

● 下肢閉塞性動脈疾患に対する異なる2断面同時テストインジェクション法の有用性

鳥取県立中央病院 中央放射線室 | 上山 忠政、小山 亮、壹岐 勝

下肢閉塞性動脈疾患は、診断・治療する上でcomputed tomography-angiography(CTA)による評価が重要である。しかし、様々な要因により下肢動脈の血流速度は一樣ではない。そこで、従来から用いられているBolus tracking法と新たな撮影法である異なる2断面同時テストインジェクション法を比較したので報告する。

CT-angiography is essential for the diagnosis and treatment of lower extremity artery disease. However, the blood flow velocity in the lower extremity arteries can vary due to various factors. Therefore, in this report, we compared the conventional bolus tracking method and the new method based on two dynamic acquisitions technique.

● 背景

下肢閉塞性動脈疾患(lower extremity artery disease、以下LEAD)は、欧米化した生活習慣の影響により、今後増加することが予測され、脳梗塞、心筋梗塞、突然死などの全身の血管イベントリスクが高いことも報告されている¹⁾。LEADに対する画像検査の推奨とエビデンスレベルは、IIa, Bとなっており、診断・治療するためには、CTによる評価が重要となる²⁾。

LEADの診断と治療法の選択において、CTが重要な役割を果たしているが、下肢動脈は様々な理由で血流を捉えることが難しい。具体的に、「下肢動脈全般の血流速度が遅い」「慢性狭窄における側副血行路による影響」「下腿3分岐以降の急激な血流速度の低下³⁾」「心機能の影響」「各種バイパス手術による血流動態変化」などが考えられる。そのため、当

院ではLEADに対するCT検査においては、従来から用いられているボラストラッキング法(以下、BT法)に対して、新法として異なる2断面の造影剤到達時間を測定する方法⁴⁾(two dynamic acquisitions method、以下TDA法)を用いている。

● 目的

LEADを有する患者において、下肢血管撮影の成功率と造影効果について、BT法とTDA法を比較した。

● 方法

対象は、下肢CTAを施行した206症例中BT法で100症例、TDA法で106症例とした。

使用機器は、CT装置Aquilion ONE(キヤノンメディカルシステムズ社製)、造影

剤自動注入器Dual shot GX7(根本杏林堂)、ワークステーションZio station 2(アミン株式会社)、統計解析ソフトEZ(RS) (Saitama Medical Center, Jichi Medical University, Saitama, Japan)を用いた。

BT法は、股関節レベルで動脈に造影剤が到達後、閾値に達した時点で撮影開始とした。また、バリアブルヘリカルピッチを用いることで、血流を撮影が追い抜く可能性を低くするようにした(図1)。下腿レベルからの血流速度低下に対して、膝関節から足趾までピッチファクターを変更した。

TDA法は、1回のテストインジェクション法により、腹部大動脈レベルで造影剤の到達を確認した後、すぐに寝台を移動させ、足関節近傍レベルの造影剤の到達を確認した(図2)。それにより、2つのtime enhancement curve(以下、TEC)を得た。そして、それぞれのレベルで得られたTECより最適な撮影時間を求めた。腹部大動脈レベルの造影剤到達時間を

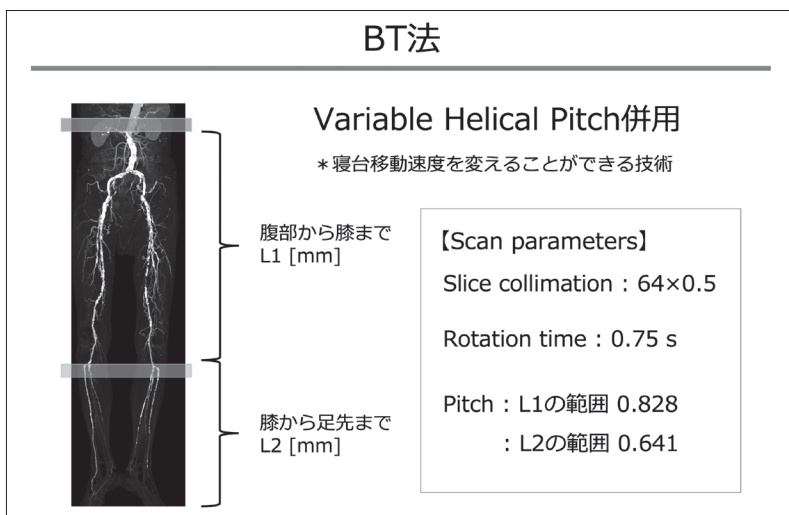


図1 Bolus tracking (BT) 法の撮影方法

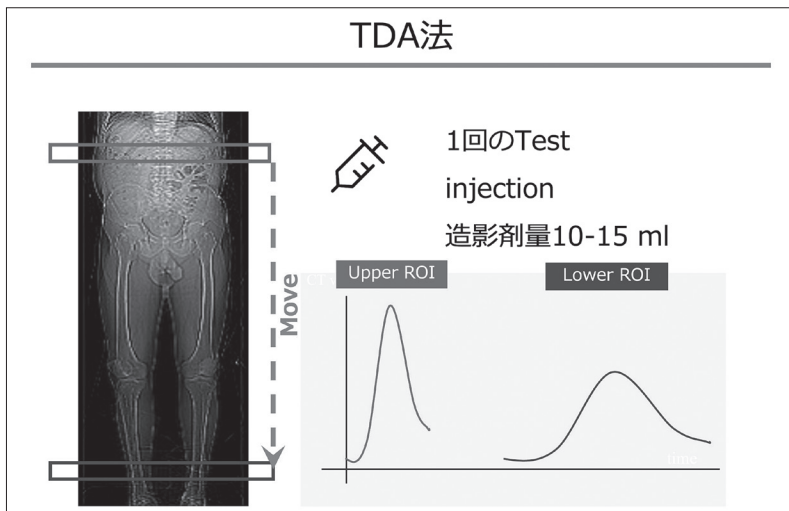


図2 Two dynamic acquisitions (TDA) 法の撮影方法

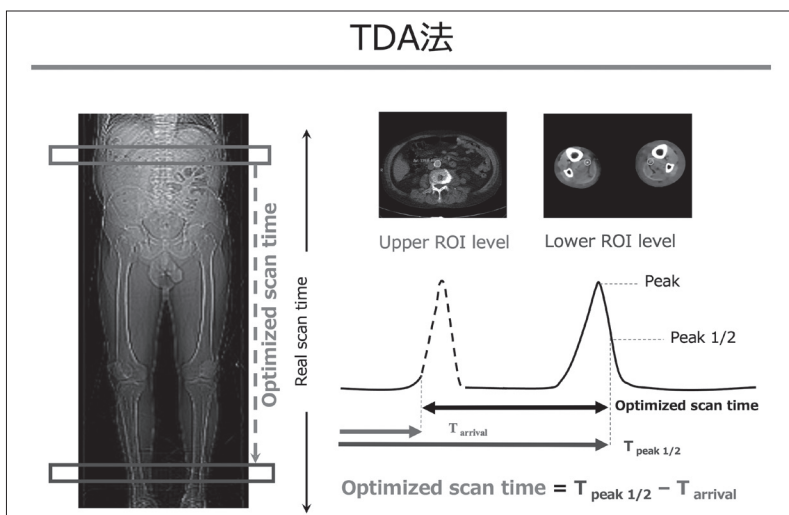


図3 Two dynamic acquisitions (TDA) 法における造影剤到達時間の算出方法

$T_{arrival}$ とし、足関節レベルの造影剤のpeakが半分になる時間を $T_{peak\ 1/2}$ とした。この2点の通過時間が最適な撮影時間となり、 $optimized\ scan\ time = T_{peak\ 1/2} - T_{arrival}$ とした。撮影パラメータのうち、rotation timeやpitch、collimationを調整して、撮影時間がoptimized scan timeと同じになるよう調整した(図3)。

造影条件は、BT法では120kVを使用しfractional dose 24[mgI/kg/s]とした。TDA法では、100kVを使用することで造影効果1.25倍上昇するため、fractional dose 19.5[mgI/kg/s]とした。両法において、注入時間は25秒とし、生理食塩水の後押しは、造影剤と同一の注入速度で10秒注入とした。

視覚的な成功率の評価として、十分な造影効果(good)、造影剤の追い越しあり(failure)、静脈の描出があるが追い越しは無し(poor)とした。また、両法において、腎動脈分岐部、総腸骨動脈、浅大腿動脈、膝窩動脈、足背動脈、腓骨動脈に各々関心領域(region of interest: ROI、以下ROI)を設定し、CT値を測定し比較した。CT値計測に用いた画像は、スライス厚5mm、再構成関数FC03、逐次近似再構成はadaptive iterative dose reduction 3D(AIDR 3D)のstandardとした。

さらに補足検討として、TDA法で撮影した患者群から血流速度を算出し、BT法の撮影速度と比較検討を行った。BT法の撮影速度より遅い群と速い群に分け、それらと検討する項目は、性別、年齢、ABI、心疾患、糖尿病、脂質異常症、狭窄、高血圧の有無とした。

結果

視覚評価において、BT法ではgood 58%、failure 20%、poor 22%であった。TDA法ではgood 86%、failure 0%、poor 14%であった(表1)。

両法における各部位のCT値の比較において、総腸骨動脈、浅大腿動脈、膝窩動脈レベルでは有意差はなかった。腎動脈分岐部、足背動脈、腓骨動脈においては、有意差を認めた($p < 0.01$)(表2、図4)。

補足検討より、TDA法の血流到達時間の測定結果から、BT法の撮影速度より

も遅い症例は33%であった。各検討項目における群間比較より、年齢のみが有意差を認めた(p<0.05)(表3)。Receiver operator characteristic analysis(ROC)解析の結果、カットオフ値は74歳、感度70.3%、特異度50.7%、AUC 0.613であった(図5)。

考察

視覚評価において、BT法では20%が追い越し症例であり、TDA法では有意に下肢動脈の造影効果を得ることができ追い越しが減少した。また、TDA法から取得された血流到達時間から、腹部大動脈レベルに比べて、足関節近傍レベルの血流到達時間のばらつきが大きいことが確認できた。患者ごとに下腿の血流到達時間は大きく異なり、画一的な撮影法では対応できないと考えられる。

各断面のCT値測定より、下腿動脈で有意に造影効果を保つことができた。TDA法では、遠位下肢血流まで血流到達時間を把握することができ、患者ごとに最適な撮影速度でボース部分を撮影することができたと考えられる。

補足検討より、TDA法で撮影した患者群からBT法より遅い血流となったのは、33%存在し、年齢のみが有意差を認めた。理由としては、過去の報告⁵⁾同様、加齢に伴う末梢動脈の血流速度低下の影響が考えられる。しかし、ROC解析結果を加味すると、正確な検査を行うためには、実際に測定し血流速度を把握する必要性が示唆された。

臨床例

BT法では撮影が血流を追い越していた可能性の高い臨床例(図6)。

対象患者は、79歳、男性、心房細動(+)、糖尿病(+)、アルツハイマー型認知症(+)、左足趾皮膚潰瘍(+)、ABI 右 0.66、左 1.28である。

足関節レベルで造影剤の到達が100秒であり、非常に血流速度が遅い症例であった。しかし、TDA法では造影剤の到達時間を確認し、血流速度に応じた撮影時

表1 BT法およびTDA法における視覚評価の結果

結果 1			
	BT法	TDA法	p-value
十分な造影効果 (Good)	58/100 (58%)	91/106 (86%)	<0.05
追い越し (Failure)	20/100 (20%)	0/106 (0%)	<0.01
静脈の描出はあるが 追い越し無し (Poor)	22/100 (22%)	15/106 (14%)	n.s.

Student T-Test.
P-values ≤ 0.05 were considered statistically significant. Not significant : n.s.

表2 各測定断面のBT法およびTDA法におけるCT値の平均±標準偏差

	結果 2		p-value
	BT法	TDA法	
	Mean±SD (HU)		
ABD (腎動脈分岐レベル)	473.3±133.7	523.3±128.5	<0.01
ILA (総腸骨動脈レベル)	467.5±133.1	496.8±141.4	n.s.
SFA (浅大腿動脈レベル)	463.1±143.3	441.4±129.5	n.s.
PA (膝窩動脈レベル)	402.4±147.1	412.3±130.7	n.s.
ATA (前脛骨動脈レベル)	243.8±106.8	301.9±92.6	<0.01
DPA (足背動脈レベル)	172.4±98.5	268.8±94.2	<0.01

Student T-Test.
P-values ≤ 0.05 were considered statistically significant. Not significant : n.s.

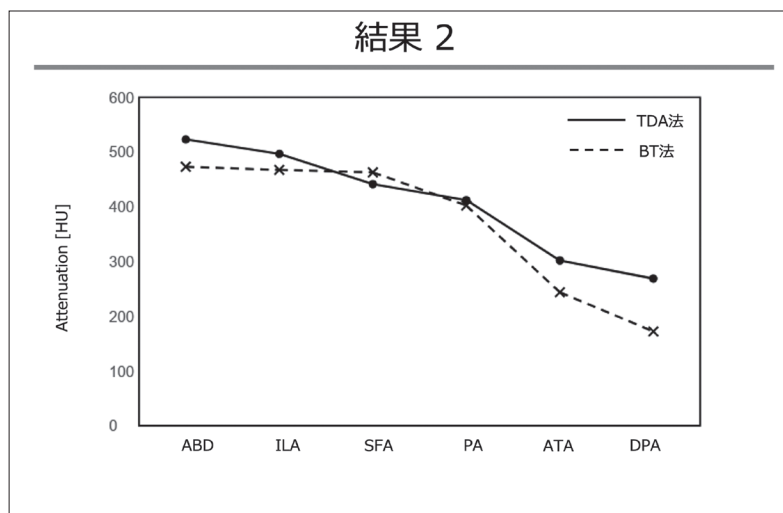


図4 BT法およびTDA法における各測定断面と平均CT値の関係

表3 各検討項目とBT法の撮影速度を用いて群間比較した結果

	v<30.7 [mm/s]	30.7<v' [mm/s]	p-value
性別	男・女：26・9	男・女：54・17	n.s
年齢	77.1±7.9	73.2±9.7	<0.05
ABI	Rt 0.72±0.22 Lt 0.73±0.18	Rt 0.74±0.24 Lt 0.77±0.21	n.s
狭窄	有・無：33・2	有・無：64・7	n.s
心疾患	有・無：14・21	有・無：19・52	n.s
糖尿病	有・無：16・19	有・無：35・36	n.s
脂質異常症	有・無：8・27	有・無：20・51	n.s
高血圧	有・無：15・20	有・無：30・41	n.s

Student T-Test and Chi-squared test.
P-values ≤ 0.05 were considered statistically significant. Not significant : n.s.

間とすることができる。

この症例では、右膝窩動脈が閉塞し側副路が発達していること、左後脛骨動脈は中腹で完全閉塞しているが、末梢で腓骨動脈から側副路を介して描出が確認できる。

結語

LEADに対して、TDA法は成功率が高く、造影効果を高く保つことができる検査であることが示唆された。また、患者特性から血流動態の把握は難しいため、実際に測定することで精度の高い血流評価が行えると考えられる。

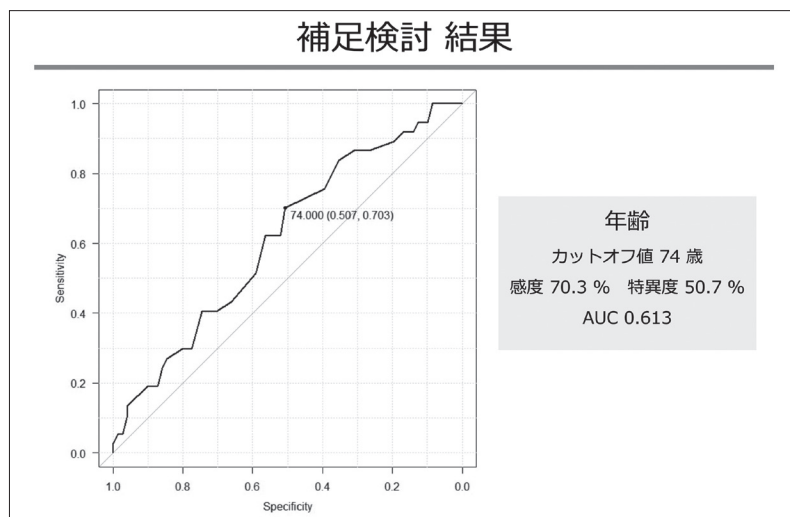


図5 BT法の撮影速度で分けた2群と年齢のROC曲線

<文献>

- 1) Song P et al: Global, regional, and national prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2015: an updated systematic review and analysis. Lancet Glob Health 7(8): e1020-e1030, 2019
- 2) 日本循環器学会/日本血管外科学会合同ガイドライン
- 3) Mitsuko M et al: Diagnosis of peripheral arterial/venous disease. Series of articles on ultrasonography. IRYO 60(12): 788-796, 2006
- 4) J Baxa et al: Low contrast volume run-off CT angiography with optimized scan time based on double-level test bolus technique-feasibility study. European journal of radiology 83(3): e147-e155, 2014
- 5) Hiroaki T et al: Effects of aging on blood flow volumes, velocities, mean vessel diameters, and vessel elasticities of the common carotid artery in healthy volunteers: A longitudinal study. Jpn J Stroke 19(4): 301-307, 1997

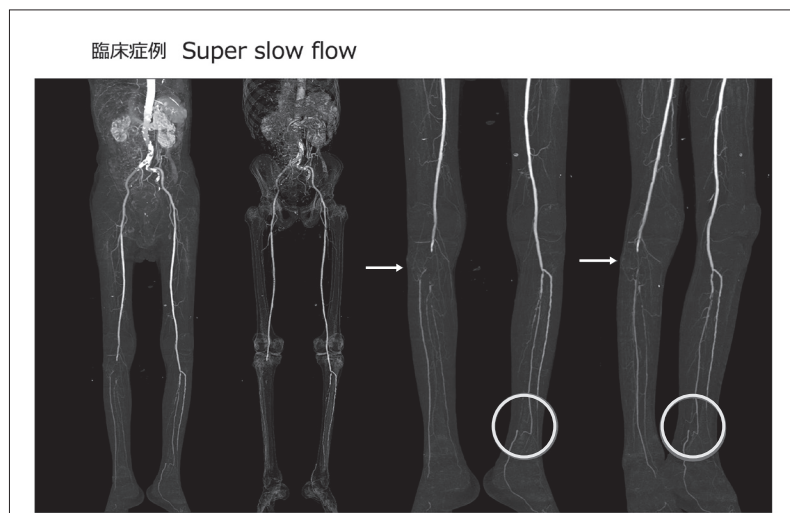


図6 下肢血流が非常に遅い症例

右膝窩動脈は閉塞して、側副路が発達している(矢印)。
左後脛骨動脈は中腹で完全閉塞しているが、末梢で腓骨動脈から側副路を介して描出されている(丸)。