

Accuracy of 64-slice computed tomography to classify and quantify plaque volumes in the proximal coronary system:

a comparative study using intravascular ultrasound

冠動脈近位部プラーク容積の分類と定量化を目的とした64MDCTの精度
: IVSUとの比較

Leber AW ,Becker A ,Knez A ,von Ziegler F ,Sirol M ,Nikolaou K ,Ohnesorge B ,Fayad ZA ,Becker CR ,Reiser M ,Steinbeck G ,Boekstegers P .

Department of Cardiology, Klinikum Grosshadern, University of Munich, Munich, Germany.
aleber@med.uni-muenchen.de

Journal of the American College of Cardiology. 2006 Feb 7;47(3):672-7.

新潟アンギオ画像研究会
信楽園病院 放射線科 吉田 秀義

この文献は、IVUSと比較した64列MSCTのプラーク性状と容量測定の精度に関するものである。64列MSCTを用い、非侵襲的にプラーク性状とその容量を測定することは、リスク改善の面で重要と思われる。しかしながら、現在の64列MSCTは空間分解能や時間分解能に制限があるため、血管内腔・プラーク・血管壁の区別が難しい。

このStudyでは、プラークの非侵襲的な検出が可能なことを示唆しているが、プラークの自動描出や再現性に問題があるとしている。

OBJECTIVES:

冠動脈近位部に発生した atherosclerosis を対象に、64列マルチスライスCT(以下、64-MSCT)を用いて撮影し、血管内エコー(以下、IVUS)と比較することにより、その精度を評価した。

BACKGROUND:

非侵襲的にプラークの性状と容量を測定する方法は、リスク層化を改善する上で重要であると考えられる。

METHODS:

Patients:

狭窄率50%を超える病変を有する患者を除き、冠動脈疾患の罹患歴がない12名、冠動脈ステント留置術を行っている8名の合計20名の患者を対象に、MSCTとIVUSを施行した。

MSCTは、心カテ施行日1か2日前に行った。心拍数70回/分を超える患者に対しては、50から100mgのmetoprololをMDCT施行60分前に経口投与した。

64-MSCT scanning technique:

ボーストラッキング法を用いて、300mg/mlの造影剤80mlを5ml/sの速度で経静脈性に注入し、上行大動脈の濃度が100HUで撮影を開始した。8~9秒の息止めで、ECG-gatingを用いて心臓全体を撮影した。検出器のコリメーションは、32×0.6mm。再構成画像は約0.4mm厚である。

64-MSCT image analysis:

ディスプレイ上で、プラークおよび血管壁を識別するための最適なウインドウ幅は395から809HU、ウインドウレベルは165から339HUであった。血管壁の平均CT値の65%のウインドウレベルに設定し、ウインドウ幅1に設定することにより、IVUSでの測定した血管径と一致した値が得られ、この方法により再現性のある測定が可能であると判断して解析を行った。

IVUS との血管走行方向への比較は、CT 画像の冠動脈の走行方向へ 3mm 間隔で区切って比較した。区切った各部分を下記に示す条件でクラス分けした。

血管内腔の CT 値が 130HU 以上で

造影された血管壁から分離されている (非石灰化プラークと同じ CT 値か、造影された血管壁より高い CT 値か)

冠動脈壁を指摘できるか

少なくとも、石灰化 atherosclerotic プラークと判定した二つの異なったプラークを確認できる。造影された血管壁より低い CT 値であった血管壁の部分を非石灰化プラークとした。石灰化が 3mm 間隔で 50%を超える場合、石灰化プラークとした。50%未満の場合を混合プラーク、全く石灰化が存在しないものを非石灰化プラークとした。なお、非石灰化プラーク内に 2mm² 未満の石灰化が少なくとも 2 個存在するか、2mm² を超える石灰化が存在するものを、石灰化プラークとした。周囲の非石灰化プラークの平均 CT 値より 20HU 低く 2mm² を超えるものを、脂質が蓄積している部分とした。3mm 間隔毎にプラーク容積を算出して合計した。2 人の観察者に対して、IVUS の結果を知らせず、解析を行った。

IVUS

IVUS カテーテルの走査スピードは、0.5mm/s である。解析には、拡張期で得た 1mm 間隔のデータを使用した。MSCT と同様に 3mm 間隔に区切って解析を行った。MSCT の結果を知らせずに、解析を行ってもらった。American College Cardiology の提唱に従い、中膜と内膜との間隔が、少なくとも 0.5mm の場合を atherosclerotic プラークとした。プラーク容量は、3mm 区間内ある最大の面積を 3 倍することによって算出した。血管のプラーク容量は各区間のプラーク容量をすべて加えて算出した。

石灰化プラークは、各 3mm 区間において、180 度を超えるカルシウムの後方音響陰影が存在する血管外膜と同等かそれ以上のエコー信号を示す場合を石灰化プラークとした。180 度未満の場合を、混合タイプとした。非石灰化タイプは、後方音響陰影が存在しないものとした。エコー信号が存在しないものは、脂質が核となっているプラークとした。特に、多数の点状スポットが 90%未満か、周囲 90 度未満であった場合、カルシウムパターンとした。

Comparison of 64-slice CT and IVUS

MSCT および IVUS の冠動脈の位置を一致させるために、遠位端より、側枝、石灰化の性状、ステントなどを基準点とした。冠動脈入口部と基準点の距離を MSCT と IVUS の画像から求めた。MSCT と IVUS 間の測定差は、1.5mm を容認できる差とした。冠動脈遠位端から 3mm 間隔で両方法を直接比較した。

Statistical analysis .

プラーク容積の比較には、Bland-Altman 解析を用い、有意差検定には、対応のある Student t テストを用いた。容積の相関は Spearman の相関係数を算出した。MSCT による測定者間の変動については、(測定者 1-測定者 2) / {(0.5 x 測定者 1) + (0.5 x 測定者 2)} で計算した。Atherosclerotic 病変の検出に対する再現性は、Cohen 's kappa 係数を算出した。有意差検定では、0.05 未満を有意差があるとした。

RESULTS:

MSCT での、補正したプラークの検出率は、石灰化のないプラーク部分で 65 病変中 54 病変 (83%)、石灰化と非石灰化の混合プラークで 53 病変中 50 病変 (94%)、石灰化したプラークで 43 病変中 41 病変 (95%) であった。全体として、MSCT によるプラークの検出率は 90% (161 病変中 145 病変) であった。204 病変中 192 病変 (94%) において、atherosclerotic 病変を正確に除外できた。加えて、MSCT は、明らかに脂質が蓄積している部位を 10 病変中 7 例 (70%)、石灰化が点状に存在する病変においては、30 病変中 27 病変 (90%) の検出が可能であった。MSCT と IVUS の一致度を table.1 に示す。MSCT は atherosclerotic 病変 145 病変中 23 病変について間違った分類をした (Table.1)。MSCT と IVUS のプラーク容積の相関係数は、 $r^2=0.69$ ($p < 0.001$)、Bland-Altman 解析では、混合プラークおよび非石灰化プラークでは過小評価 ($p < 0.03$) の傾向があり、石灰化プラークでは過大評価する傾向にあった (fig.1)。プラーク容量の測定に対する測定者間の変動は 37% であった。測定者間の atherosclerotic 部位の一致は良好であった (Cohen's kappa coefficient = 0.75)。

Table 1. Consensus Table of 64-Slice CT and IVUS to Detect and Classify Coronary Plaque

64-Slice CT	IVUS			
	None	Calcified	Mixed	Noncalcified
None	192	2	3	11
Calcified	1	34	8	0
Mixed	1	7	38	4
Noncalcified	10	0	4	50

CT = computed tomography; IVUS = intravascular ult

DISCUSSION:

脂質および点状石灰化のような、プラークの破綻をきたす特徴を、非侵襲的に画像化できた。MSCT によるプラークの測定精度に関する報告は、2 例ある。16-MSCT を用いて行われ、石灰化の検出感度は、それぞれ 91%、95%、非石灰化については、それぞれ 78%、58%と報告されている。本研究では、解像力が改善されている 64-MSCT を用いているので、非石灰化の検出感度が 83%となった。石灰化病変の検出は容易であった。対照的に非石灰化病変は、より細かく分類しなければならない。これまで IVUS での報告では、高エコーおよび低エコー信号プラークが混じり合い、プラークの識別を困難にしているとしている。Atherosclerotic 病変は、通常、壊死組織から石灰化組織など異なる性状のものから成り立っている。そのため、Stary 分類が MSCT の画像に対応しないと考えられる。また partial volume 効果により、プラークの CT 値の正確な評価を妨げられている。しかし、プラークの他の性状を画像化できる可能性がある。侵襲性のある研究によって、脂質の蓄積や点状の石灰化の存在が、プラークを脆弱化することが示されており、本研究では、濃度に基づくプラークの分類でなく、64-MSCT によるプラーク性状の識別能評価を目的とした。大きな脂質の存在しているプラークが、急性心疾患の主病変であることが示されている。本研究で、脂質を識別できる可能性を示したが、IVUS の脂質の検出感度は、50%から 75%、本研究で検出した脂質は、すべて太い冠動脈近位部であった。したがって、脂質検出するための 64-MSCT の真の精度は、明らかにここに示した精度より低いと考えられる。

MSCT には、プラーク内の石灰化パターンは、もう一つの潜在的な組織的対象がある。脆弱なプラークには、点状のカルシウム沈着することが報告されていることから、冠動脈粥状硬化症の明確な特徴を評価するために、MSCT の可能性を示した。しかし、これらの結果の臨床的および予後への影響は、将来期待される研究として評価しなければならない。

明らかな提言は、経時的に変化するプラークの蓄積および容量の変化は、予後を左右する重要な因子である。しかし、ここで示したように現在の 64-MSCT は、空間分解能および時間分解能に制限があるため、血管内腔、プラーク、血管壁の区別には制限がある。プラーク定量の大きな目標は、血管外周の識別である。プラーク及び周囲組織がとも均一であるため、正確に自動的あるいは半自動的な境界の検出を可能にする閾値を決定することは、極端に難しいことである。したがって、64-MSCT は高い測定者間の測定変動を認め、ただ単に、IVUS の測定法を引用した。

Study limitations

参加した患者の条件を制限しなかったことが、本研究結果が制約された。しかし、本研究での全患者は、前もって肥満、徐脈、年齢によって選んだ患者ではなく、通常に診療を受けている患者で構成されている。64-MSCT は被曝線量で 9 から 14mSv の被曝がある。この被曝量は、特にもしこの方法を、無兆候の患者に対して予防的目的のために検討したなら、批判される。

最も、正確な境界決定に可能な最適な表示条件を決定するために、一部の患者において、経験的に表示条件を決定した。その結果、すべての結果は、関連性あり、場合によっては変化すること考える。しかし、この表示条件は、用いた 64-MSCT を明らかに改善される見通しはない。なぜなら、ただ単なる分解能の向上は、partial volume effect、動きによるボケが減少する。

CONCLUSIONS:

64-MSCT が冠動脈近位部に発生した異なるタイプのプラークを非侵襲的に検出できることを示した。問題点としては、その再現性に問題がある。

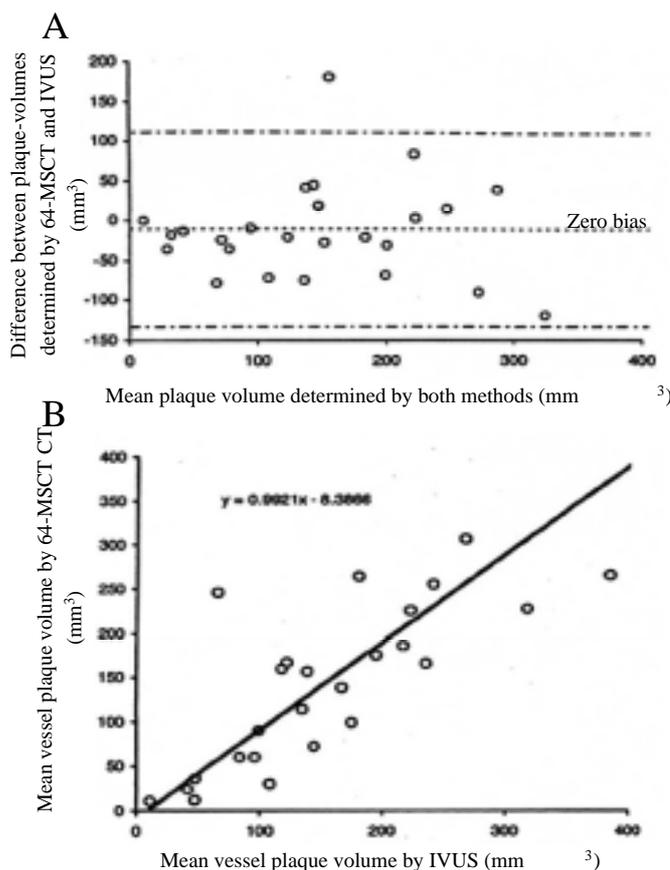


Figure 1. IVUS と 64-MSCT の Bland-Altman プロット図 (A) と 相関図 (B) を示す。64-MSCT は IVUS に比べ、プラーク容積を過小評価する傾向にあった (p<0.05)。相関は、概ね良好であった (Spearman 相関係数 $r^2 = 0.69$)。