

課題研究

電気生理学的検査における被ばくの実態 (第二報)

新潟大学医歯学総合病院 岡 哲也 (主任研究員)  
 吉村 秀太郎  
 坂井 裕則  
 能登 義幸  
 布施 真至  
 立川総合病院 富永 真和  
 新潟市民病院 成田 信浩  
 厚生連上越総合病院 仲倉 敏明  
 新潟県立中央病院 宮崎 伊織  
 新潟県立新発田病院 殿内 秀人

1. はじめに

本研究ではラジオ波焼灼療法 (RFA) など透視が長時間に及ぶことの多い電気生理学的検査 (EPS) に注目して、臨床時における患者の被ばく線量を実測し、透視時間など被ばく因子とともに集計することで被ばくの傾向を把握することを目的とした。昨年度の中間報告では新潟大学医歯学総合病院における EPS 32 例における患者被ばく線量を線量測定用反射型フィルムにより測定し集計結果を報告した。報告内容を要約すると、透視時間では RFA 症例は検査のみの EPS に比べ約 3 倍長く、側面管球の使用率も高くなっていた。患者被ばく線量は平均 0.9Gy、最高 2Gy であり、透視による被ばくが 90% 以上とほとんどであった。アプローチアングルについては 1~2 種類に固定化していることが多くなっていた。またフィルム面におけるスポットの現れ方に関しては、視野サイズは 9 インチで 1 スポット (皮膚面における照射野) の面積は約 11cm 四方であったことと、3 割の症例において正面管球と側面管球のスポットが重なっていたことなどについて報告した。

第二報では昨年度の結果に基づきスポットの重なりによる被ばく増加を軽減するための考察、および新潟県内における他施行施設との線量差、また冠動脈インターベンション (PCI) との被ばく傾向の差について報告する。

2. 側面スポットによる重なるの再考察

2.1 局所的な被ばくの増加の問題

第一報における集計での主なホットスポットの分布パターンは Fig. 1 に示すとおりである。患者背面において側面管球によるスポットが確認された症例は RFA 症例では 83% (20/24 例) であり、さらに側面管球によるスポットの一部が正面管球のスポットと重なり合っている症例は 37% (9/24 例) に認められた。患者背面における最高皮膚線量値 (Peak Skin Dose : PSD) がスポットの重なりからなる場合、重複部分が正面管球 PA と正面管球 RA0 からなる場合 (Fig. 2)、被ばくは正面管球のみによる寄与のため透視時間から推測できるが、PSD が正面管球と側面管球 LAO からなる場合 (Fig. 3)、

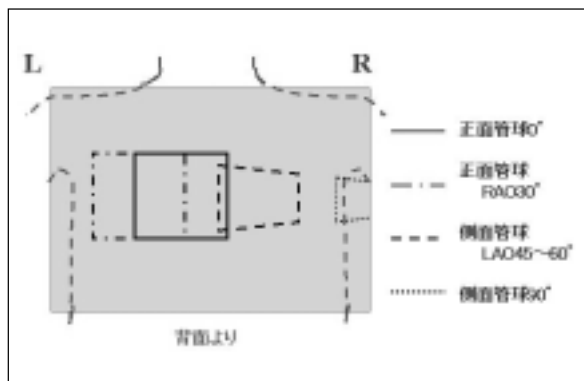


Fig.1 主なホットスポットの分布パターン

PSD は正面および側面透視被ばくの合算分となるため被ばくが局所的に倍増してしまう問題がある。今回の集計では正面と側面の重複部分が PSD となった症例は 9 例中 2 例（8%）に見受けられた。そこで今回、側面スポットの重なりによる被ばくの集中を軽減するための考察を行った。

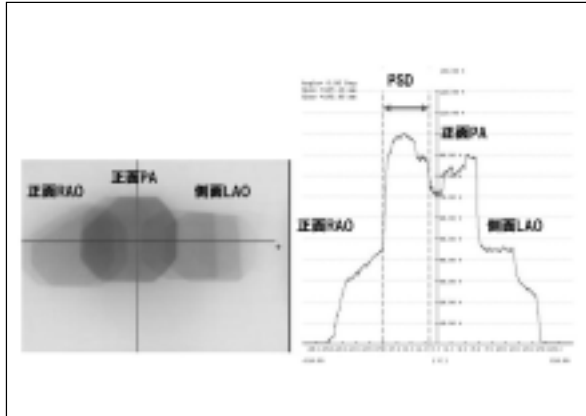


Fig.2 スポットの重なりがPSDとなる症例①

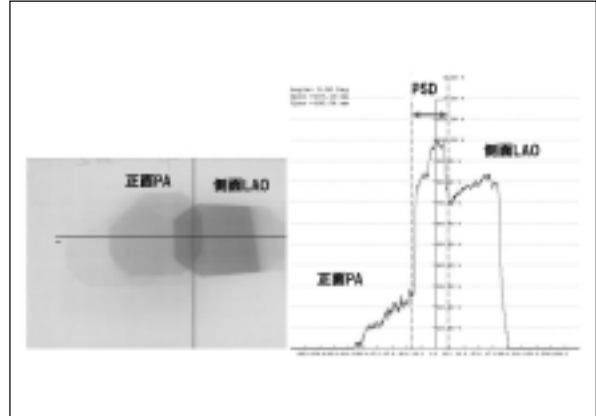


Fig.3 スポットの重なりがPSDとなる症例②

## 2.2 方法 —スポット重なるの考察—

スポットの重複は主にパイプラインのアプローチ角度を2種類組み合わせさせた症例（正面 $0^{\circ}$  + 側面 $90^{\circ}$  と正面RAO $30^{\circ}$  + 側面LAO $45^{\circ}$  ~  $60^{\circ}$ ）に多く見受けられ（Fig. 4）、重複していたのはスポット分布パターンより正面が $0^{\circ}$ と側面がLAO $45^{\circ}$  ~  $60^{\circ}$ のスポットであった。従って検討する角度は正面 $0^{\circ}$  + 側面LAO $45^{\circ}$  および正面 $0^{\circ}$  + 側面LAO $60^{\circ}$ の2種類とした。

①アイソセンターに5cmφの鉄球を置き、正面および側面視野の中心になるように配置した。（FID 100cm）②患者背面の位置にイメージングプレートを敷きそれぞれの角度の組み合わせでX線を曝射した。③標準使用している視野サイズ9インチに加え、7インチに落とした場合と照射野絞りを入れた場合について比較した。

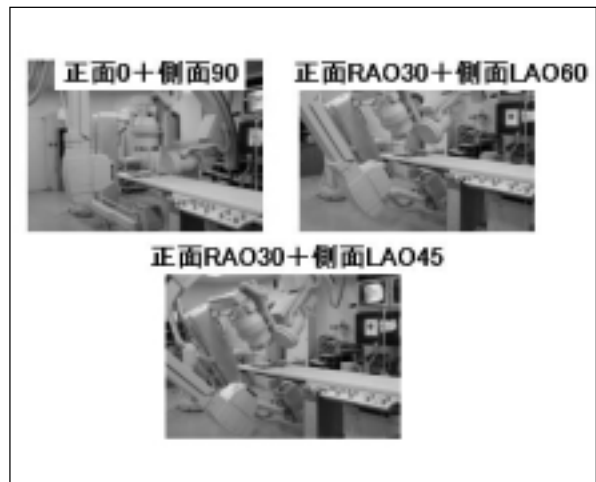


Fig.4 スポット重複時のアプローチ角度

## 2.3 結果と考察 —スポット重なるの考察—

標準視野サイズ9インチで照射野絞りなしの場合では側面がLAO $45^{\circ}$  および $60^{\circ}$  どちらの場合においてもスポットは重なり、特に $45^{\circ}$ ではより広くスポットの約3分の1の面積において重複した。（Fig. 5）照射野絞りを開放した状態で視野サイズを1段階ズームアップし7インチにするとオートコリメーションによりスポットが小さくなることで $60^{\circ}$ では重複しなくなった。また $45^{\circ}$ では重複幅は40%低減した。（Fig. 6）視野サイズ9インチのまま照射野絞りを1辺の18%（視野幅22cmのうち両脇2cm）入れると、 $60^{\circ}$ では重ならずスポットは離れた。また $45^{\circ}$ では重複幅は60%低減した。（Fig. 7）照射野をさらに絞りこみ1辺の36%（視野幅22cmのうち両脇4cm）入れることで $45^{\circ}$ のスポットも重ならなくなった。（Fig. 8）

通常使用では複数挿入した電極カテーテルが視野に入るように9インチにて行っている。正面 $0^{\circ}$

と側面の LA045° ~60° のアングルを使用した場合、スポットは重なり被ばくは局所的に倍加してしまふ。被ばくを軽減するにはスポットの面積を小さくして重なりを防ぐ必要がある。スポットを小さくするには照射野絞りを活用するかズームアップしてオートコリメーションを効かせる方法が考えられるが、当然のことながら殆どの装置においてズームアップすることにより線量率は増加するため対策としては望ましくない。したがって照射野絞りを巧く活用する必要がある。今回の実験では少しでも絞りを入れることでかなりのスポット重複を軽減でき、被ばく倍増を避けることが可能であると考えられた。

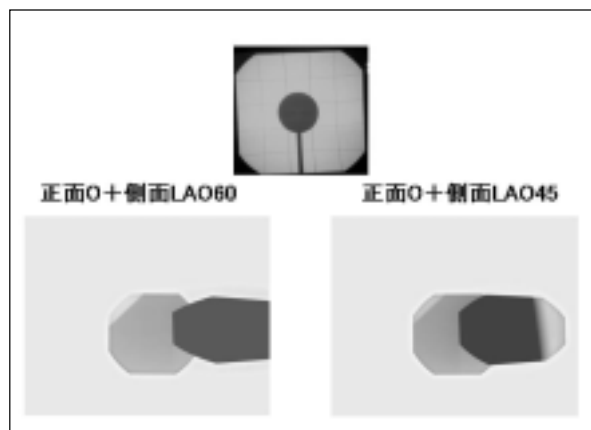


Fig.5 視野サイズ9インチ 照射野絞りなし

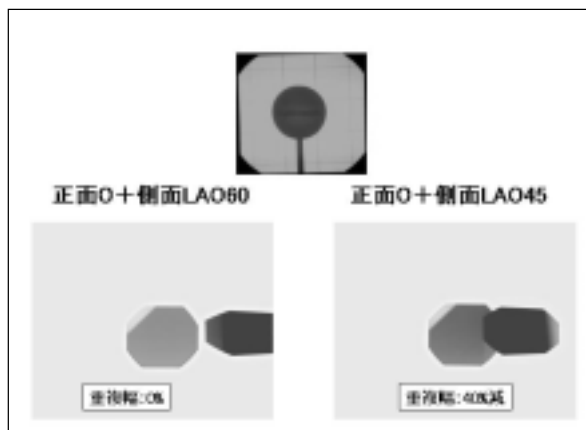


Fig.6 視野サイズ7インチ 照射野絞りなし

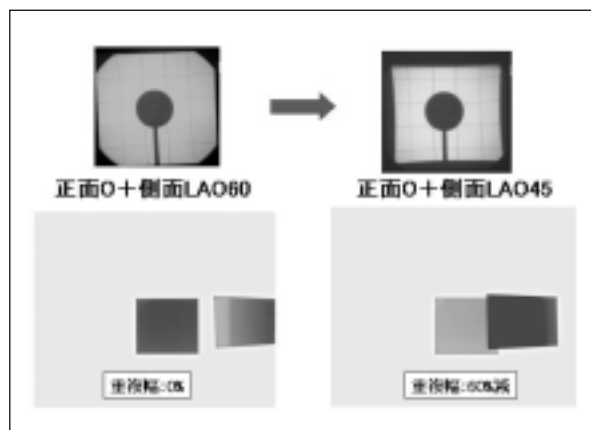


Fig.7 視野サイズ9インチ 照射野絞り一辺の18%

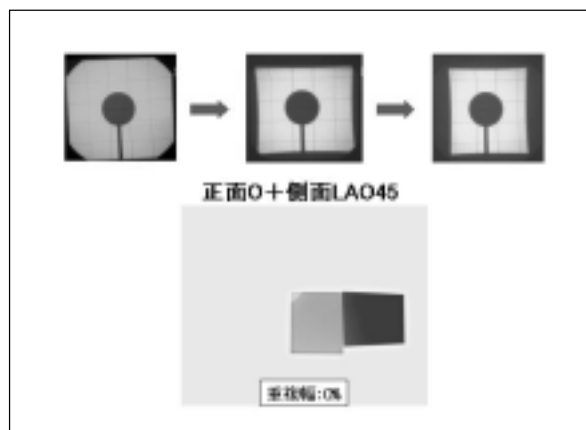


Fig.8 視野サイズ9インチ 照射野絞り一辺の36%

### 3. 他施設間との比較 (線量、被ばく傾向)

第一報においては新潟大学医歯学総合病院 1 施設 (A 施設) における被ばく傾向について集計したが、今回新潟県内にて RFA を行っている他の施設 (B、および C 施設) における透視線量率や患者被ばく、透視時間などを調べ被ばくの傾向を比較した。

#### 3.1 使用機器

- ・ 15cc 電離箱線量計 Model 96036B (Victreen 社)
- ・ 診断領域線量測定用反射型フィルム GAFCHROMIC XR TypeR (PSP 社)
- ・ 反射型フィルム解析システム DD-IVR ver. 2.0 (R-TECH 社)
- ・ アクリルファントム (20cm)

### 3.2 方法 —他施設間との比較—

①各施設の IVR 基準点における透視線量率を 15cc 電離箱線量計とアクリルファントムを用いて測定した。②第一報における A 施設の臨床における測定と同様の方法で反射型フィルムを用いて B および C 施設の EPS 時の臨床における患者被ばく線量、被ばく面積等を調べ比較した。(A 施設 34 例、B 施設 8 例、C 施設 5 例)

### 3.3 結果 —他施設間との比較—

#### 3.3.1 透視線量率

IVR 基準点における各施設の透視線量率は Fig. 9 に示す。EPS 時の透視線量率は A、B、C 施設それぞれ 25.1、15.2、19.3mGy/min で平均 19.9mGy/min であった。いずれの施設においても電極の位置確認が主であるため広い視野サイズで、かつ画質も重視されないため低線量モードを使用しており PCI 時の透視線量率よりも低く（平均 40.8mGy/min）抑えられていた。

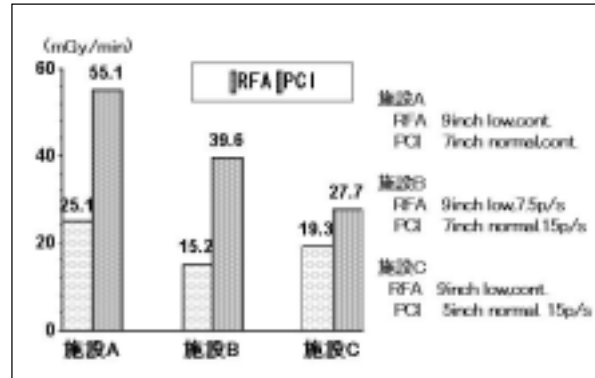


Fig.9 透視線量率の比較

#### 3.3.2 臨床データの比較

測定症例の総透視時間を比較すると A 施設は難易度の高い症例が集まることもあり、B、C 施設に比べ総透視時間は長くそれに伴い、PSD も高くなっていった。(Fig. 10、Fig. 11) 平均透視時間では B 施設は C 施設よりも長かったが透視線量率が低いこともあり平均 PSD は最も低くなった。B 施設における最高線量症例では総透視時間は 91 分であったものの PSD は 883mGy と 1 Gy 以下に抑えられていた。B、C 施設症例のスポットの表れ方を見てみるといずれの症例においても最低 2 個のスポットが現れており、メインアングルが正面 RAO+側面 LAO が多かったことと写りこみの形から側面管球によるスポットと確認できた。

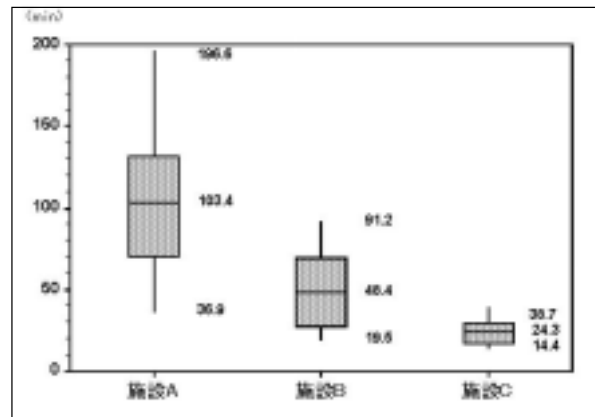


Fig.10 総透視時間の比較

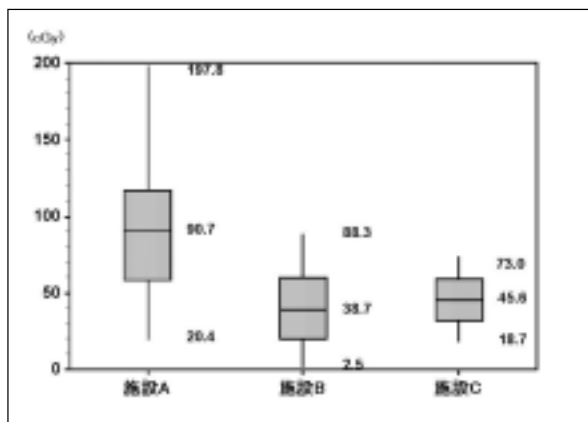


Fig.11 FSD の比較

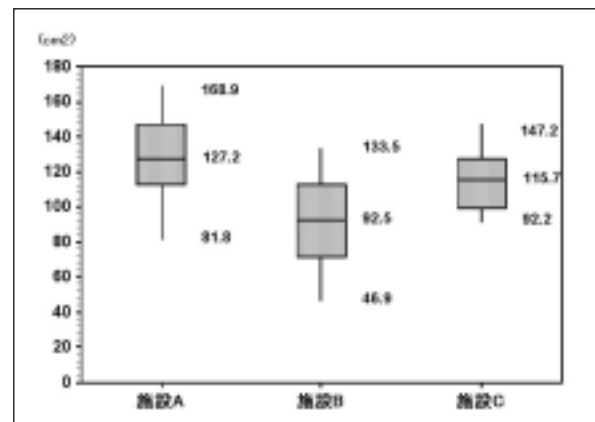


Fig.12 PSD 部スポットの面積の比較

また PSD 部スポットの面積をしてみるといずれの施設も視野サイズ9インチ固定で行われており、約10~11cm 四方の大きさとほぼ同等となった。(Fig. 12)反射型フィルムの最低線量レンジである 100mGy をしきい値として被ばくした総面積を調べてみると Fig. 13 のようになり、B および C 施設では約スポット 2 個分の大きさで側面管球からの寄与分が影響していると考えられる。また最も面積が大きかった A 施設では 2 種類のアプローチアングルの使用に加え施術時間が長く線量自体が多かったことが影響したと思われる。

#### 4. PCI との被ばくの傾向の比較

我々は過去に当研究会の協力のもと今回と同様な測定、すなわち反射型フィルムを用いた線量測定を PCI に着目して全国規模で行い集計した。(日放技第 61 回総会および第 33 回秋季学術大会にて報告) 循環器領域 IVR では RFA と PCI はどちらも長時間に及ぶことが多いといわれているが、使用する検出器サイズやワーキングアングルが異なるとフィルム面(患者背面)における濃度変化の傾向に差が出ると予想される。そこで今回の調査で得られた RFA 症例の集計データと全国 PCI 症例の集計データを主に被ばく面積などフィルムの濃度変化に着目して比較し、考察を行った。

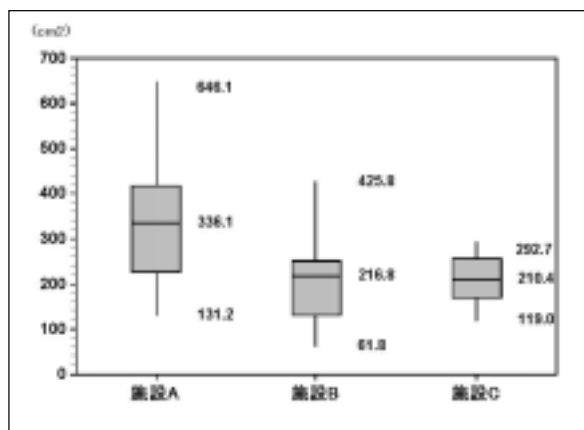


Fig.13 100mGy 以上の領域面積の比較

#### 4.1 比較内容

RFA 症例は新潟県内 (A、B、C) 3 施設の症例を合わせた 37 例、また PCI 症例は全国 59 施設から得られた 94 例について以下の項目について比較した。なお PCI 症例の全国測定における反射型フィルムの置きかたおよび線量校正法は今回の RFA 症例と同じである。

- ①総透視時間と最高皮膚線量値 (PSD)
- ②PSD 部スポットの面積
- ③100mGy 以上 (最低線量レンジ) の線量領域面積：濃度変化を認めた全面積 (被ばくした全体面積)
- ④PSD と 2nd PSD の比：PSD スポットに次いで 2 番目に高線量となったスポットの線量 (2nd PSD) を算出、PSD に対する百分率で表した。

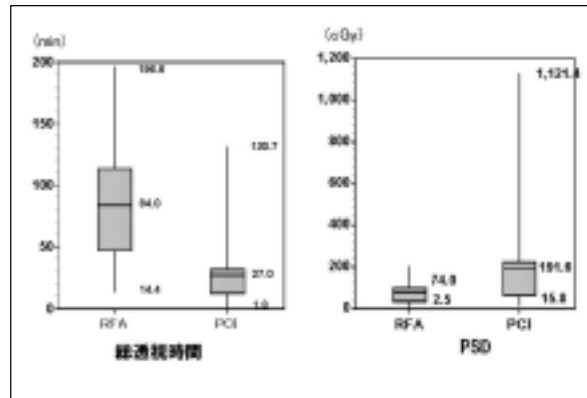


Fig.14 RFAとPCIの比較(透視時間とPSD)

#### 4.2 結果と考察 —PCI との比較—

平均透視時間は RFA 症例群が 84.0 分で PCI 症例群が 27.0 分であり RFA が約 3 倍の時間となっていたが、PSD は RFA が平均 740mGy、PCI が平均 1916mGy と逆転して PCI の方が高くなった。(Fig. 14) 比較した集団が異なり単純に比較できないものの、透視モードや視野サイズによる透視線量率の差やアプローチアングルなどによる被ばくの集中などが原因と考えられる。

PSD スポットの面積は RFA が平均 118cm<sup>2</sup> に比べ、PCI は 59 cm<sup>2</sup> となり RFA の方が広い結果になった。(Fig.15) 新潟県内 A、B、C 施設は RFA および PCI 両方において調査したが、いずれの施設においても同様の傾向であった。これは RFA では複数の電極カテーテルの全体像が確認できるように広い視野サイズを用いて施行されていることが多いのに対し、PCI では反対に病変部のみを局所的に拡大して施行することが多いためと考えられる。一方 100mGy 以上の領域面積をみても RFA が平均 303 cm<sup>2</sup>、PCI が 448 cm<sup>2</sup> と逆に PCI が広くなり、新潟県内 3 施設別に見ても同様な傾向であった。(Fig. 16) この原因として RFA は広い視野サイズを用いているものの角度が固定化しているため表れるスポットは局限しているのに対し、PCI は複雑な血管分岐や狭窄を確認するためにアプローチ角度が多岐にわたることに加えて、PSD が高いことから背面全体の被ばくが多くなり、100mGy をしきい値とした被ばく面積は広くなったと考えられる。

PSD とその他の部分の線量差 (PSD と 2nd PSD の比) を比較するとどちらも症例によりばらついてはいたが、PCI では高線量な症例になるほど PSD と他の部分との線量差がひろく症例が多くなり、被ばくが主たるスポットに集中する、すなわち長時間手技の場合は角度が一定化する傾向にあった。(Fig. 17) 一方 RFA ではバイプレーンによる側面管球の寄与分が多くなっていくため、PSD の大小による線量差の相関はみられなかった。(Fig. 18)

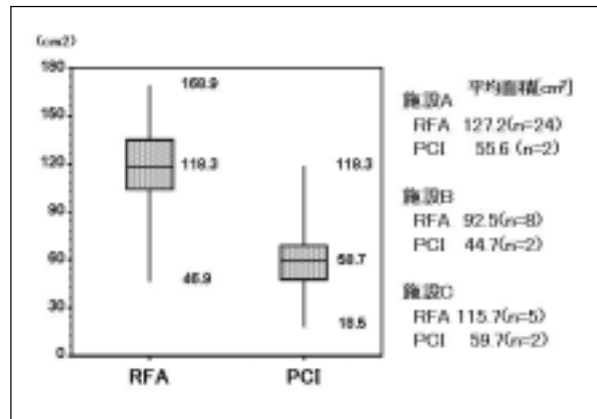


Fig.15 RFA と PCI の比較(PSD スポット面積)

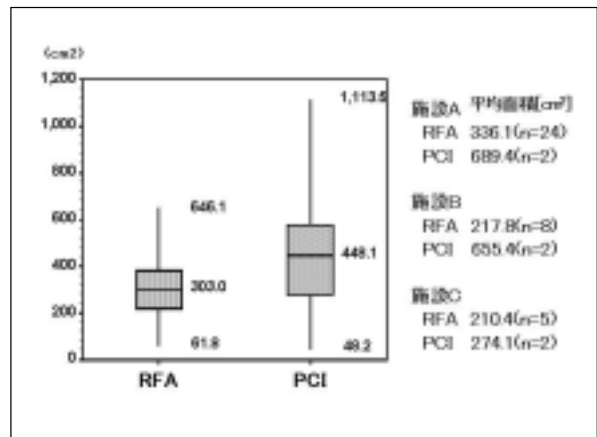


Fig.16 RFA と PCI の比較(100mGy 以上領域面積)

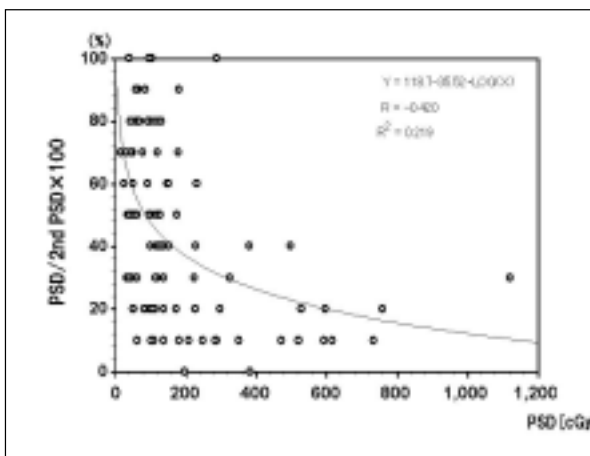


Fig.17 PSD 対 PSD/2ndPSD (PCI 症例)

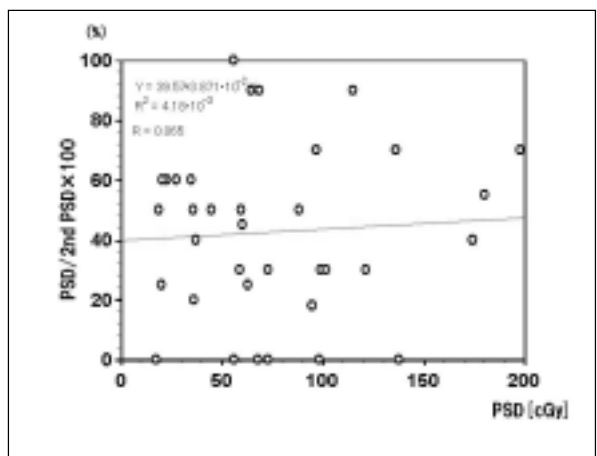


Fig.18 PSD 対 PSD/2ndPSD (RFA 症例)

## 5. 結語

本研究では透視時間の長い EPS に注目して臨床時における患者被ばく線量を測定し透視時間など被ばく因子とともに集計することで被ばくの傾向を調査した。線量計に反射型フィルムを利用することで臨床時において画像上手技を妨げることなく、また半切サイズという広い面積で測定することにより PSD ポイントを逃すことなく測定することができた。さらにフィルムの濃度変化を利用することで単に線量値の評価のみならず被ばくの面積や被ばくの広がり、スポットの現れ方などを視覚的に評価することができ、同じ循環器領域 IVR である PCI とは被ばく的面積や集中の度合いが異なることが確認できた。

RFA は透視時間が長く及ぶことが多くその被ばく線量が問題視されているが、今回の集計結果からも透視時間の割に線量が低いという症例もあり適切な被ばく低減策を執ることで線量を低く抑えることも可能であることが示唆された。特に RFA では画質が重視されないため線量率を低く抑えることが可能な点や、アングルが固定化しているため衝立などの防護具を利用しやすい点、また照射野絞りの利用など装置に依存する面もあるが技師側からのアプローチで被ばく低減策を施しやすい環境にあると考えられる。

## 6. 参考文献

- 1) 天野 雅史、西谷 弘、河野 信吾、他：反射型線量測定用フィルムを用いた IVR 手技時の患者皮膚線量、日放技学誌、59(1)：121-129、2003
- 2) Center for Devices and Radiological Health、F. D. A :Fluoroscopically guided procedures have potential skin injury。Radiological Health Bulletin、38(3)、1994
- 3) ICRP Publication 85 : Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures、Annals of the ICRP Vol. 30/2 、2001
- 4) 富樫 厚彦 : IVR に伴う放射線皮膚障害報告症例から放射線防護を考える、日放技学誌、57(12) : 1444-1450、2001