

CT検査における末梢血管と植込み型ポートシステムを用いた造影の比較検討

Comparison of contrast imaging timing from peripheral blood vessels and contrast enhancement from implanted port system in CT examination

鈴木 克直¹⁾, 中井 雄一¹⁾, 武 俊夫²⁾, 渡邊 裕之^{2), 3)}, 野田 主税^{1), 3)}, 佐藤 久弥^{2), 3)}, 加藤 京一^{3), 4)}

1) 昭和大学横浜市北部病院 放射線技術部 2) 昭和大学病院 放射線技術部
3) 昭和大学大学院 保健医療学研究科 4) 学校法人 昭和大学 統括放射線技術部

Key words: Contrast-enhanced CT, Peripheral vessel, PowerPort®, Injection method, CT value

【Abstract】

Contrast computed tomography (CT) studies that use the PowerPort® seem to produce different in vivo contrast agent dynamics, compared with CT images obtained when contrast is injected from the peripheral blood vessels. Therefore, we retrospectively investigated how clinical images differed relative to injection method (PowerPort® versus peripheral groups).

We measured CT values of the abdominal aorta and inferior vena cava, in equilibrium phase examination, from chest to pelvis. Dynamic pancreatic examinations were also carried out. Further, we compared the relationship between body surface area and the CT value in the PowerPort® group and the peripheral group.

In the equilibrium phase, there were no observed between-group differences in CT values. In the dynamic examination, the arterial CT values were significantly lower in the PowerPort® group ($p < 0.05$).

Our results support the observation of significant differences in arterial CT values in dynamic examination, relative to injection method.

【要旨】

パワーポート®を用いた造影CTは、末梢血管から造影する場合と比べ、造影剤の体内動態に違いが生じるのではないかと考えられる。そこで各注入方法により臨床画像にどのような違いがあるのか⁵⁾ 遡^{さかの}り的に検討した。

胸腹骨盤部の造影検査（平衡相）と、膵臓ダイナミック検査における腹部大動脈と下大静脈のCT値を計測し、パワーポート®群と末梢血管群における体表面積とCT値の関係を比較した。

平衡相ではCT値の違いは見られなかったが、ダイナミック検査における動脈のCT値はパワーポート®群の方が低く、共分散分析した結果、有意水準5%で有意であった。

注入方法の違いは、ダイナミック検査において動脈のCT値に差があることが明らかになった。

緒言

造影CT検査は多くの施設で行われており、急性腹症の鑑別診断や腹部外傷のスクリーニング検査として広く用いられている^{1), 2), 3)}。造影CT検査に用いる造影剤の注入方法には、正中静脈（以下、末梢血管）から注入する方法の他に、皮下植込み型ポートシステムを用いる方法もある⁴⁾。皮下植込み型ポートシステム

は、これまでがん緩和ケアとして、とりわけ終末期における静脈栄養管理やがん化学療法施行を目的として造設されてきた⁵⁾。その一方で、治療の効果判定として用いられる造影CTでは、検査時に改めて末梢血管からルートを確保し、造影剤自動注入器を用いて検査を行っていた。しかしながら、しばしばがん患者は上肢の浮腫が強く、このために造影CT検査時に静脈経路を確保することに難渋し⁴⁾ 末梢血管に何度も穿刺したり、造影剤の血管外漏出の原因となる⁶⁾。そのような時に造影剤の注入経路確保のために、皮下植込み型ポートシステムを用いることが有効であると考えられ、近年、造影剤自動注入器を用いての造影CT検査にも対応可能なポートシステム^{4), 7), 8)}（以下、パワーポート®）が導入された。これにより、造影剤を急速注入するダイナミック検査も可能となり、がん患者の定期フォロー検査においても患者の苦痛を軽減し、かつ造影検査を円滑に実施できるようになった^{4), 7), 8), 9)}。当院では2012年よりパワーポート®の使用を開始しているが³⁾、先行研究では末梢血管からの造影CT検査にお

Katsunao Suzuki¹⁾, Yuichi Nakai¹⁾, Toshio Take²⁾
Hiroyuki Watanabe^{2), 3)}, Chikara Noda^{1), 3)},
Hisaya Sato^{2), 3)}, Kyoichi Kato^{3), 4)}

- 1) Department of Radiological Technology, Showa University Northern Yokohama Hospital
- 2) Department of Radiological Technology, Showa University Hospital
- 3) Showa University Graduate School of Health Sciences
- 4) Department of Unification Radiological Technology, Showa University

Received May 30, 2018; accepted January 25, 2019

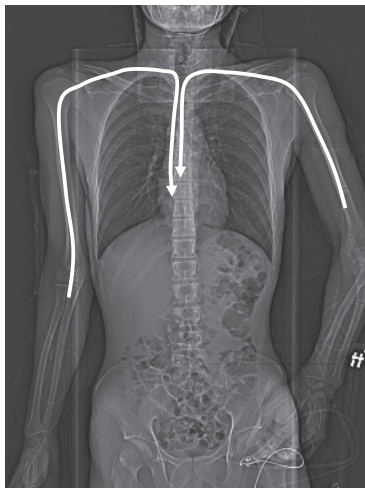


Fig.1 Contrast flow from peripheral blood vessel

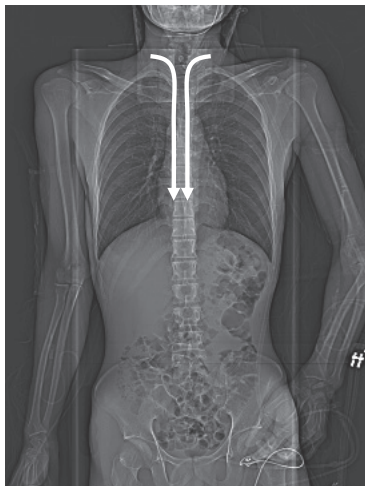


Fig.2 Contrast flow from PowerPort® system

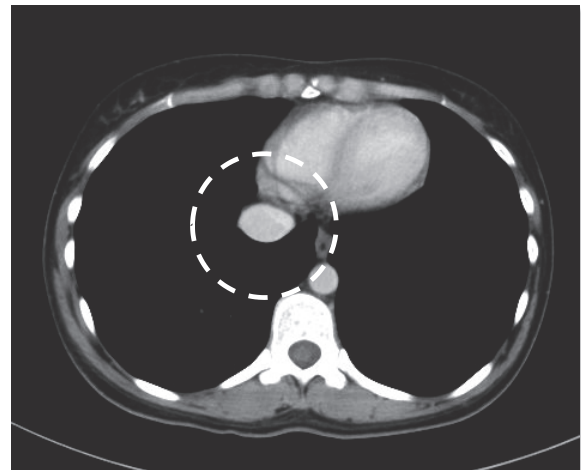


Fig.3 Image of diaphragm level as contrasted from peripheral vessels

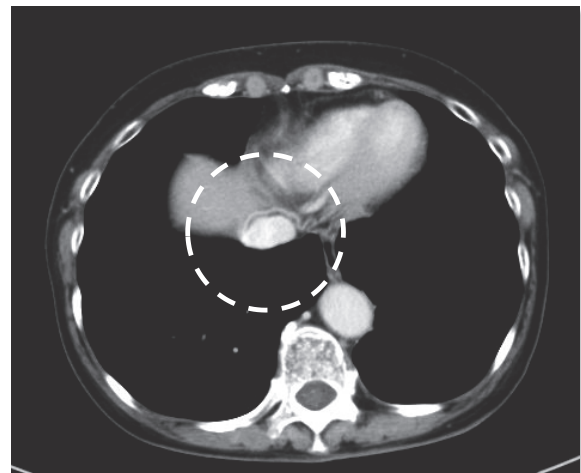


Fig.4 Image of diaphragm level as contrasted from PowerPort® system

いて、ルートを確認した部位や造影剤の注入方法が異なることで造影効果や画質に影響を及ぼすという報告がある^{10),11)}。このことから、パワーポート®からの造影も末梢血管からの造影と同様に、造影剤の体内動態に違いが生じるのではないかと考えた。また注入レートの遅い造影とダイナミックなどの注入レートの早い造影でも、その影響に違いが生じるのではないかと予想された。その根拠として、末梢血管とパワーポート®から造影した時の造影剤の流れをFig.1とFig.2に示す。通常、造影剤はルートを確認した静脈の末梢血管から注入されるため、血管の形状やルートを確認した部位(右心系に流入するまでの距離)などの影響を受ける(Fig.1)。一方、パワーポート®を用いた場合は、中心静脈に植え込まれたポートシステムから直接造影剤を注入するので、末梢血管からの造影の際に影響を受ける因子の個体差が低減されるのではないかと考えられる(Fig.2)。ダイナミック撮影の動脈相における

横隔膜レベルのCT画像をFig.3とFig.4に示す。下大静脈に注目すると、どちらも造影剤は確認できるものの、静脈の染まりの程度が異なることが分かる。このことから、パワーポート®を用いた造影では、末梢血管からの造影と比べ、撮影タイミングに影響を与えるのではないかとこの仮説を立てられる。そこで今回、われわれは末梢血管とパワーポート®による造影剤の注入方法の違いが、臨床画像にどのように影響を及ぼすか遡及的に検討を行ったので報告する。

1. 方法

1-1 使用機器

使用したCT装置はTSX-101A/HA Aquilion™64およびTSX-301C/3B Aquilion One™/VISION Edition(共にキヤノンメディカルシステムズ)、長期的使用注入用植込みポートはパワーポート®MRI isp

(メディコン)を使用した。また統計解析ソフトとしてエクセル統計2015 Ver.1.03を使用した。

1-2 対象

対象症例は、2015年3月1日から2016年12月6日までの間に行われた胸部から骨盤の平衡相の造影検査(以下、平衡相)を施行した100人(末梢血管群73例:男性47人,女性26人,平均年齢 67.2 ± 12.1 歳,平均体重 56.3 ± 8.9 kg,パワーポート®群27例:男性13人,女性14人,平均年齢 65.5 ± 11.1 歳,平均体重 56.2 kg ± 10.7 kg)と膵臓ダイナミック検査(以下、ダイナミック)を施行した104人(末梢血管群78例:男性50人,女性28人,平均年齢 66.2 ± 12.1 歳,平均体重 57.8 ± 10.5 kg,パワーポート®群26例:男性16人,女性10人,平均年齢 69.1 ± 9.2 歳,平均体重 54.2 ± 8.5 kg)である。パワーポート®の留置箇所は前胸部(当院でのパワーポート®留置は前胸部にのみ施行しているため),またその留置目的は主として化学療法のためである。造影剤は、平衡相では300mgI/100ml製剤(オムニパーク300注100ml)を使用し、ダイナミックでは350mgI/100ml製剤(オムニパーク350注100ml)を使用した。注入レート・撮影タイミングは当院で定めているプロトコルを使用した(Table 1)。なお、本研究は診療記録のみを用いた後方視的研究として、当院の倫理委員会で審査され了承を得ている。

1-3 末梢血管群とパワーポート®群の患者因子の比較

造影CT検査において血管や実質臓器の造影効果の比較を行う際には、単位時間当たり単位体重ごとのヨード使用量(Fractional Dose)を一定として考える必要がある¹²⁾。しかし、今回の症例は単位体重当たりのヨード使用量が一定ではないため、平衡相とダイナミックそれぞれの末梢血管群とパワーポート®群の患者因子(身長・体重・BSA・年齢・男女比)に有意な差がないことを検証した。検証方法としては、男女比に関してはフィッシャーの正確確率検定(有意水準5%)を行い、それ以外の因子については対応がなく分散が等しい場合としてt検定(有意水準5%)を行った。

1-4 CT値の比較

Table 2に、今回の計測の概略を示す。プロトコル・注入方法の違いで分類し、動脈と静脈のCT値を比較した。なお、CT値は1人の診療放射線技師(技師歴6年,うちCT経験4年)がそれぞれ5回ずつ測定を行った平均値とした。得られたデータの統計解析は、患者一人一人の体格が異なる影響を考慮して共分散分析(有意水準5%)を用いて検証した。その際、統計パラメータは目的変数をCT値、固定因子を注入方法、共変量をBSAとして解析した¹³⁾。また末梢血管群とパワーポート®群のBSAとCT値の相関係数の差が有意であるかを、2つの回帰係数の差の検定(有意水準5%)を

Table 1 Scan protocols in our hospital

Protocols	Injection rate [ml/s]	Scan timing [seconds after injection]	Concentration of contrast medium
Equilibrium phase	2	80	Normal
Early phase	4	45	High density
Delayed phase	4	90	High density

Concentration of contrast medium
Normal : 300mgI/ml
High density : 350mgI/ml

Table 2 Outline of measurement model

Protocol	Equilibrium phase		Pancreas dynamic			
	—		Early phase		Delayed phase	
Phase	—		Early phase		Delayed phase	
Injection site	Peripheral	PowerPort®	Peripheral	PowerPort®	Peripheral	PowerPort®
Number	73	27	78	26	78	26
Comparison	CT value in artery		CT value in artery		CT value in artery	
	CT value in vein		CT value in vein		CT value in vein	

Scan timing of protocol
Equilibrium phase : 80seconds after injection
Early phase : 45seconds after injection
Delayed phase : 90seconds after injection

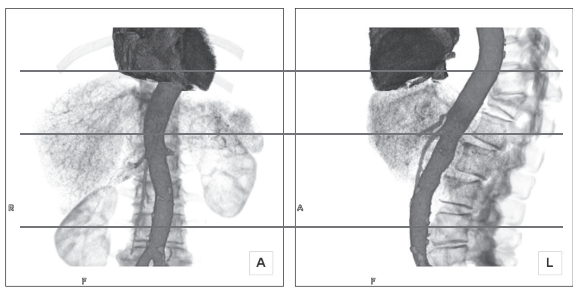


Fig.5 Measurement point in Abdominal aorta

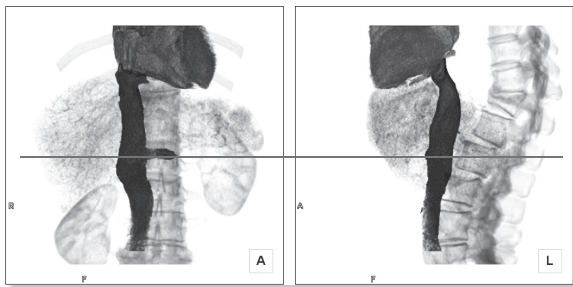


Fig.6 The Measurement point in Inferior vena cava

用いて検証した¹³⁾。さらに注入方法の違いがCT値の標準偏差（以下、SD）に影響しているのかを、F検定（有意水準5%）を用いて検証した¹³⁾。

1-4-1 動脈のCT値の比較

1-4-1-1 平衡相のCT値の比較

造影効果を測定する指標は血管¹⁴⁾や実質臓器^{14), 15)}などが挙げられる。今回は注入方法の違いから生じる体循環の違いを検討するため、腹部大動脈を指標として末梢血管群とパワーポート®群の体格に対するCT値の関係を比較した⁶⁾。計測点は肝臓上縁レベル・腹腔動脈レベル・第4腰椎レベルの3点とし（Fig.5）、その3点の平均値を平衡相のCT値とした。また計測する関心領域の大きさは、血管径の8割程度の大きさに設定した¹⁶⁾。体格の指標としては、血行動態の指標となる心係数（Cardiac index）に用いられ¹⁷⁾、除脂肪体重よりも算出が容易な体表面積（Body surface area, 以下、BSA）を採用した^{18), 19), 20)}。

1-4-1-2 ダイナミック（早期相・後期相）のCT値の比較

ダイナミックの早期相においても平衡相と同様にCT値を計測し、末梢血管群とパワーポート®群におけるBSAとCT値の関係を比較した。同様にダイナミックの後期相においてもCT値を計測し、末梢血管群とパワーポート®群におけるBSAとCT値の関係を比較した。

1-4-2 静脈のCT値の比較

1-4-2-1 平衡相のCT値の比較

Fig.1, Fig.2に示したように造影剤は上大静脈から心臓に入り、肺循環を経て大血管へと流れていく。造影剤注入方法の違いが造影剤の体内動態に影響を与えている事象を検証するために、平衡相における下大静脈のCT値を計測し、動脈の評価と同様に末梢血管群とパワーポート®群で比較した。このときの計測点は関心領域として十分な大きさがあり、造影剤の影響を受けずに血管内が均一なCT値として得られる腎静脈レベル（Fig.6）を計測した。関心領域の大きさに関しては、動脈の計測と同様な方法で測定した。

1-4-2-2 ダイナミック（早期相・後期相）のCT値の比較

ダイナミックの早期相においても平衡相と同様にCT値を計測し、末梢血管群とパワーポート®群におけるBSAとCT値の関係を比較した。同様にダイナミックの後期相においてもCT値を計測し、末梢血管群とパワーポート®群におけるBSAとCT値の関係を比較した。

2. 結果

2-1 末梢血管群とパワーポート®群の患者因子

平衡相とダイナミックそれぞれの末梢血管群とパワーポート®群の患者因子に有意な差がないか検証したところ、いずれの因子も $p > 0.05$ となり有意差が見られなかった（Table 3, Table 4）。

2-2 BSAと動脈のCT値との関係

2-2-1 平衡相におけるBSAと動脈のCT値との関係

平衡相における動脈のCT値の平均値とSD・変動係数（以下、CV）は、末梢血管群が 166 ± 20 [HU], 12%であり、パワーポート®群が 163 ± 18 [HU], 11%であった（Table 5）。Fig.7に、末梢血管群とパワーポート®群のBSAとCT値との関係を示す。またBSAとCT値の相関係数は、末梢血管群が $R^2 = 0.3905$ 、パワーポート®群が $R^2 = 0.1926$ であった。注入方法の違いによるCT値とBSAとCT値との相関係数の差、SDへの影響を検証したところ、いずれも $p > 0.05$ となり、有意差は見られなかった。

2-2-2 ダイナミックの早期相におけるBSAと動脈のCT値との関係

ダイナミックの早期相におけるCT値の平均値と

Table 3 Population characteristics (Equilibrium phase)

Characteristics	Peripheral [N = 73]	PowerPort® [N = 27]	P-value
Height [m]	1.62 ± 0.08	1.59 ± 0.07	>0.05
Weight [kg]	56.3 ± 8.9	56.2 ± 10.7	>0.05
BSA [m ²]	1.63 ± 0.16	1.61 ± 0.17	>0.05
Age [year]	67.2 ± 12.1	65.5 ± 11.1	>0.05
Male	47	13	
Female	26	14	
Male ratio [%]	64.4	48.1	>0.05

Table 4 Population characteristics (Dynamic)

Characteristics	Peripheral [N = 78]	PowerPort® [N = 26]	P-value
Height [m]	1.63 ± 0.08	1.64 ± 0.07	>0.05
Weight [kg]	57.8 ± 10.5	54.2 ± 8.5	>0.05
BSA [m ²]	1.65 ± 0.17	1.61 ± 0.13	>0.05
Age [year]	66.2 ± 12.1	69.1 ± 9.2	>0.05
Male	50	16	
Female	28	10	
Male ratio [%]	64.1	61.5	>0.05

Table 5 CT value in Abdominal aorta

Protocol	Peripheral vessel group		PowerPort® System group	
	CT value [HU]	CV [%]	CT value [HU]	CV [%]
Equilibrium phase	166 ± 20	12	163 ± 18	11
Early phase	210* ± 45*	21	190* ± 31*	16
Delayed phase	157* ± 19	12	150* ± 17	12

CV = $\frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$ (σ : standard deviation, \bar{X} : average)

*: p < 0.05

Scan timing of protocol

Equilibrium phase: 80seconds after injection

Early phase: 45seconds after injection

Delayed phase: 90seconds after injection

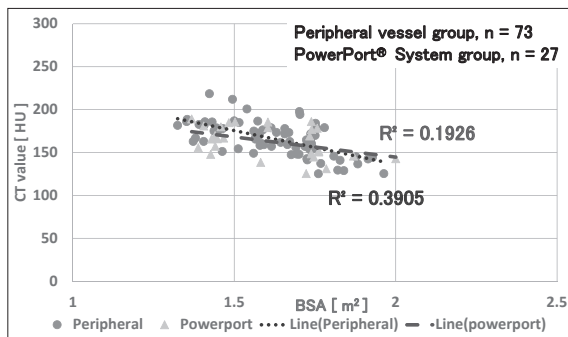


Fig.7 The CT value of artery in equilibrium phase
Equilibrium phase: 2ml/s, start scan 80seconds after injection

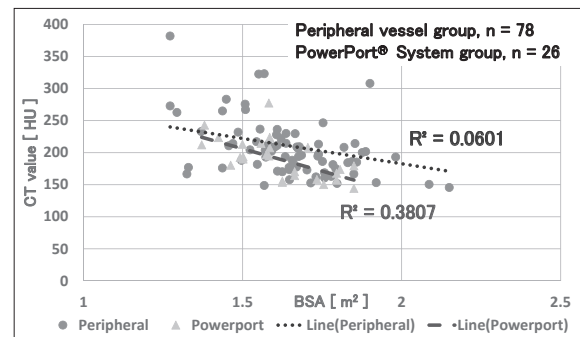


Fig.8 The CT value of artery in early phase of pancreas dynamic
Early phase: 4ml/s, start scan 45seconds after injection

SD・CVは、末梢血管群が210 ± 45 [HU], 21%であり、パワーポート®群が190 ± 31 [HU], 16%であった(Table 5)。ダイナミックの早期相におけるBSAとCT値との関係をFig.8に示す。またBSAとCT値の相関係数は、末梢血管群が $R^2=0.0601$ 、パワーポート®群が $R^2=0.3807$ であった。注入方法の違いによるCT値とBSAとの相関係数には有意差が認められなかったが、CT値とSDにおいて $p<0.05$ となり、注入方法の違いがCT値やSDに影響を及ぼすという結果となった。

2-2-3 ダイナミックの後期相におけるBSAと動脈のCT値との関係

ダイナミックの後期相におけるCT値の平均値とSD・CVは、それぞれ末梢血管群が157 ± 19 [HU], 12%であり、パワーポート®群が150 ± 17 [HU], 12%であった(Table 5)。ダイナミックの後期相の動脈におけるBSAとCT値との関係をFig.9に示す。またBSAとCT値の相関係数は、末梢血管群が $R^2=0.4139$ 、パワーポート®群が $R^2=0.2768$ であった。注入方法の違いによるCT値とBSAとの相関係数の差、SDへの影響

Table 6 CT value in Inferior vena cava

Protocol	Peripheral vessel group		PowerPort® System group	
	CT value [HU]	CV [%]	CT value [HU]	CV [%]
Equilibrium phase	127 ± 19	15	127 ± 14	11
Early phase	170 ± 46	27	173 ± 30	18
Delayed phase	131 ± 18	13	128 ± 16	12

$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$ (σ : standard deviation, \bar{X} : average)

Scan timing of protocol
 Equilibrium phase : 80seconds after injection
 Early phase : 45seconds after injection
 Delayed phase : 90seconds after injection

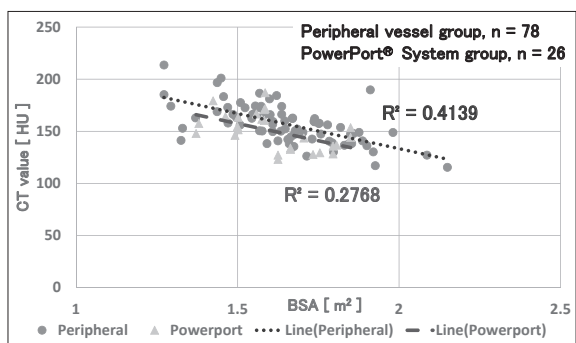


Fig.9 The CT value of artery in delayed phase of pancreas dynamic

Delayed phase : 4ml/s, start scan 90seconds after injection

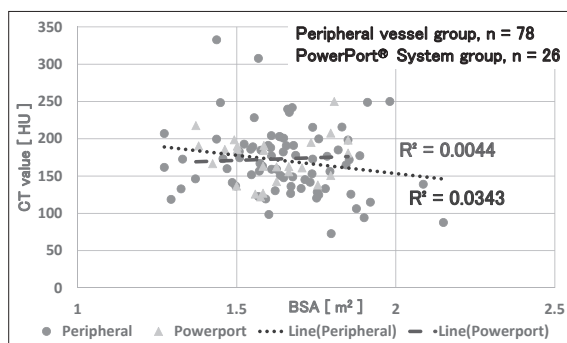


Fig.11 The CT value of vein in early phase of pancreas dynamic

Early phase : 4ml/s, start scan 45seconds after injection

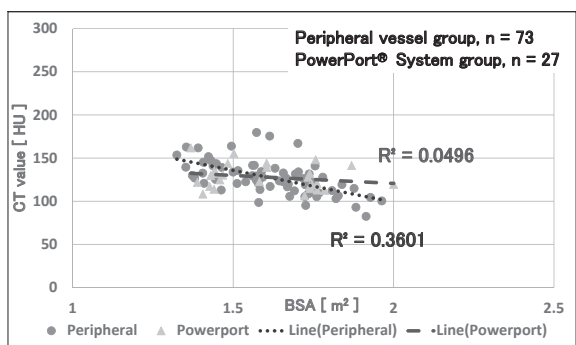


Fig.10 The CT value of vein in equilibrium phase

Equilibrium phase : 2ml/s, start scan 80seconds after injection

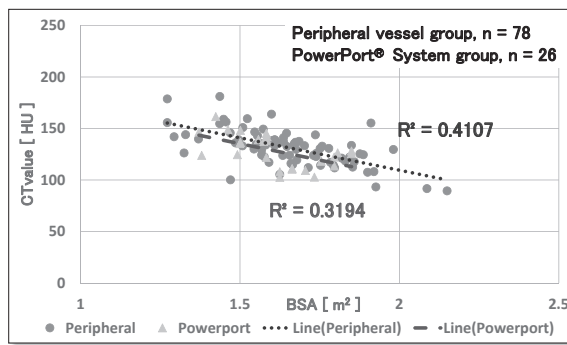


Fig.12 The CT value of vein in delayed phase of pancreas dynamic

Delayed phase : 4ml/s, start scan 90seconds after injection

を検証したところ、相関係数の差とSDは $p > 0.05$ であったがCT値は $p < 0.05$ となり、注入方法の違いがCT値に影響を及ぼすという結果となった。

2-3 BSAと静脈のCT値との関係

2-3-1 平衡相におけるBSAと静脈のCT値との関係

平衡相における静脈のCT値の平均値とSD・CVは、末梢血管群が 127 ± 19 [HU], 15%であり、パワーポート®群が 127 ± 14 [HU], 11%であった (Table 6)。平衡相の静脈におけるBSAとCT値との関係を

Fig.10に示す。またBSAとCT値の相関係数は、末梢血管群が $R^2 = 0.3601$ 、パワーポート®群が $R^2 = 0.0496$ であった。注入方法の違いによるCT値とBSAとの相関係数の差、SDへの影響を検証したところ、いずれも $p > 0.05$ となり、有意差は見られなかった。

2-3-2 ダイナミックの早期相におけるBSAと静脈のCT値との関係

ダイナミックの早期相における静脈のCT値の平均値とSD・CVは、末梢血管群が 170 ± 46 [HU], 27%

であり、パワーポート®群が 173 ± 30 [HU], 18%であった (Table 6). ダイナミックの早期相におけるBSAとCT値の関係をFig.11に示す. またBSAとCT値の相関係数は、末梢血管群が $R^2=0.0343$, パワーポート®群が $R^2=0.0044$ であった. 注入方法の違いによるCT値とBSAとの相関係数の差, SDへの影響を検証したところ, いずれも $p>0.05$ となり, 有意差は見られなかった.

2-3-3 ダイナミックの後期相におけるBSAと静脈のCT値との関係

ダイナミックの後期相における静脈のCT値の平均値とSD・CVは、末梢血管群が 131 ± 18 [HU], 14%であり、パワーポート®群が 128 ± 16 [HU], 12%であった (Table 6). ダイナミックの後期相のBSAとCT値の関係をFig.12に示す. またBSAとCT値の相関係数は、末梢血管群が $R^2=0.4107$, パワーポート®群が $R^2=0.3194$ であった. 注入方法の違いによるCT値とBSAとの相関係数の差, SDへの影響を検証したところ, いずれも $p>0.05$ となり, 有意差は見られなかった.

3. 考 察

平衡相の結果に関しては、動脈・静脈のいずれも注入方法の違いによるCT値やBSAとの関係に差は見られなかった. これは、末梢血管からの造影はルートを確認した位置から右心系までの距離や右心系に到達するまでの血管の形状、穿刺した針の位置などさまざまな因子の影響を受ける. 一方で、パワーポート®からの造影は心臓近傍のほぼ同じ位置から造影剤が注入されるため、差が生じると考えられた. しかし、このプロトコルは造影剤注入後時間が経過してからの撮影であり、造影剤が体循環して十分に拡散したために注入方法の違いの影響を受けなかったものと考えられる.

ダイナミックの早期相に注目すると、静脈においてはCT値やBSAとの関係のいずれも有意な差は見られなかったが、動脈においてはCT値とSDにおいて有意な差が見られた. まず、パワーポート®群のSDが末梢血管群と比較して低くなったのは、前述した末梢血管から造影の際に平衡相では影響が無視できた因子が、ダイナミックの高速注入や撮影タイミングによって強く影響を受ける. 一方で、パワーポート®からの造影ではほとんど同じ経路で造影剤が注入されるため、個体差が少なくより安定したものと考えられる. またパ

ワーポート®群の方が末梢血管群よりも相関係数が高くなったのは、先に述べたようにパワーポート®を使用することで安定した造影を行うことができ、さらにBSAは心拍出量に相関するという報告があることから^{21),22)}, パワーポート®群の症例では患者因子による影響を受けにくい様な造影剤が心臓に流入し、BSAと相関する心拍出量の影響を強く受けたためと考えられる. 最後に、パワーポート®群のCT値が低くなったのは、平衡相の造影のときよりも早い注入レートで造影剤が注入されていて、人体では注入レートが5ml/s以上で注入した場合、造影剤の多くが心腔内に直接入らず下大静脈に突き抜けるために、大動脈のTDCは注入速度に比例せず最大CT値が上昇しないという報告がある²³⁾. ダイナミックの注入レートは4ml/sであるものの、心臓近傍から注入されているので、これに近い現象として造影剤が上大静脈から心臓に流入しきれずに一部が下大静脈へ分布する. そしてそこから心臓に入って大血管へ流入するため、早期相の撮影タイミング (45秒後) では造影剤がまだ下大静脈や右心系に分布していたという可能性が考えられる. あるいは、パワーポート®を使用することで心臓に近い位置から造影剤を注入するため、末梢血管から造影剤を注入するよりも早期相の撮影タイミング (45秒後) では動脈のCT値の上昇が早く経過していたものと考えられる.

ダイナミックの後期相の結果に注目すると、静脈においてはCT値やBSAとの関係のいずれも有意な差は見られなかったが、動脈においてはCT値にだけ有意な差が見られた. ただし、末梢血管群とパワーポート®群のCT値の差は7HUであり、ダイナミックの後期相で用いられるウインドウ幅を脂肪と空気を判別できるよう320程度とすると、1階調は $320/16=20$ となる²³⁾. このことから、7HUという差は腹部領域で用いられるウインドウ幅では1階調にも満たないわずかな違いであり、肉眼で識別できる検出限界以下であると言えることから、この差が診断に影響を与えるとは考えにくい²⁴⁾. また本研究におけるCT値の結果は5回測定の実測値としていて、7HUという差はSD以下の値である. そのためこの有意差は無視できるものであると考えられる.

本研究は、体表指標として有用であると報告されている除脂肪体重¹⁷⁾や駆出率などの心機能を考慮していないこと、また当院ではパワーポート®の留置は前胸部のみであり、他の箇所にも留置された場合に関して検討は行っていないことがLimitationとして挙げられる. また今後、この結果に基づいて造影CT検査の

プロトコル変更を考える際、注入レートや撮影タイミング、読影における視覚評価などを加味した前向きな検討を行っていく必要がある。

結 語

末梢血管を用いた造影検査とパワーポート®を用いた造影検査では、ダイナミック検査の早期相の撮影タイミング（45秒後）において動脈のCT値に差があることが明らかになった。

謝 辞

本研究を行うに当たりご緒言、ご指導いただきました統括放射線技術部技師諸氏に感謝致します。

表の説明

Table 1	当院における撮影プロトコル
Table 2	計測の概要
Table 3	平衡相における患者因子の比較の結果
Table 4	膝ダイナミックにおける患者因子の比較の結果
Table 5	各プロトコルの腹部大動脈のCT値
Table 6	各プロトコルの下大静脈のCT値

図の説明

Fig.1	末梢血管から造影したときの造影剤の流れ
Fig.2	パワーポート®から造影したときの造影剤の流れ
Fig.3	末梢血管から造影したときの横隔膜レベルの画像
Fig.4	パワーポート®から造影したときの横隔膜レベルの画像
Fig.5	腹部大動脈の計測点
Fig.6	上大静脈の計測点
Fig.7	平衡相における動脈のCT値
Fig.8	膝ダイナミックの早期相における動脈のCT値
Fig.9	膝ダイナミックの後期相における動脈のCT値
Fig.10	平衡相における静脈のCT値
Fig.11	膝ダイナミックの早期相における静脈のCT値
Fig.12	膝ダイナミックの後期相における静脈のCT値

参考文献

- 西山隆明, 他: 当科における腹部外傷の診断方法と手術適応. 腹部救急診療の進歩, 10(6), 993-996, 1990.
- 堀木紀行, 他: 感染性腸炎のCT検査所見. 日本消化器病学会雑誌, 99(8), 925-934, 2002.
- 桑原義之, 他: 消化管に起因する救急疾患のCT診断. 腹部救急診療の進歩, 13(3), 343-348, 1993.
- 山田博文, 他: 進行再発乳癌患者に対する造影剤急速注入可能ポートの使用経験. 日臨外会誌, 75(1), 1-5, 2014.

- 小久保健太郎, 他: 中心静脈リザーバー留置の有用性に関する検討. 日外科系連会誌, 35(6), 863-867, 2010.
- Brian R. Herts, et al.: Power Injection of Contrast Media Using Central Venous Catheters: Feasibility, Safety, and Efficacy. American Roentgen Ray Society, 176, 447-453, 2001.
- J P GOLTZ, et al.: Totally implantable venous power ports of the forearm and the chest: initial clinical experience with port devices approved for high-pressure injections. The British Journal of Radiology, 85, 966-972, 2012.
- Takatoshi Nakamura, et al.: Complications after implantation of subcutaneous central venous ports (PowerPort®). Annals of Medicine and Surgery, 17, 1-6, 2017.
- 石井 要: 癌治療における皮下埋め込み型中心静脈カテーテル用ポート留置症例の検討. 日外科系連会誌, 37(5), 896-901, 2012.
- 山口隆義, 他: 新しい造影方法であるtest bolus tracking法の開発と、冠状動脈CT造影検査における有用性について. 日放技学誌, 65(8), 1032-1040, 2009.
- Ming Yang, et al.: Image Quality and Radiation Exposure in Pediatric Cardiovascular CT Angiography From Different Injection Sites. American Roentgen Ray Society, 196, 117-122, 2011.
- Yong Xiao, et al.: Safety enhancement in adult body computed tomography scanning: comparison of iodixanol versus iohexol. SpringerPlus, 148, 2016.
- 藤森利美: 分析技術者のための統計的方法. 日本環境測定分析協会, 142-145, 330-339, 1995.
- 青木悠人, 他: 造影効果の客観的評価による絞扼性イレウスの診断. 日本腹部救急医学会雑誌, 35(3), 201-206, 2015.
- 境 雄大, 他: 急性虫垂炎の診断および重症度評価におけるマルチスライスCTの有用性の検討—シングルスライスCTとの後方視的な比較検討—. 日本腹部救急医学会雑誌, 28(5), 637-642, 2008.
- 寺澤和晶, 他: CT造影製剤特性が造影効果に及ぼす影響. 日放技学誌, 67(12), 1583-1591, 2011.
- 荻原誠久, 他: 病気がみえる vol.2 循環器 第3版. 47, メディックメディア, 2010.
- Hiroshi Kondo, et al.: Body size indices to determine iodine mass with contrast-enhanced multi-detector computed tomography of the upper abdomen: does body surface area outperform total body weight or lean body weight?. Eur Radiol, 23, 1855-1861, 2013.
- Masafumi Kidoh, et al.: Contrast enhancement during hepatic computed tomography: effect of total body weight, height, body mass index, blood volume, lean body weight, and body surface area. Journal of Computer Assisted Tomography, 37(2), 159-164, 2013.
- Yumi Yanaga, et al.: Contrast material injection protocol with the dose adjusted to the body surface area for MDCT aortography. American Roentgen Ray Society, 194, 903-908, 2010.
- 粟井和夫, 他: 診断能の高い造影CT画像を得るために. 日獨医報, 56(1), 13-32, 2011.
- De Simone G, et al.: Stroke volume and cardiac output in normotensive children and adults. Assessment of relations with body size and impact of overweight. Circulation, 95(7), 1837-43, 1997.
- 市川智章, 他: CT造影理論. 東京: 医学書院, 2004.
- 塚越伸介: X線CT 第2回: CT画像の基本と画像表示. Medical Imaging Technology, 27(4), 258-262, 2009.