

定量的冠動脈造影法 (Quantitative Coronary Angiography: QCA) における施設間差の実態調査

千葉県循環器病センター

景山 貴洋/今関 雅晴/佐藤 次男

昭和大学病院

佐藤 久弥/中澤 靖夫

石心会狭山病院

植木 茂樹

N T T 東日本関東病院

若松 修

目 的

QCAは主にPTCA時のデバイスサイズの決定および治療効果の判定、さらにNew Deviceを用いた冠動脈治療の予後評価等のツールとして重要な役割を果たしている。このため、QCAの解析には十分な精度が要求される。一方、シネ画像はアナログからデジタルへと変り、その記録メディアはシネフィルムからDICOMフォーマットによるCD-Rへと着実に進化してきている。すでに我々はデジタルシネ撮影装置2機種におけるファントム実験から、DICOM画像是狭窄径が1mm以上でQCA解析に適用可能であることを報告した¹⁾。

今回の研究目的は調査対象機種を増やし、血管狭窄ファントムを用いてon line QCAおよびoff line QCAを行い、DICOM画像によるQCAの解析精度を調べたので報告する。

方 法

対象はデジタルシネ撮影装置6機種とした (Table 1)。血管狭窄ファントムはアクリルに脈管径5mmの円柱をくりぬき、5mmの円柱管に0.2、0.6、1.0、1.4、2.0、2.5、3.0mmの狭窄を作成したものを用い、イオパミロン370

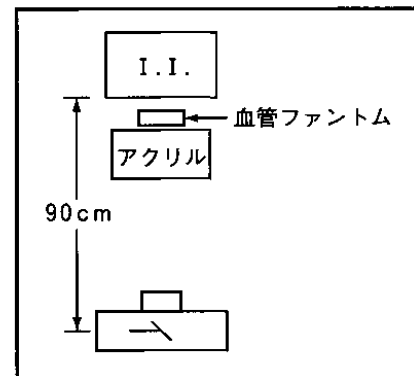


Fig. 1 実験の幾何学的配置図

Table 1 対象機種

デジタルシネ撮影装置	on line QCA	off line QCA
A: INTEGRIS H3000 (PHILIPS)	○	CINE、DICOM
B: HICOR/BICOR (SIEMENS)	○	CINE、DICOM
C: ADVANTEX (GE)	○	Digital tape
D: DFP 60A (TOSHIBA)	○	Digital tape
E: C-VISION (SHIMAZU)	○	—
F: INTEGRIS H3000 (PHILIPS)	○	CINE、DICOM

(SCHERING)を注入した。実験の幾何学的配置はX線焦点からI.I.グリッド前面間距離を90cmとし、血管狭窄ファントムを20cmのアクリル板上に置き、I.I.グリッド前面から5cmの距離に配置した (Fig.1)。I.I.サイズは6ないしは7インチとし、血管狭窄ファントムを12.5～15コマ/secでデジタルシネ撮影し、シネフィルム、CD-Rおよびデジタルテープに記録した (Table 1)。その後狭窄径を on line QCAおよび off line QCAで最小血管径 (MLD)を計測し、実狭窄径との差および計測値のバラツキを求めて精度を調べた。シネフィルム画像およびDICOMフォーマット画像の off line QCAにはQCA-CMSを使用し、on line QCAは装置の心血管解析装置を用いた。計測時のキャリブレーションは1cm格子のグリッド像を使用した。

また、造影剤はイオパミロン370 (SCHERING)を使用した。

評価法

評価法はBlandとAltmanにより推奨された統計処理法を応用した²⁾。第一にMLDからファントムの実狭窄径 (TLD)の差を求め、1式に示した計算式でAccuracyを算出した。このAccuracyは実狭窄径からどれほどMLDが離れているかを知ることができ、実狭窄径とMLDの差が小さいほど精度の高いQCAが行われたことを示す。第二にMLDからTLDの差を求め、その標準偏差 (s.d)を算出しこれをPrecisionとする (2式)。Precisionはすなわち再現性の評価であり、この値が小さいほど再現性の高いQCAが行われたことを示す。

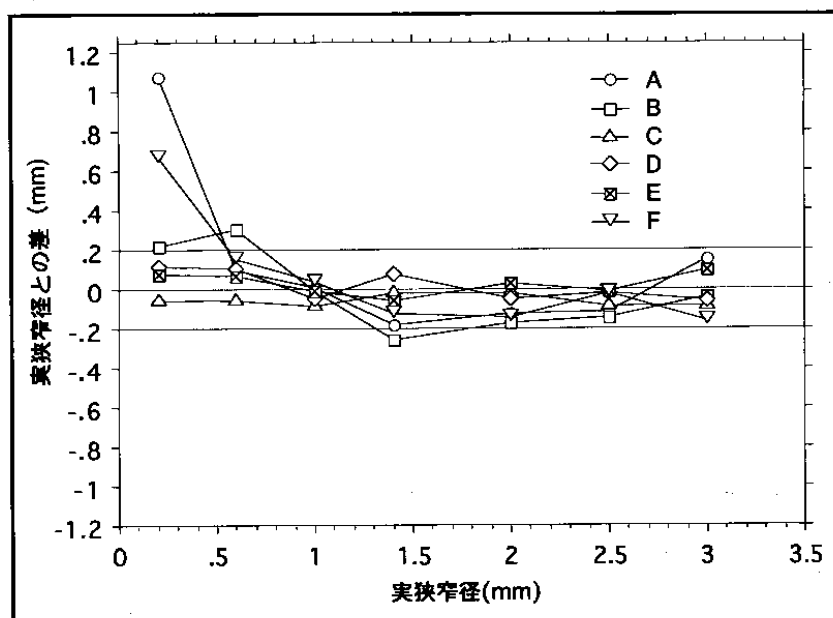


Fig.2 on line QCAにおけるMLDとTLDとの差

Table 2 on line QCAにおけるAccuracy、PrecisionおよびTLDとMLDとの相関係数

kV	マトリクス	相関係数	Accuracy	Precision
A:72	1024×1024	0.988	0.133	0.436
B:76	512×512*	0.956	-0.013	0.208
C:70	512×512	0.922	-0.057	0.029
D:70	1024×1024	0.997	0.060	0.074
E:70	1024×1024	0.990	0.021	0.059
F:64	512×512	0.954	0.060	0.293

*NTSCでQCA-CMSへ入力

Accuracy

$$= \sum_i [\text{計測値 (mm)} - \text{実狭窄径 (mm)}] / N \quad \dots (1)$$

Precision

$$= s.d [\text{計測値 (mm)} - \text{実狭窄径 (mm)}] \quad \dots (2)$$

また、TLDとMLDとの相関係数を求めた。

結 果

画像記録の種別は、シネフィルムが3機種、CD-RへのDICOM記録(512×512、8bit、LPEG)が3機種、デジタルテープへの記録

(無圧縮)が2機種であった(Table 1)。また、血管狭窄ファントムの撮影管電圧の範囲は64～76kVであった(Table 2)。

6機種のon line QCAはTLDが0.5mm～3.0mmの範囲において5機種が±0.2mm以下であり、そのうちの3機種はTLDが0.2mmまで誤差が小さかった(誤差±0.2mm)。また、TLDが0.5mm以下では6機種間のバラツキが大きくなる傾向にあった(Fig. 2)。Accuracyの範囲は-0.013～0.133mm(A機種-B機種)であり(Table 2)、Precisionは0.029～0.436mm(C機種-A機種)であった(Table

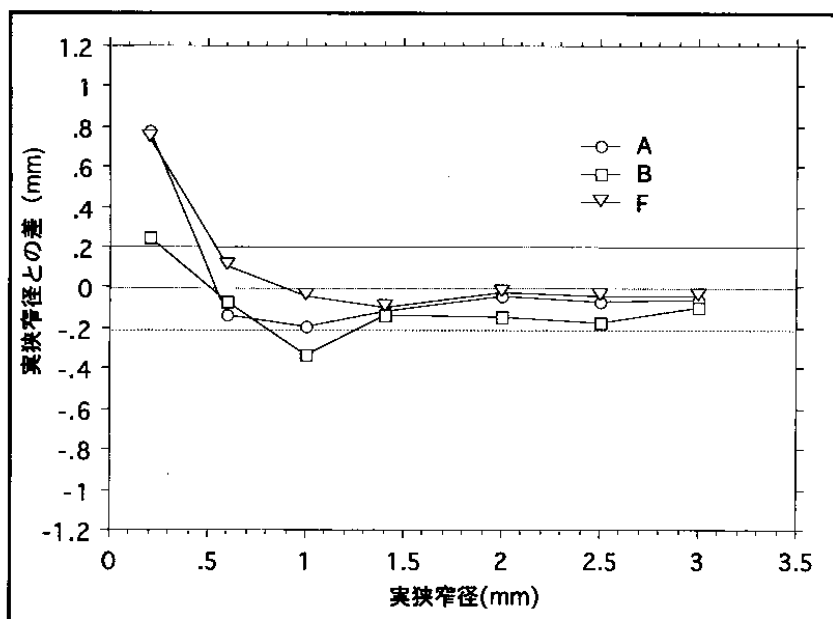


Fig. 3 シネフィルム画像のoff line QCAにおけるMLDとTLDとの差

Table 3 off line QCAにおけるAccuracy、PrecisionおよびTLDとMLDとの相関係数

記録媒体	マトリクス	相関係数	Accuracy	Precision
A:CINE	768×494	0.943	0.023	0.337
DICOM	512×512*	0.904	-0.095	0.173
DICOM	512×512	0.952	0.043	0.255
B:CINE	768×494	0.984	-0.101	0.177
DICOM	512×512*	0.956	0.193	0.224
DICOM	512×512	0.964	0.060	0.401
C:Digital tape	512×512	0.984	-0.010	0.138
D:Digital tape	1024×1024	0.996	0.023	0.083
F:CINE	768×494	0.957	0.087	0.294
DICOM	512×512	0.977	0.071	0.201

*NTSCでQCA-CMSへ入力

2)。また、TLDとMLDとの相関係数は0.922～0.997 (C機種-D機種)と高い相関を示した (Table 2)。

シネフィルムのoff line QCAはAとF施設でTLDが0.5mm～3.0mmの範囲で誤差は±0.2mm以下であり、TLDが0.2mmでは誤差が0.2mm以上と大きくなった (Fig. 3)。Accuracyの範囲は-0.101～0.087mm (B機種-F機種) であり、Precisionは0.177

～0.337mm (B機種-A機種)であった (Table 3)。TLDとMLDとの相関係数は0.943、0.957、0.984 (A、F、B機種)と高い相関を示した (Table 3)。

DICOMフォーマット画像を用いたoff line QCAは、TLDが1.0mm～3.0mmの範囲で誤差は±0.2mm以下であり、TLDが1.5mm以下になると誤差が大きくなる傾向が認められ、TLDが0.2mmは誤差が0.2mm以上と大きく

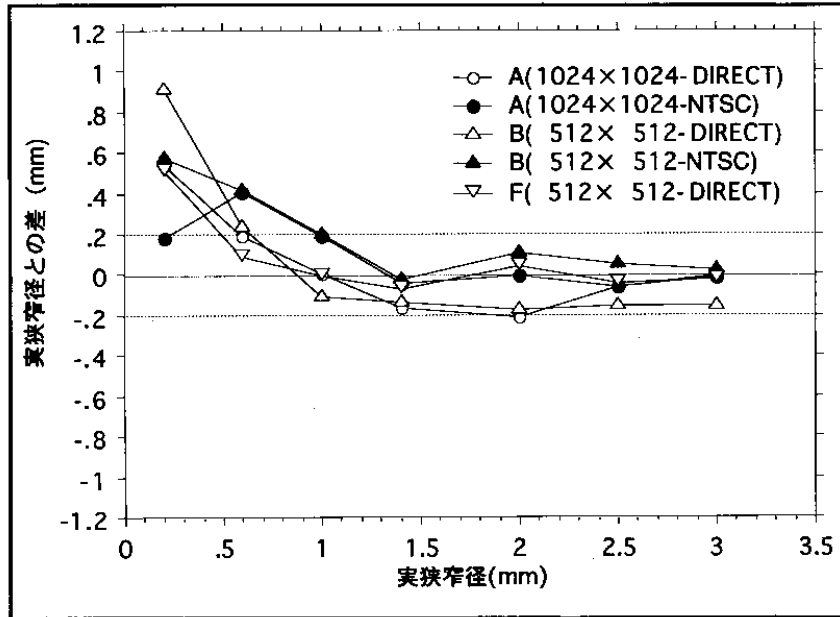


Fig. 4 DICOM画像 (CD-R) のoff line QCAにおけるMLDとTLDとの差

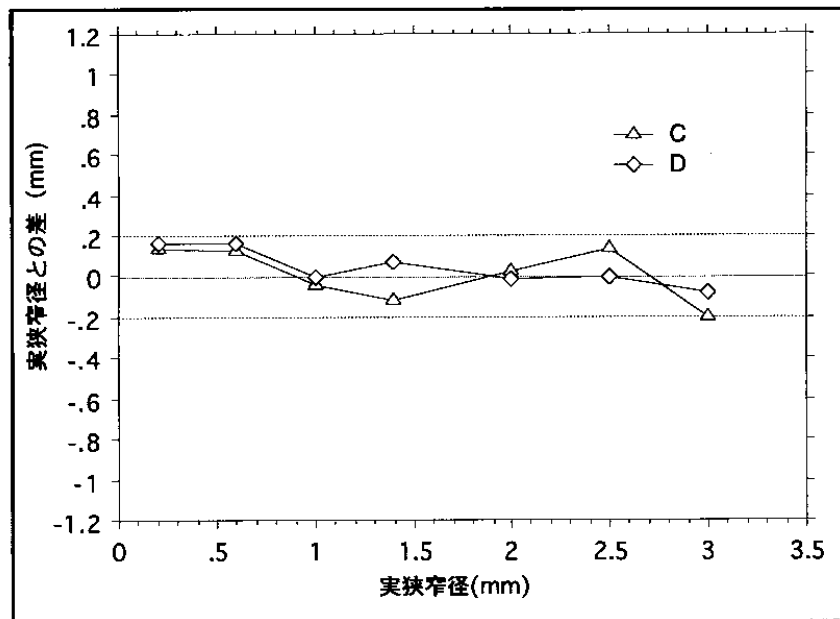


Fig. 5 デジタルテープ画像のoff line QCAにおけるMLDとTLDとの差

なった(Fig.4)。Accuracyの範囲は $-0.095 \sim 0.193$ mm(A機種-B機種)であり、Precisionは $0.173 \sim 0.401$ mm(A機種-B機種)であった(Table 3)。TLDとMLDとの相関係数は $0.904 \sim 0.977$ (A機種、NTSCでQCA-CMSに画像入力-F機種)と高い相関を示した(Table 3)。

デジタルテープへ記録された画像を用いたoff line QCAはTLDが 0.2 mm ~ 3.0 mmの範囲で誤差が ± 0.2 mm以下であった(Fig.5)。Accuracyの範囲は $-0.010, 0.023$ mm(C、D機種)であり、Precisionは $0.138, 0.083$ mm(C、D機種)であった(Table 3)。また、TLDとMLDとの相関係数は $0.984, 0.996$ (C、D機種)と高い相関を示した(Table 2)。

考 察

今回のデジタルシネ撮影装置6機種を対象としたQCAの実態調査から、CD-Rに記録されたDICOM画像によるoff line QCAはTLDが 1.0 mm ~ 3.0 mmの範囲でAccuracyが ± 0.2 mm以下であった。また、Precisionは $0.173 \sim 0.401$ mmであった。この結果は、on line QCA、シネフィルムのoff line QCAおよびデジタルテープへ記録された画像を用いたoff line QCAと比較しても同等のQCA解析が行われたことを意味するものと考えられた。TLDが 0.6 mmでは6機種中5機種のon line QCA、シネフィルムのoff line QCAおよびデジタルテープに記録された画像を用いたoff line QCA

のAccuracyが ± 0.2 mm以下であるのに対して、DICOM画像によるoff line QCAはAccuracyが低下した。これは、DICOM画像が 512×512 、8bitで記録されること、記録時のデジタル画像処理、デジタル-アナログ-デジタル変換時の画像劣化などが原因と考えられた。

結 論

デジタルシネ撮影装置6機種を対象にon line QCAおよびoff line QCAの解析精度について調べた。DICOM画像によるoff line QCAは、TLDが 1.0 mm ~ 3.0 mmの範囲ではAccuracy、PrecisionおよびTLDとMLDとの相関係数はon line QCA、シネフィルムのoff line QCA、デジタルテープのoff line QCAと同様な結果が得られた。以上から、TLDが 1.0 mm ~ 3.0 mmの範囲ではQCA解析に使用していただけるものと考えられる。

文 献

- 1) 景山貴洋、今関雅晴、佐藤久弥、植木茂樹
他：DICOM画像による定量的冠動脈造影法の有用性について、全国循環器撮影研究会誌2000:12:34~37
- 2) Bland JM, Altman DG. Statistical method for assessing agreement between two method of clinical treatment. Lancet 1986:2:307~310

座 長 集 約

小倉記念病院 放射線技師部 川 中 秀 文

従来、QCA解析はシネフィルムを媒体として施行されてきた。しかし、最近のデジタルシネアンギオ装置の背景はネットワークビューア等を利用した完全シネフィルムレス化へ変更される施設が大多数である。QCA解析は今後、デジタル画像へ移行することは明らかで冠動脈治療における多施設共同研究でも記録媒体はデジタル画像(CD-R)になることは必然である。

今回の景山らの研究は4種類の記録媒体においてQCA解析の限界点等を血管狭窄ファントムを用いて比較し、その結果はDICOM画像(DICOM 3.0)を直接CMSで計測した場合に計測可能な限界点は0.6mm、シネフィルム、NTSC(ビデオ信号)では1.0mmとなりDICOM画像が優れていると述べられた。この原因はシネフィルム、NTSCでは画像の劣化を伴うためでありデジタル画像を直接QCA解析することでその劣化が防げると結論づけられた。また、デジタルテープ(1,024×1,024)においては0.2mmも計測可能であると報告した。

今回、各装置とそれに伴う記録媒体の解析精度をaccuracyとprecisionという手法を用いて比較検討していた。この方法は正確度と精密度をaverage difference(平均値の差)で表現することが可能であり、非常に分かりやすく精度管理を行う際に良く利用する方法のひとつであ

る。しかし、これらの研究では実狭窄径であるファントム内径を精度よく計測されたものという条件を満たす必要があり、実狭窄径に公称値を使用しているため、各記録媒体での計測値の正確度という点からみれば、個人的には少々、説得力不足の感は否めずファントム内径を正確に計測するか、または明確なものを使用する必要があると思われた。元来、シネフィルムを利用するQCA解析装置は解析精度の向上を得るために1ピクセル当たりのサイズを小さくするように考慮されてきたがシネフィルムの性質上狭窄径が1.0mm以下では十分な精度向上が望めず、NTSCは信号のゆらぎが精度に関与していると考えられ、完全に静止させるtime base control機能等が必要となろう。

今回、DICOM画像がシネフィルムより良好な解析精度が得られたことより、今後の多施設共同研究ではシネフィルムからDICOM画像を媒体としたデジタル化へよりいっそうの拍車がかかることが期待される。しかし、デジタル画像を媒体としたQCA解析では得られたデジタル値がそのまま反映されるため各装置のI.I.固有の特徴や画像調整(ガンマ、LUT等)によって計測値は変化することが推測される。また、臨床例を対象とした定量的、定性的評価に関する問題点など今後の研究課題として継続していただきたい。