

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号： 3 2 6 2 0
研究種目： 奨励研究
研究期間： 2022 ~ 2022
課題番号： 2 2 H 0 4 3 8 1
研究課題名 Dual-Energy CTによる血管内石灰化の評価

研究代表者

岩崎 敬 (iwasaki, takashi)

順天堂大学・医学部・診療放射線技師

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 370,000 円

研究成果の概要：従来のCT装置では評価困難であったCT値を利用とする血管内の石灰化内部評価を可能とした。治療可能および治療困難なCT値の推定及び治療後の石灰化分布を予測することはできた。しかし、検討症例数が少ないこともあり、現状では石灰化内部の治療に利用したカテーテル物品とCT値の関係については明確にできていない。

研究成果の学術的意義や社会的意義

治療前後の石灰化分布をDECT画像にて評価することにより、石灰化内部の性状評価を行う。これにより、石灰化内部の治療に利用したカテーテル物品とCT値の関係を明確にでき、医師の治療戦略に臨床的有用性の高い情報を提供し、今まで救済できなかった症例に対しても治療前の精査により、治療可能な血管内石灰化部と治療困難な血管内石灰化部とに分別が可能となり、最適な治療選択が望める。

研究分野：末梢血管造影領域、CT、石灰化病変

キーワード：DualEnergy 仮想単色X線画像 血管内石灰化 石灰化分布

1. 研究の目的

日本人の動脈硬化性疾患は食生活の欧米化に伴って、増加の一途を辿っている。動脈硬化性病変の一つ血管壁の動脈硬化性石灰化病変が挙げられ、カテーテルによる血管内治療が行われる。多くは汎用の Computed Tomography (CT) 撮影にて病変を認識するが、使用する X 線が連続スペクトルであるがゆえにビームハードニング効果やブルーミング効果が影響して、従来画像では CT 値が変化し、精密な血管性状の評価が困難であり、術前検査方法で得た血管情報と術後成績の乖離を産むことが多い。また石灰化病変を対象としたカテーテル物品は様々あるが、中でも石灰化病変を削るための物品として CROSSER カテーテルが存在する。添付文書より「狭窄部へのガイドワイヤーの通過が困難な場合に使用」の記載があり、実臨床でも幅広く利用されている。しかし、海外の臨床試験成績 (PATRIOT) から対象血管別における適応領域の記載はある一方で、石灰化病変を対象とした治療可能な CT 値との関係は明らかではない。

近年、Dual Energy 技術により 2 種類の異なる管電圧で撮影した画像を重み付けして合成することで、ビームハードニング効果やブルーミング効果を抑制できる CT 画像の再構成が可能となった。さらに従来 CT では血管内治療にて困難な高度石灰化として認識される病変であっても、Dual Energy 技術を利用した CT (DECT) 画像から作成した仮想単色 X 線画像 (virtual monochromatic imaging: VMI) と実効原子番号 (Zeff) を精査することで石灰化周囲及び内部の性状評価が可能となり、血管内治療の選択にも期待できる大きな利点になると考えた。

申請者の施設では下肢血管に石灰化結節 (calcified nodules: CN) を患う方も多々来院され、カテーテルを使用した血管内治療を行っている。CN は血管内部に突出した石灰化であり、石灰化病変に対する末梢動脈疾患ガイドラインからは病変部長区域病変の場合は外科的治療が選択されるなか、血管内治療が選択される石灰化に対する CT 値の閾値についての記載はありません。本研究では下肢血管形成術前後の DECT 画像から CN の性状及び形状評価を行い、治療可能な石灰化領域の推定を検討した。また一般的な下肢血管内治療の穿刺部位として鼠径部が選択される中で、患者別背景により、総腸骨動脈を経由する対側方向と穿刺部位から足先方向に進める同側方向が存在する。血管内を走行するカテーテル物品には血管の蛇行性や走行距離の影響を大きく受けるため、鼠径部穿刺における治療方向別の治療可能 CT 値の評価も検討した。

下肢血管形成術前後の DECT 画像の全 24 症例から CN の性状評価を行い、石灰化内部の HU 値及び Zeff の値を 4 種既定値ファントム (Inner Bone: 1.146g/cm³、CB2-30%CaCO₃: 1.322g/cm³、CB2-50%CaCO₃: 1.558g/cm³、Cortical Bone: 1.822g/cm³) と比較して、本検討では以下の 2 つを検討した。

(1) 治療前後の CN を対象とした DECT 画像から治療可能領域、治療可能周囲領域 (以下、周囲領域) 最大 CT 値領域の 3 ヶ所を ROI 計測して、治療可能な CT 値及び Zeff の値を推定した。

(図 1)

(2) 鼠径部穿刺からの同側及び対側病変に対する治療可能な石灰化領域の CT 値及び Zeff の値を検討した。

2. 研究成果

従来 CT 画像では評価が困難であった CN を DECT 画像 (VMI 画像 70keV の場合) にて評価すると CN 内部の CT 値には 600HU から 1200HU と大きくバラツキが存在している症例が多く見られた。また全 24 症例で下肢血管治療術前に評価した比較的 CT 値が低い箇所の治療可能領域と術後の血管内形成箇所が同位置であり、最大 CT 値領域では変化がみられなかった。

(1) ファントム結果と比較して、治療可能領域は CB2-50% の VMI 曲線を下回り、Zeff では CB2-50% と CB2-30% 間に 75%-中央値が範囲的に位置していたため、ファントムの CB2-50% と並走する周囲 ROI の平均値および標準偏差を考慮すると、本検討の 24 症例では「平均 HU 値は 70keV: 1000HU、140keV: 600HU、且つ Zeff が 13」を超える条件の石灰化病変での血管内治療は難しいと考えられた。(図 2) また治療可能領域と治療困難であった周囲領域の間に有意差ありました。これは従来 CT では評価が困難であった石灰化内部を DECT 画像にて治療可能領域及び治療困難な領域の HU 値と Zeff を算出して判別できたことを示し、治療術前検査における DECT 画像の利用は治療可能領域の推定に有効であると考えられた。本検討の評価項目である実効原子番号の算出式には物質の密度も考慮しており、高い CT 値を示す石灰化内部の評価では HU 値加えて、密度を考慮した評価項目の有用性が高いと考えられた。

(2) 同側症例と対側症例を比較した場合、同側方向における治療可能領域の CT 値では対側の症例と比べて、各 VMI における CT 値及び Zeff にて高い傾向を示した。(図 3) 同側と比べて対側症例では穿刺部位から病変部の間では総腸骨動脈の血管蛇行及び屈曲の影響が大きいため、ガイドワイヤーなどの追従性やトルク伝達性を最大限活用できないことが影響した。このため本検討では、同側症例と比べて、対側症例では「70keV 最大 HU 値: -100HU、最大 Zeff: 0.5 小さい」条件の石灰化領域にて治療が行えたと考えられた。さらに本検討の治療可能領域では従

来CTで評価できなかったVMI画像の特に低エネルギー側のCT値にて特徴があることが示され、治療術前評価におけるDECT撮影の有効性も高いと考えられた。

従来CTでは評価困難であったCNをDECTにて評価することで、従来法より詳細な情報を得られ、臨床的有用性が高い画像取得に成功した。中でも治療可能および治療困難なCT値の推定及び治療後の石灰化分布を予測は今後の医師における治療戦略有益な情報あることが示唆された。しかし、検討症例数が少ないこともあり、現状では石灰化内部の治療に利用した各カテゴリー物品とCT値との関係については明確にできていない。またCROSSERにおける検討についても臨床症例数が目標数を大きく下回ったため、新型コロナウイルスの5類引き下げの社会情勢と申請者施設におけるフットケア外来の新設により、研究対象症例の増加が期待でき、解析データの収集ができ次第、報告する。

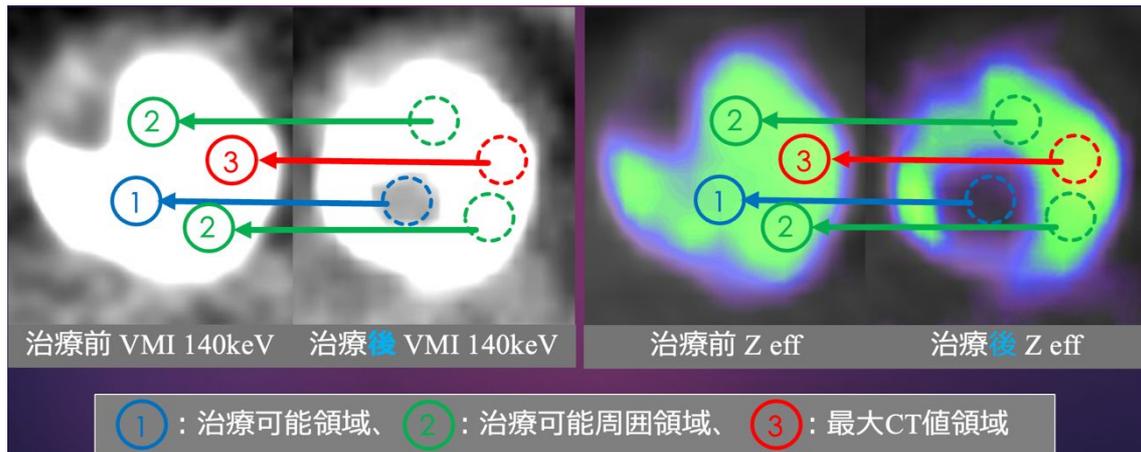


図1. 治療前後における各評価画像の測定箇所

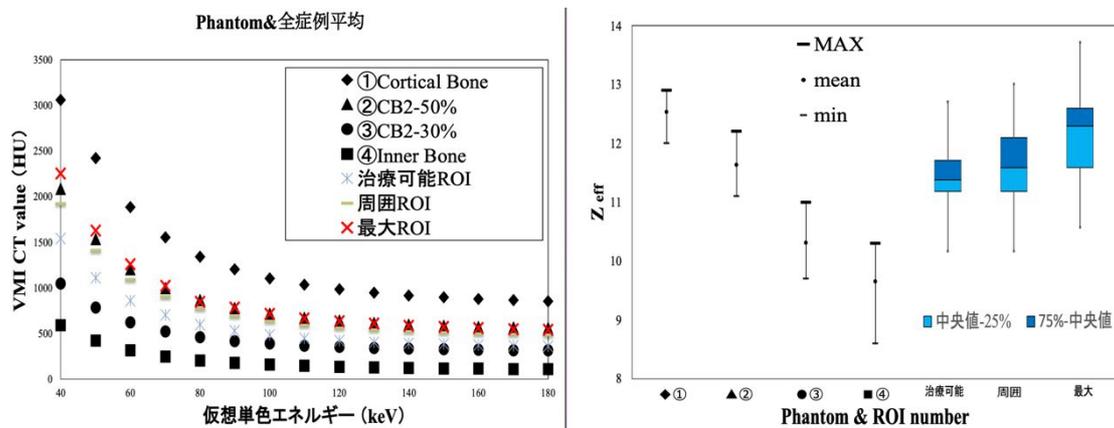


図2. 全症例平均とファントムにおける比較 (VMI 曲線と Zeff)

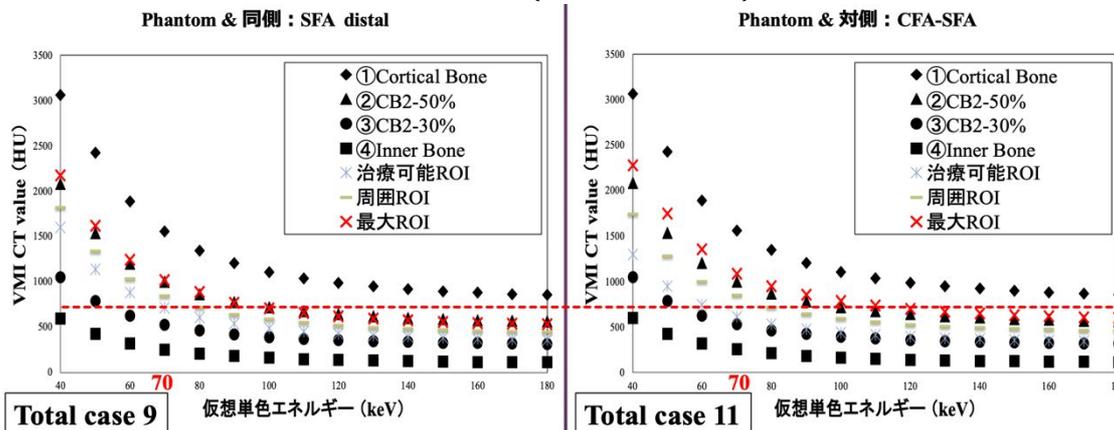


図3. 治療方向 (同側と対側) における VMI 曲線の比較

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岩崎敬
2. 発表標題 Dual Energy 技術を利用した下肢血管形成術における治療可能領域の推定
3. 学会等名 第30回日本心血管インターベンション治療学会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
尾崎 大	(Ozaki Dai)
河合 悟	(Kawai Satoru)
横山 健	(Yokoyama Ken)
京極 伸介	(Kyogoku Shinsuke)
鈴木 通真	(Suzuki Michimasa)