

## 電気生理学的検査における被ばくの実態（第一報）

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

1994年に米国食品医薬局（FDA）よりIVRに伴う放射線の皮膚障害が報告されて以来、血管撮影領域における患者の皮膚被ばく線量把握の重要性が注目され、数多くの報告がなされている。心血管領域IVRにおいては冠動脈インターベンション（PCI）や電気生理学的検査（EPS）などが長時間の手技に至る場合が多く、皮膚障害の発生が懸念されている。しかしそれらの患者皮膚被ばく線量を臨床時の実測により調べ、集計した報告は意外に少ない。

そこで本研究では特にラジオ波焼灼療法（RFA）などで透視が長時間に及ぶことの多い電気生理学的治療に注目して、線量測定用反射型フィルムを使用した患者被ばく線量の実測、および透視時間等の被ばく因子の集計を行い、被ばくの実態把握を目的とした。

第一報では新潟大学医歯学総合病院におけるEPSの患者被ばく線量の測定・解析結果（正面管球による被ばく線量）及び被ばく因子の集計について報告する。

## 2. 調査方法

## 2.1 使用機器

- ・診断領域線量測定用反射型フィルム GAFCHROMIC XR TypeR（ISP社）
- ・線量解析システム DD-IVR ver.2.0（R-TECH社）
- ・15cc電離箱線量計 Model 96036B（Victreen社）

## 2.2 線量測定用反射型フィルム

今回の調査は臨床時における実測であるため使用する線量計は画像や術者手技の妨げにならず且つ照射野部分を逃さずに測定可能であるだけでなく、低線量な検査からRFAのような高線量まで測定可能でありさらに臨床使用ということで耐久性にも優れたものを選択する必要があった。今回はこれらの条件を満たす線量計として診断領域用の反射型フィルムを用いた。このフィルムは耐可視光でX線に反応し自己変色する。半切サイズ（14×17inch）で広い範囲で測定可能であり、測定可能線量レンジは10cGyから150cGyである。

## 2.3 反射型フィルムの濃度対線量キャリブレーション

反射型フィルムの線量キャリブレーションには線量計を用いた実測法とNDD法を利用した方法があるが、今回は実測により線量に変換した。15cc電離箱線量計と2cm四方に切ったフィルムを照射野内に入るように並べX線を0～100cGyに至るまでの9点で照射し濃度対線量曲線を作成し線量を算出した。なおフィルムにはフィルム間誤差が数%含まれるが今回は全て同じキャリブレーションデータを用いて変換している。

## 2.4 測定方法

臨床の EPS 施行時に反射型フィルムを患者の背面に測定面が正面管球側に向くようにすなわち感色面がテーブル側になるように敷き、その状態で通常通り検査及び治療を行った。診療終了後反射型フィルムの濃度変化を専用解析システムによりデータを取り込み、測定および各種解析を行った。(Fig.1)

また同時に測定を行った症例における被ばくに関する因子(透視時間,撮影フレーム数,装置搭載の面積線量計値,透視モード等)および症例に関する因子(RFA 施行の有無,造影検査等の有無,)等を記録し,反射型フィルムによる線量測定結果とあわせて集計を行った。

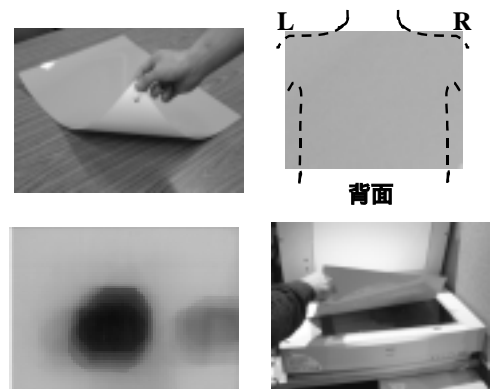


Fig.1 フィルムの置き方とデータ取り込み

## 2.5 フィルムの解析

### 最高皮膚線量値の測定

フィルム上における最高線量値を算出し最高皮膚線量値(Peak skin dose: PSD)とした。

### PSD 部スポットの面積の測定

PSD が含まれるスポット(照射野)部分の濃度変化を線量プロファイル解析し,立ち上がり部分の 50%の線量をしきい値として PSD を記録したスポットの面積を算出した。(Fig.2)

### 10cGy 以上の線量領域面積の測定

患者背面の被ばくした部分の広がり調べのために,しきい値を線量レンジの最低値である 10cGy として,フィルム上で濃度変化を認めた部分の総面積を求めた。

### ホットスポットの数および角度の推測

解析システムの Raw data image 上で目視によるスポットの数のカウントと寄与した角度の推測を行った。

### PSD と 2<sup>nd</sup> PSD の比

最も被ばくしたスポットとその他のスポットの線量差を確認するために, PSD を含むスポットに次いで 2 番目に高線量となったスポットの線量(2<sup>nd</sup> PSD とする)を算出し, PSD 線量値に対する百分率で比を求めた。

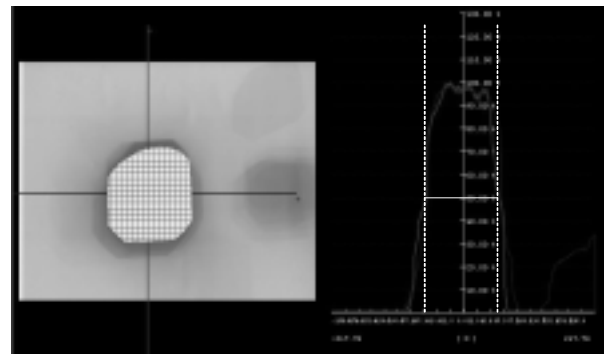


Fig.2 PSDスポットの面積測定

## 3 結果と考察

### 3.1 測定症例内訳

- ・症例数 32 例
  - 男性 15 例, 女性 17 例 (年齢 13~79 歳 平均 51 歳)
- ・診療内容内訳
  - EPS のみ 10 例 (うち造影検査あり 7 例)
  - RFA 施行 22 例 (うち造影検査あり 12 例)

### 3.2 測定条件

- ・同時 2 方向型心血管撮影装置 (Philips INTEGRIS H3000 + Lateral ARC2)

- ・透視条件：連続透視，低線量モード（付加フィルター0.4mmCu）
- ・I.I 視野サイズ：9 inch

### 3.3 被ばく因子（透視時間，撮影フレーム数，面積線量）

総透視時間(正面+側面)はEPSのみの症例群では平均で35.1分であったがRFAの症例群では103.0分と約3倍となっており非常に長時間に及ぶ症例が多かった。(Fig.3) またRFAの回数が多いほど、言い換えれば症例の難易度が高いほど透視時間が長い傾向になった。(Fig.4) 総透視時間に対する

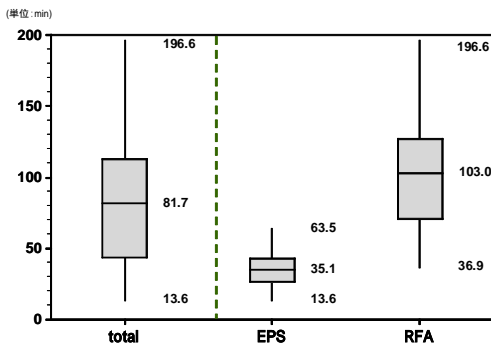
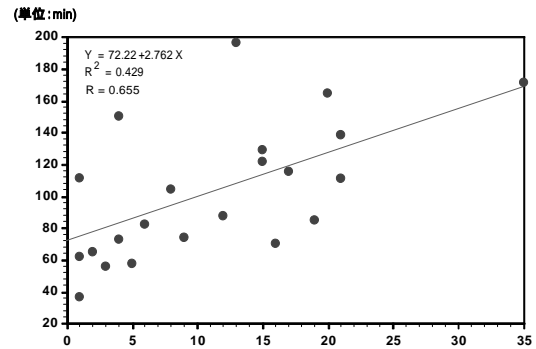


Fig.3 総透視時間



RFA回数 [回]

Fig.4 RFA回数と総透視時間

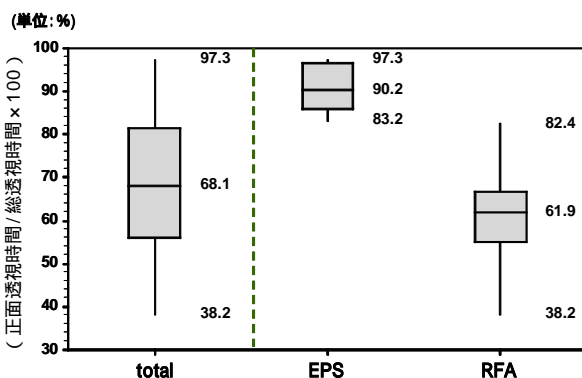


Fig.5 正面透視が総透視時間に占める割合

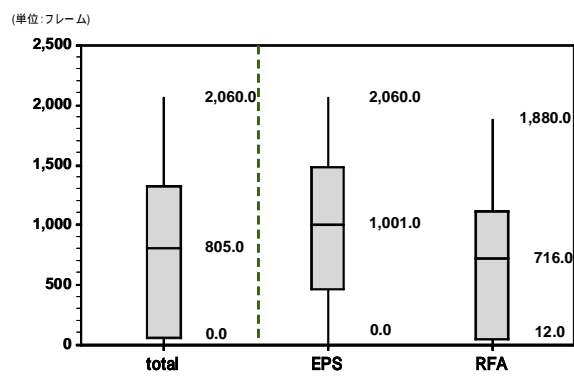


Fig.6 撮影フレーム数

正面透視の割合を見てみるとEPSのみのときでは90%程度と正面がほとんどであるのに対して、RFAでは約60%と側面透視の割合が多くなっている傾向にあった。(Fig.5) これはEPSのみの時は電極カテーテルの位置が一度決まってしまうと透視で細かく位置を修正する必要があまりなく正面のみでの作業で済んでしまうことが多いのに対してRFAでは非常に細かなレベルで焼灼ポイントを探す必要があり側面の使用も多くなってしまうためと考えられる。

EPSでも多くの症例で心室や冠動脈造影が行われており、平均撮影フレーム数は800フレームであった。(Fig.6) しかし装置に表示される透視と撮影の面積線量値から全被ばくに対する透視による被ばくの割合を計算すると、90%前後となり、面積線量計値であるためあくまで厳密な線量比ではないが、ほぼ同距離、同視野サイズで透視と撮影が行われたとすれば若干の誤差を加味しても透視による被ばくがほとんどであるとわかった。(Fig.7) 特に撮影フレーム数の多い造影症例のみに注目して

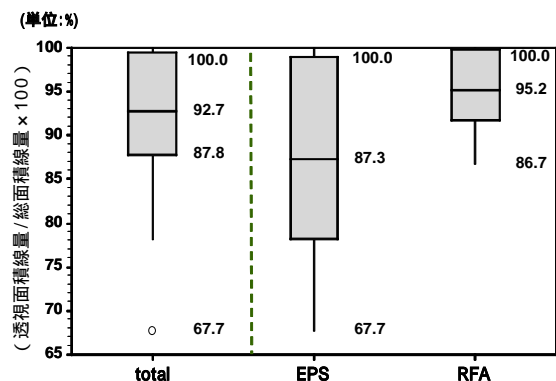


Fig.7 透視による被ばくの割合

みても透視時間が短く撮影被ばくの比重が高い EPS 症例でも 84%と透視被ばくが多かった。(Fig.8)

### 3.4 最高皮膚線量

正面管球による患者背面の被ばくの最大値 (PSD) は EPS のみで平均 53.3cGy, RFA で平均 89.4cGy であり最大となった症例では約 200cGy であった。(Fig.9) また Fig.10 に正面透視時間と PSD の関係を示す 相関係数は 0.66 となった。さらに PSD 線量値を正面の透視時間で除し PSD 部分の線量率を求め患者の体表面積との関係をみてみると PSD 部分の線量率は患者の体格すなわち

線発生条件とはまったく相関せず、角度や位置のずれなどその他の影響も大きいと考えられた。(Fig.11)

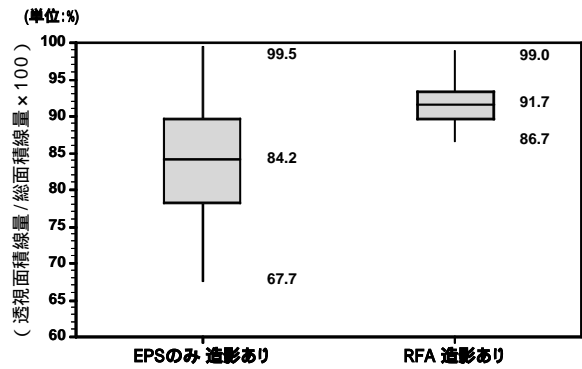


Fig.8 造影症例の透視による被ばく割合

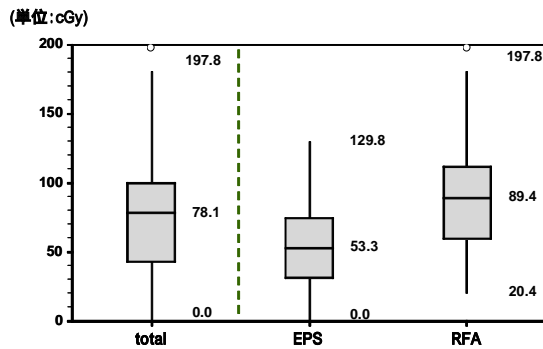


Fig.9 最高皮膚線量値(PSD)

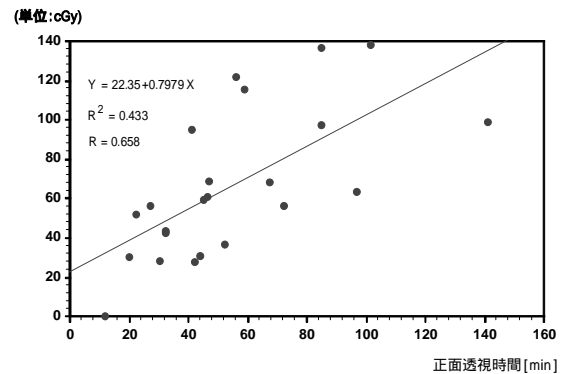


Fig.10 正面透視時間とPSD

### 3.5 患者被ばく面積

PSD を記録したスポット(皮膚面における照射野)の面積を線量の立ち上がり部分の約 50%をしきい値として算出するといずれの症例においても 130cm<sup>2</sup>程度,すなわち約 11.5cm 四方の大きさとなった。(Fig.12) 当院では EPS の際,複数挿入した電極カテーテルの全容が確認できるように常に搭載 1.1 の最大視野である 9 インチを使用しており,ズームアップをすることがない。従って症例によらずほぼ同じ照射野の大きさになった。

また反射型フィルムの最低検出線量である 10cGy をしきい値とした被ばく面積は平均で約 300cm<sup>2</sup>でスポット約 2.3 個分, 18cm 四方の大きさになった。(Fig.13) また RFA の方が 10cGy 以上の面積は大きくなった。この原因は RFA 症例のほうが透視時間が長く全体的な線量が高いことや側面管球の使用頻度が高いことによる影響などが挙げられる。

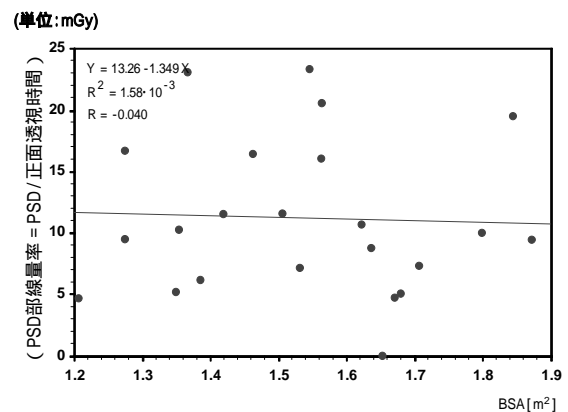


Fig.11 体表面積とPSD部線量率

### 3.6 ホットスポットの数とアプローチアングル

主なアプローチアングルは正面管球では 0 度および RA030 度であり,症例によりそれらどちらか 1 種類,または 2 種類とも用いる場合がありフィルム上の正面管球によるホットスポットもほとんどが

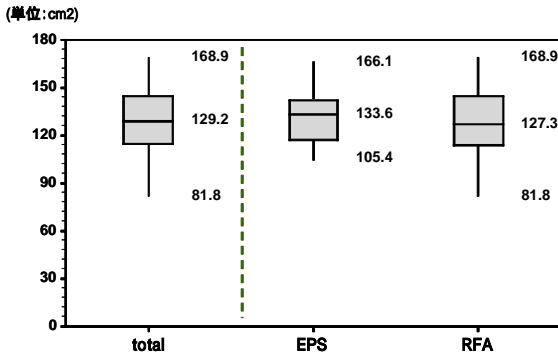


Fig.12 PSD部スポットの面積

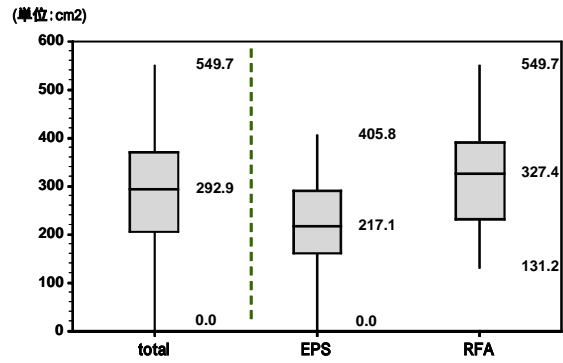


Fig.13 10cGy以上線量領域の面積

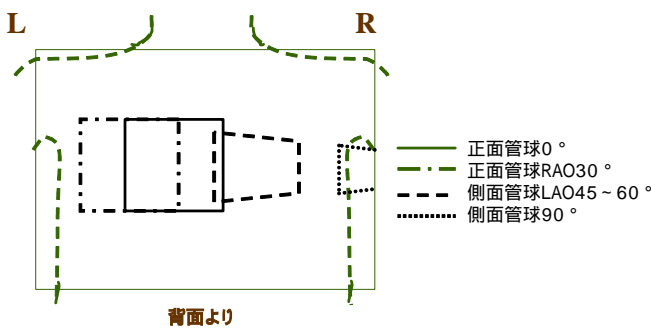


Fig.14 主なホットスポットの分布パターン

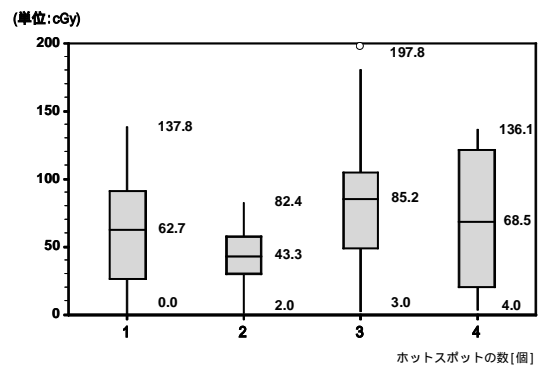


Fig.15 ホットスポットの数別のPSD

1個または2個であった。また側面管球からの影響と考えられるスポットも約7割(22例)の症例で確認でき、約3割(11例)の症例において正面のスポットと重なり合っていた。スポットの総数は正面寄与と側面寄与を合わせて最高で4個確認できた。(Fig.14)ほとんどの症例のPSDは1スポット単独によるものであったが、2例(約6%)はPSDが正面と側面のスポットの重なり部分から成っていた。PSDをスポットの数別に分類してみると、スポットの数とPSDの高低は特に相関はなくスポット数が少ないからといって被ばくが集中し高い線量になっているわけではない傾向になった。(Fig.15)

### 3.7 PSDと2<sup>nd</sup> PSDの比

Fig.16はPSDに対する2<sup>nd</sup> PSDの割合(PSD/2<sup>nd</sup> PSD × 100)を症例内容別に示したものである。EPS症例は平均25.8%, RFAが39.0%となりRFAの方がPSDと2<sup>nd</sup> PSDとの線量差は小さくまた症例によるばらつきも大きかった。またFig.17は横軸にPSD, 縦軸にPSD/2<sup>nd</sup> PSD × 100としてプロットしたものである。PSDと2<sup>nd</sup> PSDの線量差はPSDの高低によらずばらついた分布になっており、前項でのスポットの数の場合と同様PSDが高いからといって被ばくが一点のみに集中しているとは限らない結果となった。

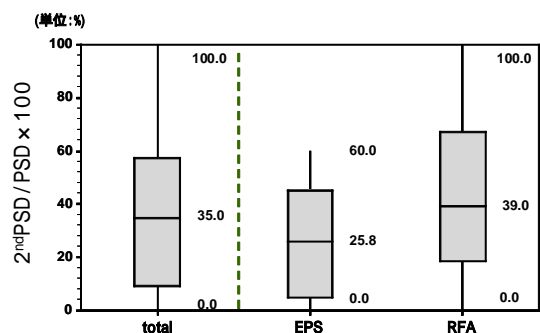


Fig.16 PSDと2<sup>nd</sup> PSDの差

4 結語

今回、線量測定用反射型フィルムを用いEPSにおける患者被ばく線量を臨床時に実測し、各被ばく因子とともに集計することで被ばくの傾向を知ることができた。しかし今回評価したのは患者背面のみにおける被ばくであり、側面管球からの被ばくは把握しきれていない。今回の被ばく因子の集計からも透視時間の長い症例が多いRFA症例では側面管球の使用頻度も多くなっているだけでなく、さらに側面入射では体厚の関係上必然的に透視条件も高くなることから側面管球からの被ばくの評価も重要と考える。そこで次年度では側面管球からの被ばくの評価を中心にさらに他施設と当院との被ばく線量の比較等について調査を行う予定である。

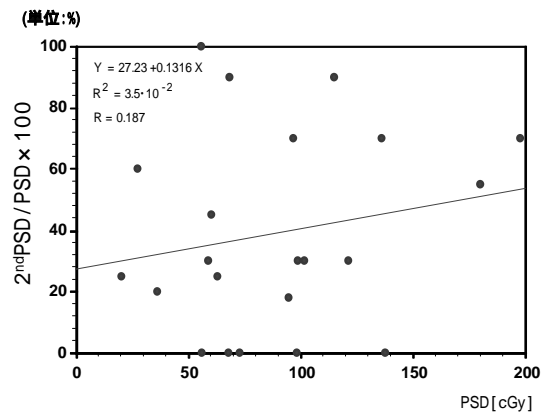


Fig.17 PSDと2nd PSD/PSD

5 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