



第80回日本循環器学会学術集会ランチョンセミナー 32

循環器CT画像診断は新しい領域へ

第80回日本循環器学会学術集会が2016年3月18日(金)～20日(日)、仙台国際センター(宮城県仙台市)などを会場に開催された。19日(土)に行われた東芝メディカルシステムズ株式会社共催のランチョンセミナー 32では、順天堂大学医学部・大学院医学研究科循環器内科学講座担当教授の代田浩之氏を座長に、順天堂大学医学部・大学院医学研究科循環器内科学講座准教授の藤本進一郎氏と岩手医科大学附属病院循環器放射線科教授の吉岡邦浩氏が、「循環器CT画像診断は新しい領域へ」をテーマに講演した。



320列CT循環器診療への活用と 新たな解析技術の可能性

藤本進一郎

順天堂大学医学部・大学院医学研究科循環器内科学講座

本講演では、われわれが行っている低被ばくプロトコルの臨床活用について、また、新しい解析技術の可能性として、CT-FFR解析およびブランク解析について述べる。

低被ばくプロトコルの臨床活用

1. 被ばく低減技術の発展

320列 Area Detector CT (ADCT) が登場し、体軸方向に1回転最大16cmのカバレッジでオーバーラップなしに心臓全体の撮影が可能となった。これによりバンディングアーチファクトのない画像が得られ、従来よりも大幅な被ばく低減が図られた。

われわれは、64列CTの770例と320列ADCT(0.35s/rot)の3705例における冠動脈CTの画質と被ばく線量について比較した¹⁾。prospective CTAを行うに当たり、HR60bpm以下の被検者には1心拍でのハーフ再構成を適用し、それ以外の患者には2心拍もしくは収縮期のセグメント再構成を適用して被ばく低減を図った。実際の画質を比較すると、320列ADCTでは呼吸停止時間の短縮により明らかに画質が向上した。また、HRに応じてグループ分けし比較した結果、64列CTにて心電同期フラッシュスキャンを適用したHR60bpm以下のグループを含め、すべてのグループで320列ADCTでは被ばく線量を64列CTの約

半分に低減可能であった。

2. 被ばく低減技術のさらなる進歩

「Aquilion ONE / ViSION Edition」(0.275s/rot)では、時間分解能の向上によりフル再構成が可能であり、これを冠動脈CTAに用いることで管電流を下げても良好な画質を維持できると思われる。

さらに、“Advanced Patient Motion Correction (APMC)”は、サイノグラム上で0°と360°近辺の重み付けを調整してモーションアーチファクトを低減する再構成法であり、心電図同期再構成にも使用可能である。APMCのTemporal Resolution (TR)は、データの使用法やSD値の変化からハーフ再構成とフル再構成の中間に位置すると考えられる。理論的には61bpm以下にて1 rotation scanningが可能なることから、低心拍の場合はHRをさらに層別化してハーフ再構成、APMC、フル再構成を使い分けて管電流を下げ、被ばく低減を図った(図1)。

当院の連続360例中、1 rotation scanningが可能だった209例について、ハーフ再構成、APMC、フル再構成にて大動脈、左房、左室のSD値を計測したところ、フル再構成が最も良好であった。平均被ばく線量もハーフ再構成が2mSv、APMCが1.3mSvだが、フル再構成は0.8mSvと1mSv以下であった。ま

た、209例のうち、心臓カテーテル検査を施行した28例の診断能を比較すると、1 rotation scanningの陰性適中率は96.9%と良好な結果が得られた。

新しい解析技術の可能性： CT-FFR解析

1. 従来のFFR-CTの課題

FFR-CTは、数値流体解析の手法を用いてCTの形状からFFR(機能的血流予備能比)を算出するもの。複数の多施設臨床試験にて、Invasive FFRをスタンダードとした場合、CT単独と比較してFFR-CTを行った方が明らかに感度、特異度が良好になるほか、不必要なCAGが減少したとの結果が示されている。

一方、メタアナリシスでは特異度にバラツキが見られたが、その理由としていくつかの要因が挙げられる。FFR-CTで

HR	Phase	Scan phase	Scan beat	mA&Recon.
51	MD	MD (75-75%)	1 beat	30% mA full Recon.
56	MD	MD (75-75%)	1 beat	50% mA APMC (3/4 Recon.)
61	MD	MD (75-75%)	1 beat	100% mA Half Recon.
65	MD	MD (75-75%)	2 beats	100% mA Seg Recon.
80	ES	ES-MD (35-80%)	2 beats	100% mA Seg Recon.
100	ES	ES (250-400ms)	2 beats	100% mA Seg Recon.
120	ES	ES (210-360ms)	3 beats	100% mA Seg Recon.

図1 Aquilion ONE / ViSION Editionによるさらなる被ばく低減プロトコル

は冠動脈の形状は再現できるが、大動脈圧、安静時冠動脈血流量、最大充血時の微小血管循環などのパラメータを仮定して計算する必要がある。しかし、患者固有の条件定義の境界条件が患者単位ではないため、実際の計測値とは乖離が生じる可能性がある。

2. 新しいCT-FFR解析の特長

東芝メディカルシステムズ社が開発した新しいCT-FFRでは、流体構造連成解析が採用されている。この解析手法は、拡張中期から拡張末期までの複数の心位相データから、血管断面積や血管体積の変化量を求め、患者固有の境界圧力条件などを算出し、この値を用いて流体解析を行いCT-FFRを算出する手法である。患者固有の情報を用いて解析しているため、より精度の高いCT-FFRの算出が期待される。

また、オンサイトで解析が可能であり、CT画像解析、複数の心位相解析、CT-FFRの計算、結果の表示までを約1時間で行うことができる。

3. 初期使用経験

胸背部痛を主訴に狭心症精査目的で当院を受診した症例（75歳、男性）では、CTにて左前下行枝（LAD）に石灰化が認められ、狭窄率は50%程度であるが、症状が強いことから心臓カテーテル検査を施行した。侵襲的FFRの結果は0.91、CT-FFRでも0.91であり（図2）、CT-FFRの有用性が示唆された。

新しい解析技術の可能性：プラーク解析

CTを用いたプラーク性状評価においては、脆弱性プラークの特徴としてpositive remodelingやlow attenuation plaque, napkin-ring signなどが挙げられる。しかし、low attenuation plaqueのCT値は、造影効果や血管内腔の狭窄度、管電圧、スライス厚などの影響により変化する。そこで、新しいプラーク解析ソフトウェアについて、東芝メディカルシステムズ社と共同研究を行った。プラークのCT値が低い部分はlipid-richであるという前提の下、さまざまな連続性や背景などを加味してもう一度解析することで、ソフトプラークと思われるよ

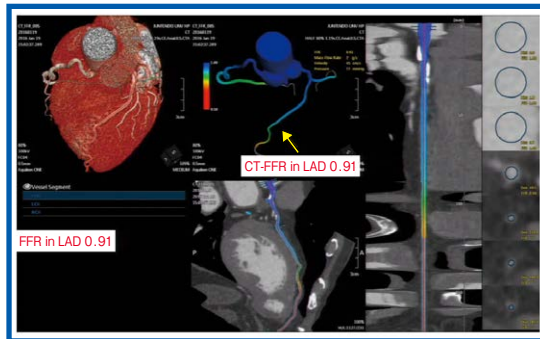


図2 狭心症精査目的の症例のFFR-CT

うな低CT値の部分とfibrous plaque, lumen, 石灰化をより客観的に分ける手法である²⁾（図3）。

コンピュータシミュレーションによる物理ファントム実験にて、新しいプラーク解析ソフトウェアを用いてlow density areaの部分や石灰化、内腔を規定しておきシミュレーションを行った。その結果、血管内腔の造影剤濃度が変化してもプラーク内のlow density areaと石灰化領域を正確に

描出可能なほか、カルシウムのCT値が変化してもプラーク内のlow density areaを同等に評価できた。また、プラーク内のlow density areaや石灰化のサイズなど、複数の要素を組み合わせても同様の結果が得られた²⁾。そこで、冠動脈血管内超音波（VH-IVUS）の結果と比較すると、vessel area, lumen area共に非常に良い相関が認められた。また、CT値のみを基にしたCTカラーマップとの比較でも、VH-IVUSを基にしたnecrotic core areaやfibrous areaとのより良い相関が得られた²⁾。

VH-IVUSにて、図4ではnecrotic core areaのないfibrous plaqueが、また、図5ではnecrotic core areaが認められるが、新しいプラーク解析ソフトウェアでもそれぞれ同様に描出されている。本ソフトウェアを用いることで、より正確かつ客観的・定量的なプラーク解析が可能になると考えている。

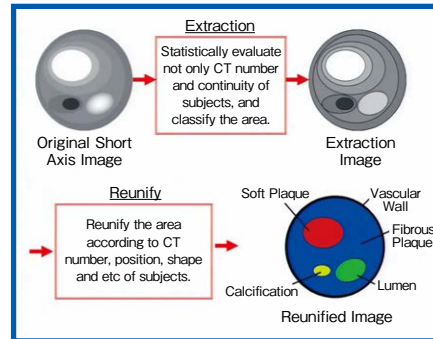


図3 新しいプラーク解析の手法

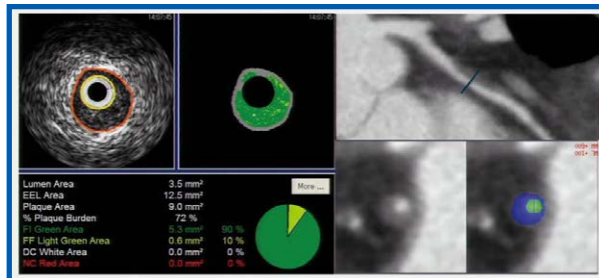


図4 新しいプラーク解析による necrotic core areaのない fibrous plaqueの描出

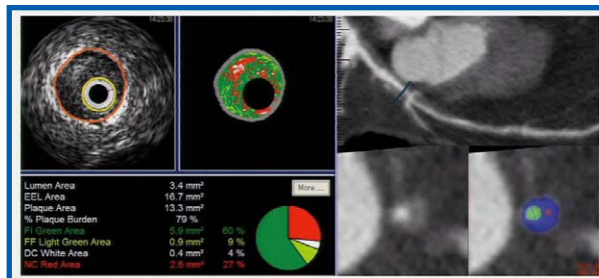


図5 新しいプラーク解析による necrotic core areaの描出

まとめ

CTの魅力は1回の撮影で多くの情報を得られることであり、新技術を用いることで治療戦略の決定や心血管イベントリスクの再層別化につなげていける可能性があると考えている。

●参考文献

- 1) Fujimoto, S., et al. : Image quality and radiation dose stratified by patient heart rate for coronary 64- and 320-MDCT angiography. *Am. J. Roentgenol.*, **200**・4, 765～770, 2013.
- 2) Fujimoto, S., et al. : A novel method for non-invasive plaque morphology analysis by coronary computed tomography angiography. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*, **30**・7, 1373～1382, 2014.

藤本進一郎
Fujimoto Shinichiro

1996年 筑波大学医学専門学群卒業。2005年 カリフォルニア大学アーバイン校留学（リサーチフェロー。Dr. Narulaに師事）。2010年 高瀬クリニック循環器科。2013年より順天堂大学大学院医学研究科循環器内科学講座准教授。

