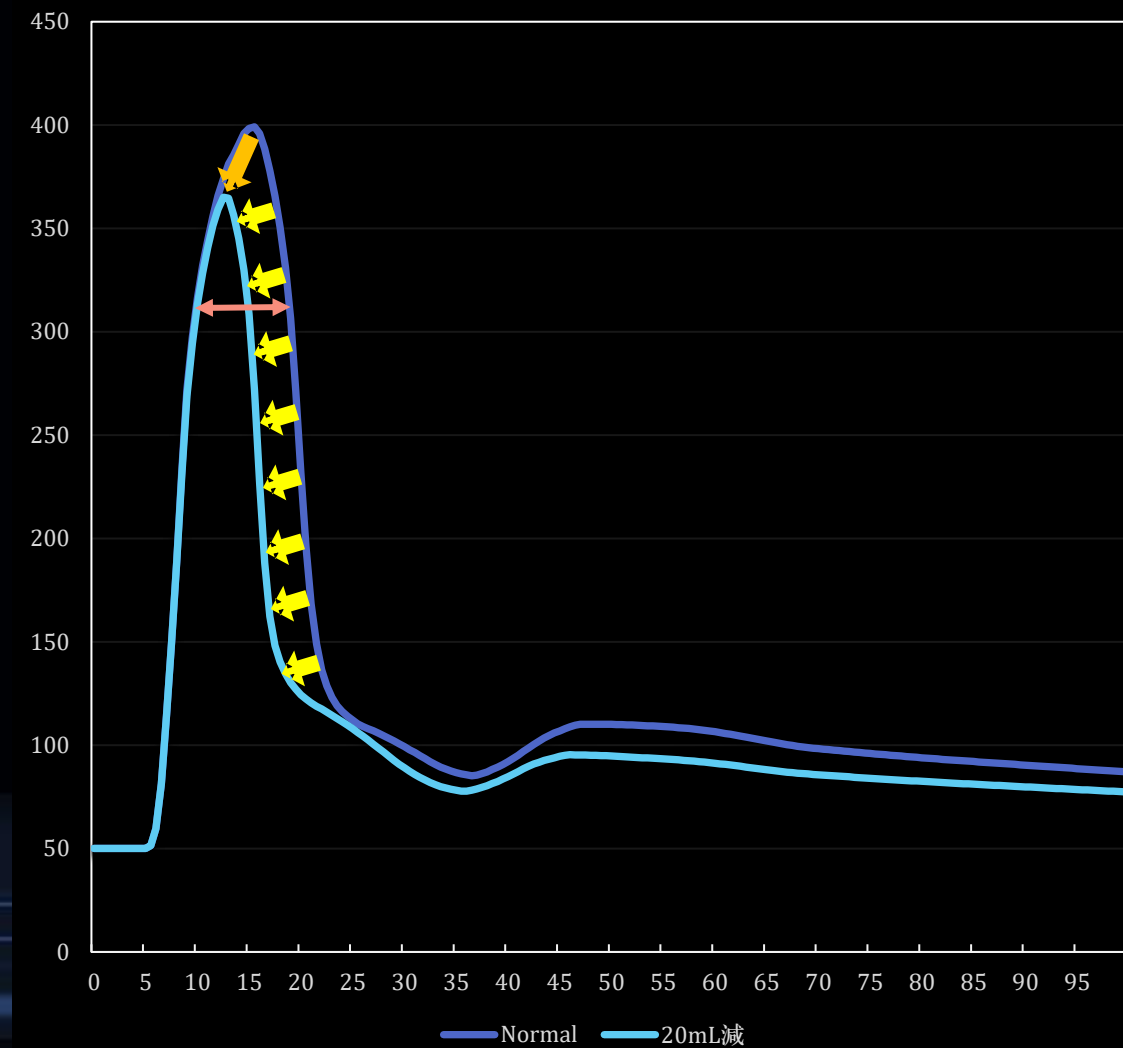
ファーストパスが重要な検査では生食後押しはマスト！！

使わなければ最大CT値到達時間と持続時間に影響を与える！

造影剤20mLをロスした場合のTEC（大動脈）

300 mg/mL製剤	生食後押し 有り	生食後押し 無し
造影剤量(mL)	70	-20 mL → 50
単位体重当たり ヨード量(mgI/kg)	350	-29% → 250
注入時間 (S)	20	14.3
FD(mgI/kg/s)	17.5	17.5
注入Rate(mL/s)	3.5	3.5
最大CT値(HU)	400	365
持続時間 (S) (0.8MAX)	8	6 4 (320HU以上)

170 cm 60 kg



造影剤20mLをロスした場合のTEC（肝実質）

300 mg/mL製剤	生食後押し有り	生食後押し無し
造影剤量(mL)	120	100
総ヨード量 (mgI/kg)	600	500
注入時間 (S)	30	25
FD(mgI/kg/s)	20	20
注入Rate(mL/s)	4.0	4.0
最大CT値(HU)	110	101

170 cm 60 kg

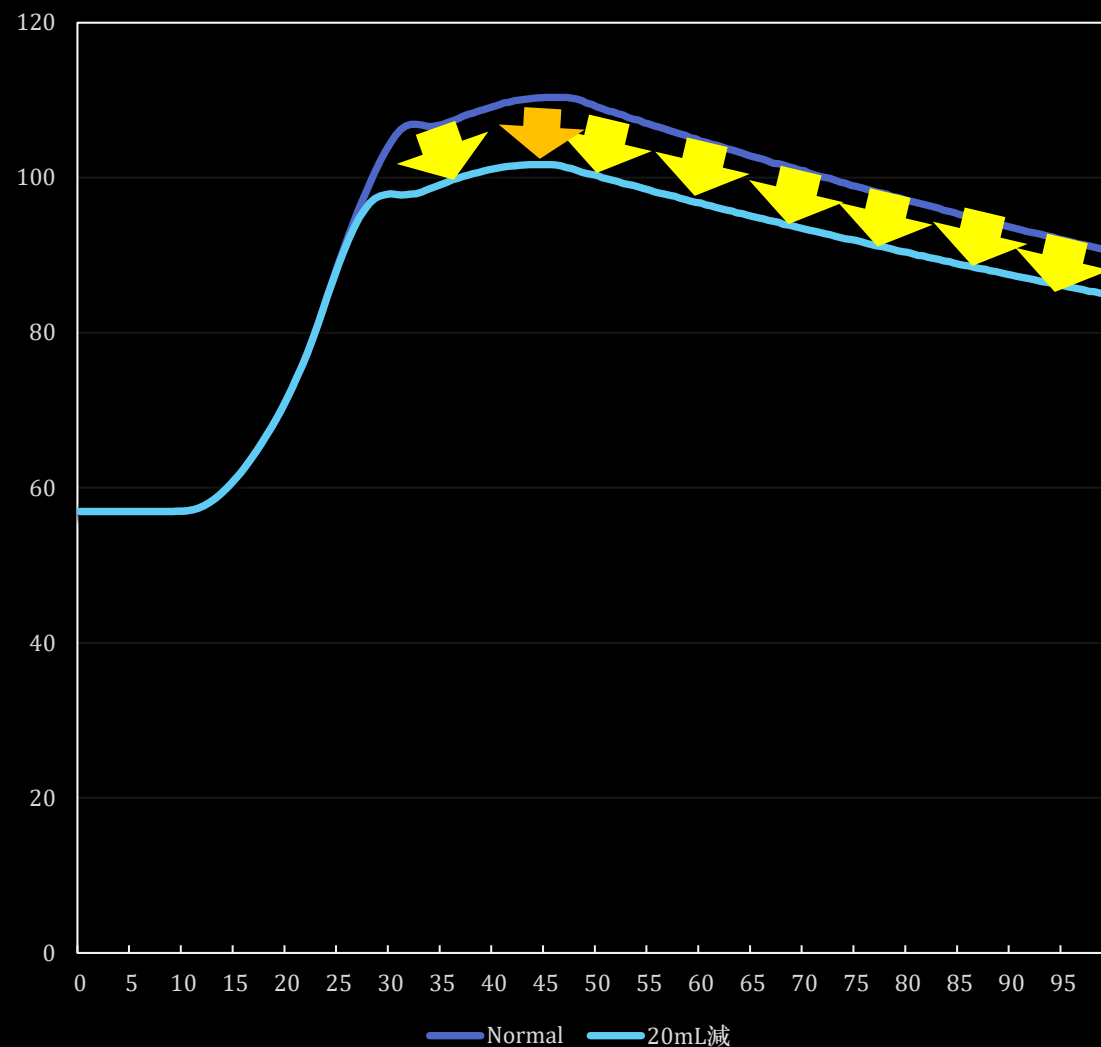
肝臓の至適造影剤使用量

525~600 mgI/kg

乏血性病変の描出には肝実質の上昇CT値

50 HU

※肝臓CT値60~70 HU



造影剤量を半分にしたTEC

HT:170 cm、BW:60 kg

FD 17.5 mgI/kg/s

注入時間 20秒

造影剤 70ml

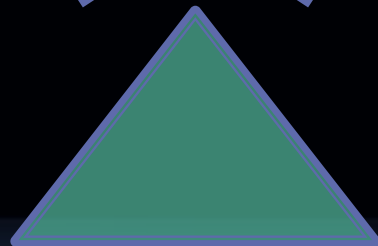
腎機能が悪いので
造影剤を半量で
お願いします！
by主治医



造影剤 35 ml

FD 8.8 mgI/kg/s

注入時間 20秒



造影剤 35 ml

FD 17.5 mgI/kg/s

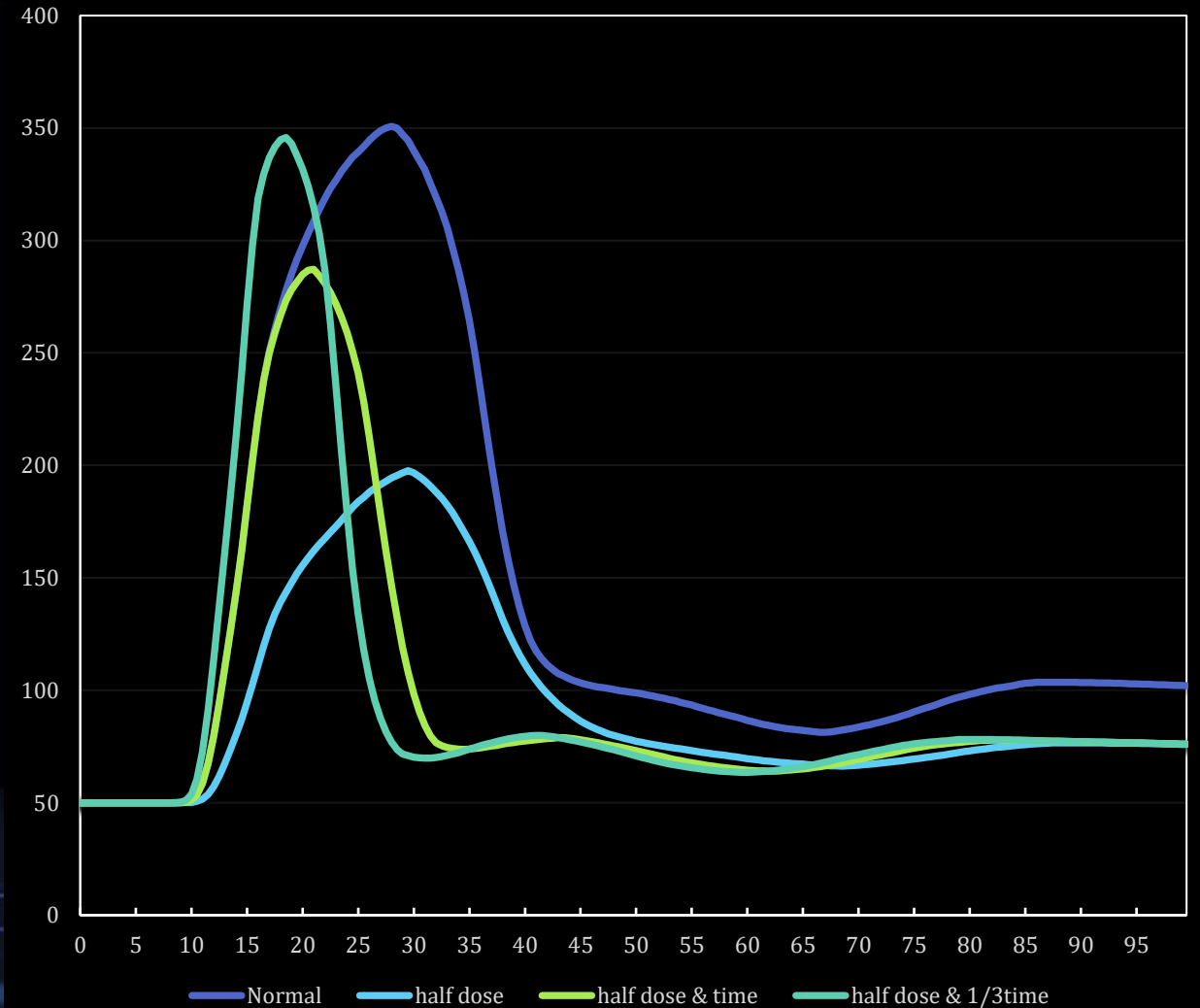
注入時間 20秒⇒10秒



造影剤 35 ml

FD 25.0 mgI/kg/s

注入時間 20秒⇒7秒



TECの基礎

- TECの基本的な考え方（造影因子）
- 患者ごとのTECの揃え方（患者因子）
 - 造影テクニック
 - 注入パラメーターとの関係
- 部位によるTECの変化（CT撮影因子）
 - 頭部・心血管
 - 大動脈～下肢動脈・腹腔内動脈

冠動脈CTに合わせたTECで考える事

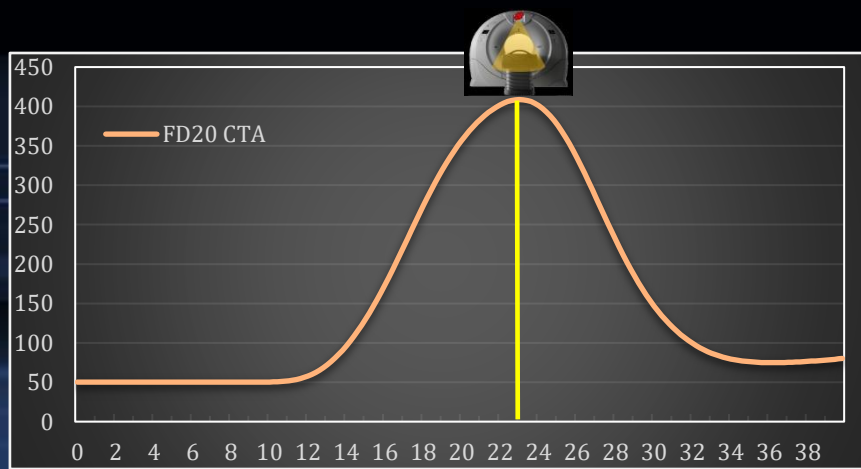
- **FD** (20~26 mgI/kg/s)
- 注入時間の決定 (10~15 s)
- 撮影方法 (Volume, Helical)
- 造影方法 (BT, TBT, TI)
- 目標CT値 (**300~500 HU**)

通常

- 目標CT値を過度 (≤ 100 HU) に超えない
- 心機能は問題ないか確認
- HR (PQ時間) を考慮して撮影
- 中隔欠損、弁不全の有無確認

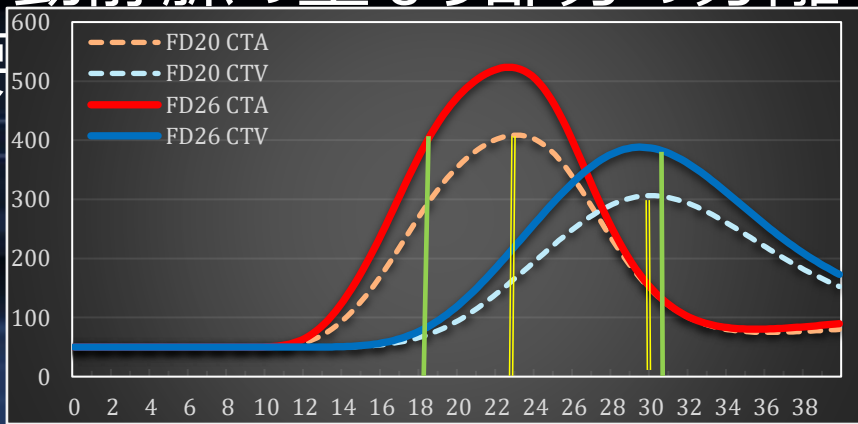
バイパス術後

- グラフトがしっかりと染まっているタイミングで撮影
GEAは血流が最もDelay



頭部CTAに合わせたTECで考える事

- **FD** (20~26 mgI/kg/s)
- 注入時間の決定 (10~15 s)
- 撮影方法 (Volume, Helical)
- 造影方法 (BT, TBT, TI)
- 目標CT値 (≤ 350 HU)
- 動静脈の分離撮影にはFD高設定により、動静脈の重なり部分の分離が必要



動脈瘤

- 穿通枝描出を考慮すると ≤ 400 HU望ましい
- 逐次近似再構成の強度に注意
- SAHによる脳圧亢進には要注意！ (頭蓋内でモニタリング)

動静脈疾患：血流が速いので注意

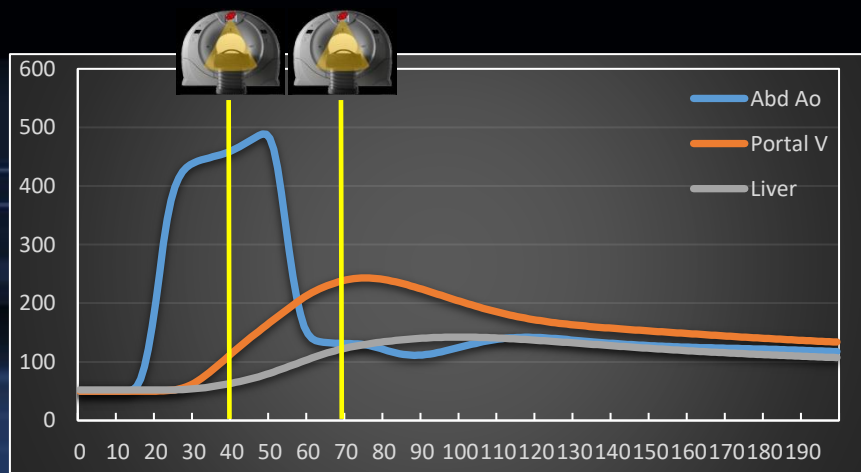
- 動静脈瘻：ナイダスがなく直接動静脈吻合 \Rightarrow 4 D考慮
- 動静脈奇形：ナイダスを介して動静脈吻合

モヤモヤ病

- 浅側頭動脈のタイミングと再構成関数に注意

実質臓器（肝・胆・膵・腎）に合わせたTECで考える事

- **総ヨード量** 520~600 mgI/kg
- 注入時間の決定 (30~35 s)
- 撮影方法 (Helical)
- 造影方法 (BT, 時間固定, TI)
- 目標CT値
肝実質濃染が ≤ 50 HU



肝・胆

- 後期動脈相（門脈が薄く染まる頃）
- 肝実質濃染が ≤ 50 HU

膵

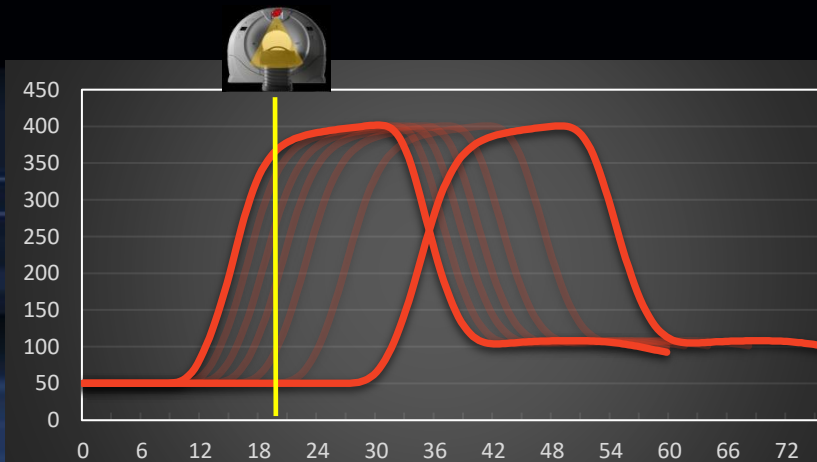
- 乏血性Ca判別の為、単純重要

腎

- 皮髄相(30~40 s前後)
- 腎実質相 (100 s前後)
- 排泄相 (180 s以降350 s以下)
- 単純CTは必要

全身血管CTに合わせたTECで考える事

- **総ヨード量**400~600 mgI/kg
- 注入時間の決定 (20~30s)
- 撮影方法 (Helical)
- 造影方法 (BT, TI)
- 目標CT値 (≤ 350 HU)



動脈瘤

- 5 cmを超えるような瘤は乱流による追い越し注意
ex)トラッキング位置の設定やDelay時間で調整

解離

- 急性期は単純・造影早期相必須, Stf.Aは心電同期考慮
高HRでは撮影時間が延びるため、注入時間の延長に注意
- Delayによる偽腔閉塞確認, 及び臓器虚血のR/Oも考慮

下肢動脈

- 下肢からの血流速度は遅くなることを考慮してプラン作成
ex)折り返しやvHPなども考慮

肺塞栓・深部静脈血栓

- 肺動脈に造影剤が満たされている状態での撮影
- 下肢静脈などでは低管電圧を利用すればより血栓を描出しやすい

まとめ

- 失敗しないためのTEC構築には
 - ① ファストパスを捉える検査ではFDを決め,注入時間を決定!
 - ② 造影条件を変える場合,注入時間は基本的には変えず,
総ヨード量で調整.
 - ③ 注入圧がリミットにあたる場合,注入時間で調整する.
注入時間を延ばすとTECも後ろにシフトすることを忘れずに!
 - ④ 造影剤の減量を行う場合,低管電圧撮影を組み合わせる!
ex) 100 kV : CM×0.8 , 80 kV : CM×0.6~0.7

まとめ

- 抹消血管の描出なら低濃度造影剤（低粘稠度）も選択肢にいれる！
ただし、造影のタイミング、注入Rateに注意を！
- 高体重患者の躯幹部造影、または低管電圧撮影では、
ビームハードニングにより予想CT値を下回ることを考慮！
- 低注入Rate（2 mL/s以下）では下大静脈からの流入により、
心腔内で濃度ムラが発生しやすいので注意！
- 高注入Rateでは、心機能低下患者は下大静脈に逆流することもある！