

原著 ADCT を使用した TAVI 術前スクリーニング CT における撮影方法の検討

矢野 朋樹 赤川 拓也 伊勢 啓助

徳島赤十字病院 放射線科部

要 旨

目的：TAVI (Transcatheter Aortic Valve Implantation) 術前 CT では、大動脈弁の評価や下肢動脈の血管径を計測するため、心電図同期による大動脈弁撮影と大動脈 CTA 撮影を行う。当院では ADCT を使用しており、心電図同期撮影は Volume scan もしくは Variable helical pitch scan (以下 vHP Scan) が選択可能である。そこで、画質・使用造影剤量・被ばくの観点から、有用な撮影方法を検討する。

方法：撮影方法は次の 3 種類とした。

撮影方法 A、心電図同期による大動脈弁撮影 (Volume scan) と大動脈 CTA 撮影をそれぞれ単独で行う。

撮影方法 B、vHP Scan を用いて心臓までを心電図同期、それ以降を心電図非同期で大動脈 CTA 撮影を行う。

撮影方法 C、一度の息止めで、心電図同期による大動脈弁撮影 (Volume scan) と大動脈 CTA 撮影を連続で行う。

結果：大動脈弁部の Motion artifact は撮影方法 B より撮影方法 A、C が少なかった。使用造影剤量は $C < B < A$ の順となり C が最も少なかった。被ばく線量は $B < A < C$ の順となり B が最も低かった。検討の結果、撮影方法 C が最適であると考え、現在はこの撮影方法を採用している。

キーワード：TAVI, TAVR, ADCT, Volume scan, Variable helical pitch scan

はじめに

Transcatheter Aortic Valve Implantation (TAVI) は大動脈弁狭窄症に対する治療法の 1 つであり、外科手術のように開胸を行う必要がなく低侵襲に手技を行うことが可能である。TAVI を行う際の人工弁の選択およびアクセスルートは CT 検査により評価するため、造影剤を使用し心電図同期による大動脈弁部と大動脈 CT-Angiography (CT-A) 撮影を行う。TAVI の適応となる患者は高齢であるため使用する造影剤量は可能な限り少なくする必要がある¹⁾。当院では Area detector CT (ADCT) を使用しており、心電図同期における大動脈弁撮影は Volume scan もしくは Variable helical pitch scan (vHP scan) が選択可能である。当院ではこれまで 3 つの撮影方法で TAVI 術前スクリーニング CT の撮影を行った。そこで、画質・使用造影剤量・被ばく線量から ADCT を使用した TAVI 術前スクリーニング CT における撮影方法の検討を行った。

使用機器

CT 装置：Aquilion ONE Ver4.74 (Canon Medical Systems)

造影剤自動注入器：Dual Shot GX7 (根本杏林堂)

対象と方法

当院で TAVI 術前スクリーニング CT を撮影した 142 名を対象とした。

検討を行う撮影方法は 3 種類とした。撮影条件と造影剤注入条件を表 1 に示す。

撮影方法 A：Volume scan による大動脈弁撮影と大動脈 CT-A 撮影をそれぞれ単独で行う。(2 回の息止めで 2 回撮影) (10 名)

撮影方法 B：vHP scan を用いて心尖部までを心電図同期、それ以降を心電図非同期で大動脈 CT-A 撮影を行う。(1 回の息止めで 1 回撮影) (66 名)

撮影方法 C：Volume scan による大動脈弁撮影と大動脈 CT-A 撮影を連続で行う。(1 回の息止めで 2 回撮

表1 各撮影方法における撮影条件と造影剤注入条件

a, 撮影方法 A (2回の息止めで2回撮影)

撮影条件	スキャン方法	Volume scan	Helical scan
	管電圧	120kVp	120kVp
	管電流 (AEC 設定)	SD23	SD12
		(スライス厚0.5mm)	(スライス厚 3 mm)
	コリメーション	0.5×100~120	1.0×32
	ローテーションタイム	0.35sec~0.4sec	0.5sec
	その他	Retrospective ECG gating (3beat scan)	Helical Pitch0.844
造影剤 注入条件	造影剤濃度	300mgI/ml	300mgI/ml
	Fractional Dose	19 (mgI/kg/sec)	19 (mgI/kg/sec)
	注入時間	10sec	20sec
	生食後押し	40ml	40ml

b, 撮影方法 B (1回の息止めで1回撮影)

撮影条件	スキャン方法	vHP scan (Phase 1)	vHP scan (Phase 2)
	管電圧	120kVp	120kVp
	管電流 (AEC 設定)	SD23	SD12
		(スライス厚0.5mm)	(スライス厚 3 mm)
	コリメーション	0.5×128	0.5×128
	ローテーションタイム	0.35sec	0.35sec
	Helical pitch	0.16	0.867
	その他	Retrospective ECG gating (Segment)	
造影剤 注入条件	造影剤濃度	300mgI/ml	
	Fractional Dose	19 (mgI/kg/sec)	
	注入時間	Scan Time + 5sec	
	生食後押し	40ml	

c, 撮影方法 C (1回の息止めで2回撮影)

撮影条件	スキャン方法	Volume scan	Helical scan
	管電圧	120kVp	120kVp
	管電流 (AEC 設定)	SD23	SD12
		(スライス厚0.5mm)	(スライス厚 3 mm)
	コリメーション	0.5×100~120	0.5×64
	ローテーションタイム	0.35sec~0.4sec	0.35sec~0.4sec
	その他	Retrospective ECG gating (3beat scan)	Helical Pitch0.844
造影剤 注入条件	造影剤濃度	300mgI/ml	
	Fractional Dose	19 (mgI/kg/sec)	
	注入方法	2段階注入	
	注入時間 (Phase1)	12sec	
	注入時間 (Phase2)	8~10sec (CE: saline = 1 : 1)	
	生食後押し	40ml	

影) (66名)

評価項目

3種類の撮影方法で最も有用な撮影方法を決定するため、画質・使用造影剤量・被ばく線量を比較した。

画質は、動脈のCT値の計測と大動脈弁部のモーションアーチファクトの評価を行った。CT値の計測は、大動脈基部・上行大動脈・下降大動脈(横隔膜レベル)・外腸骨動脈の4部位で行った。モーションアーチファクトの評価は、vHP scanとVolume scanで撮影された20名分の画像を無作為に選択し、3名の診療放射線技師により5段階評価を行った。評価内容は5. アーチファクトはない 4. アーチファクトはほとんどない 3. アーチファクトが少し見られる 2. アーチファクトが目立つ 1. アーチファクトがかなり目立つとし、比較にはMann-WhitneyのU検定を行い有意水準は5%とした。

使用造影剤量は、各撮影方法で撮影された患者の平均使用量を求め比較を行った。さらに、体重により使用造影剤量が異なるため体重50kgの患者を想定した際の使用造影剤量に関する比較も行った。

被ばく線量は、同じ位置決め画像10名分を使用し各撮影方法で同撮影範囲を設定することで機器に表示されるCTDIvolとDLPの値を比較対象とした。CT検査はCT-Auto Tube Current Modulation(ATCM)を使用し位置決め画像から自動で管電流の制御を行っているため、同じ位置決め画像を使用し比較を行った。

結 果

CT値の計測結果を図1に示す。大動脈弁部のCT値は各撮影方法で大きな差は見られなかったが、他の計測部位では撮影方法BでCT値が高かった。

Volume scanとvHP scanにおける大動脈弁部のモーションアーチファクトの比較の結果を表2に示す。3名の観察者すべてがVolume撮影においてモーションアーチファクトが少ないと評価し、3人中2人で有意差が見られた。

使用造影剤量の比較の結果を表3に示す。平均使用造影剤量、体重50kgの患者を想定した際の使用造影剤量は、撮影方法A(98.7±17.2 ml, 95.0 ml)、撮影方法B(62.5±9.3 ml, 60.2 ml)、撮影方法C(55.9±17.2 ml, 50.1 ml)となった。

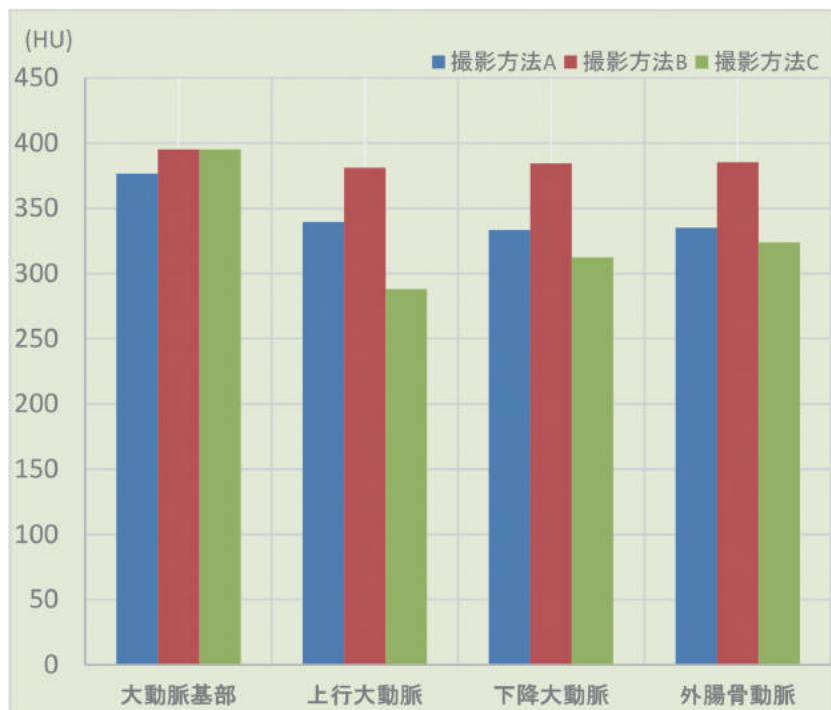


図1 各撮影方法における主要血管のCT値

各撮影方法における線量（CTDIvol と DLP）の結果を表 4 に示す。DLP の合計は、撮影方法 A(1, 295. 2 mGy・cm), 撮影方法 B(2, 201. 9 mGy・cm), 撮影方法 C (1, 642. 4 mGy・cm) となった。

考 察

大動脈弁部のモーションアーチファクトにおいて vHP scan より Volume scan でモーションアーチファクトが少なかったのは、時間分解能が短いからであると考えられる。vHP scanにおける再構成方法ではハーフ再構成もしくはセグメント再構成の選択は可能であるが、セグメント再構成のセグメント数を選択することができない。これに対し、Volume scan ではセグメ

表 2 Volume scan と vHP scan における大動脈弁部のモーションアーチファクトの比較

	Volume scan	vHP scan	P value
観察者 1	4. 05	2. 95	P<0. 01
観察者 2	3. 55	2. 7	NS
観察者 3	3. 75	2. 9	P<0. 05

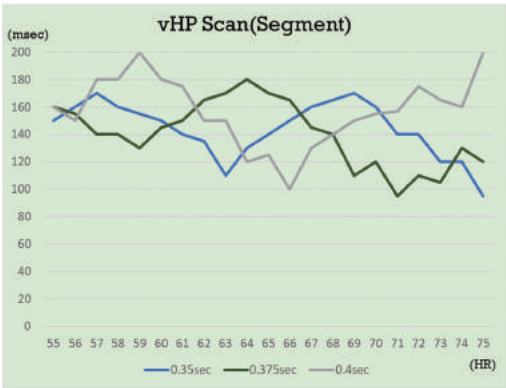
ント再構成のセグメント数を選択することが可能である。図 2 に vHP scan と Volume scan の時間分解能のグラフを示す。Volume scan では 3 Beats 撮影を行うことで、ほぼすべての HR において時間分解能が100 msec 以下になっているが、vHP scan では100msec を下回ることはいない。この時間分解能の差が、大動脈弁部のモーションアーチファクトに影響を与えたと考えられる。

また、vHP scanよりもVolume scan+ Helical scanの方が撮影時間は長くなるが、後者の方が大動脈弁部の撮影自体は早く終わる。vHP scanでは大動脈弁部の撮影が終了するまでの息止め時間は12秒程度必要となるが、Volume scan では 5 秒程度である。この息止め時間の違いも、Volume scan でモーションアーチファクトが少なかった要因の 1 つであると考えられる。図 3 に、vHP scan と Volume scan で撮影された大動脈弁部の画像を示す。患者背景はほぼ等しいが、Volume scanで撮影された画像においてモーションアーチファクトがより少なく大動脈弁底部の輪郭が明瞭に描出されている。

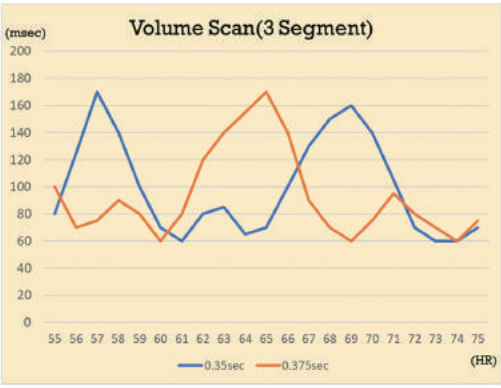
使用造影剤量は造影剤注入を 2 回行う撮影方法 A で最も多くなり、希釈注入を行う撮影方法 C で最も

表 3 各撮影方法における使用造影剤量の比較

撮影方法	A	B	C
平均体重 (kg)	55. 9±10. 2	51. 9±11. 6	51. 4±10. 2
平均使用造影剤量 (ml)	98. 7±17. 2	62. 5±9. 3	55. 9±17. 2
体重50kg の患者を想定した際の使用造影剤量 (ml)	95. 0	60. 2	50. 1



a, vHP scan

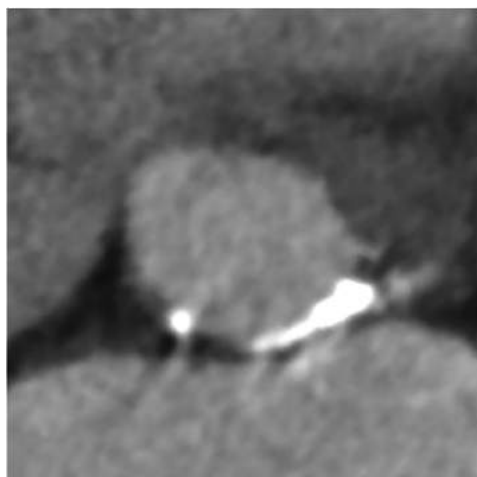


b, Volume scan

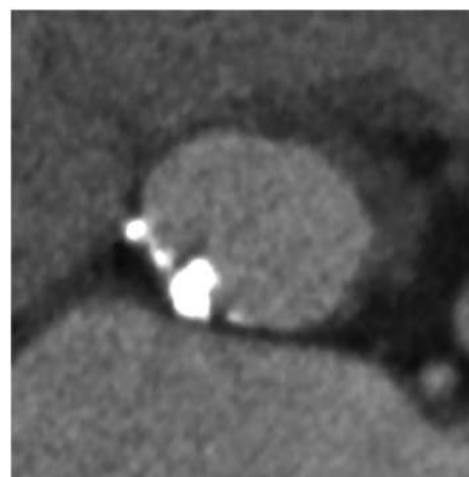
図 2 vHP scan と Volume scan における時間分解能の違い

表 4 各撮影方法における被ばく線量の比較

撮影方法	A		B		C	
	CTDI voI	DLP	CTDI voI	DLP	CTDI voI	DLP
Volume Scan	60	699.6			60	699.6
Helical Scan	8.7	595.6			13.7	942.7
vHP Scan			30.6	2,201.9		
DLP の合計		1,295.2	2,201.9		1,642.4	



a, vHP scan



b, Volume scan

図 3 vHP scan と Volume scan により撮影された大動脈弁底部の画像

少なくなった。希釈注入では注入の前半を造影剤原液、後半を1：1の希釈造影剤としている。大動脈弁部は高い造影効果が求められるため造影剤原液が到達しているタイミングで撮影行う。下肢動脈はアクセスルートの評価のみでよいので希釈造影剤による造影効果で評価可能である。図1より、撮影方法Cは最も少ない使用造影剤量で撮影を行っているが、大動脈弁部の造影効果は他とほぼ等しくなっている。また外腸骨動脈の造影効果は他と比べて低くなっているが、全症例でアクセスルートの評価は可能であった。

被ばく線量が撮影方法Bで最も高いのは、vHP scanはVolume scanに対して心電図同期撮影での撮影範囲が体軸方向に長くなるからである。Volume scan+Helical scanでは大動脈弁部を2回撮影していることになりvHP scanよりも撮影範囲は広がるが、心電図同期における撮影範囲を必要最小限にすることができるため、被ばく線量は撮影方法Aと撮影方法Cが、撮影方法Bよりも低くなったと考えられる。撮影方法

Aと撮影方法Cの被ばく線量に差が生じた理由は、Helical scanの撮影スライス厚が異なるためである。撮影方法CではVolume scanとHelical scan間の装置準備時間を最短にするため撮影スライス厚をVolume scanとHelical scanで統一する必要がある。撮影方法AのHelical scanは撮影スライス厚が1.0 mmに対し、撮影方法Cでは0.5 mmに設定している。CT-ATCMの設定を同一にした場合、撮影スライス厚が小さいほど必要になる線量(mAs)は大きくなるので、撮影方法Aよりも撮影方法Cの被ばく線量が大きくなった²⁾。

以上の検討から、Volume scanによる大動脈弁撮影と大動脈CT-A撮影を連続で行う方法（1回の息止めで2回撮影）が少ない使用造影剤量で優れた画像を撮影することが可能であるため、現在当院ではこの撮影方法を採用している。

利益相反

本論文に関して、開示すべき利益相反なし。

文 献

1) 日本腎臓学会, 日本放射線学会, 日本循環器学会

共同編集「腎障害患者におけるヨード造影剤使用に関するガイドライン 2012」, 東京: 東京医学社 2012; p 6 – 7

2) 齋藤陽子, 市川勝弘「考える CT 撮像技術」, 東京: 文光堂 2013; p69–77

Evaluation of scan methods in preoperative TAVI CT using ADCT

Tomoki YANO, Takuya AKAGAWA, Keisuke ISE

Radiologist, Tokushima Red Cross Hospital

[Purpose] Preoperative transcatheter aortic valve implantation (TAVI) CT was performed to evaluate the aortic valve and blood vessel diameter in the femoral artery. Using ADCT, volume scan or variable helical pitch scan (vHP scan) with retrospective ECG gating can be selected. We evaluated the scan methods for image quality, exposure dose, and volume of contrast materials.

[Methods] We performed TAVI screening CT using three scanning methods: A (volume and helical scan, separately), B (vHP scan), and C (volume and helical scan during one breath-hold).

[Result] The motion artifact of the volume scan was decreased relative to that of the vHP scan. The volume of contrast materials was lower in scan protocol C than in scan protocols A and B. Radiation exposure dose was lower in scan protocol B than in scan protocols A and C. On the basis of the results of this study, we recommend volume and helical scan during one breath-hold.

Key words: TAVI, TAVR, ADCT, Volume scan, Variable helical pitch scan

Tokushima Red Cross Hospital Medical Journal 24: 7 – 12, 2019
