

① 放射線防護眼鏡レンズの内外面に固定した小線量計を用いて測定したインターベンション医の水晶体被ばくについての検討

渡邊晶子

都立松沢病院 放射線科

キーワード

interventional radiology

radiation protection

occupational exposure

radiation-induced cataract

equivalent dose limit

インターベンショナルラジオロジー

放射線防護

職業被ばく

放射線白内障

等価線量限度

② 和文抄録

背景・目的

2011年に国際放射線防護委員会（ICRP）は職業被ばくによる水晶体の等価線量限度を下げるべきとする声明を出している。本論文ではIVR医の水晶体被ばくを実測、日常診療の中で収集可能な他の数値と比較した。

対象・方法

2012年10月からの18ヶ月間、IVR医5名が放射線防護眼鏡左レンズの内外面に小線量計を固定して血管造影・IVRを行なった。各月のレンズ外面の3mm線量当量（Do）を線量限度と比較、また、Doとレンズ内面の3mm線量当量（Di）、透視時間合計値（tFT）、面積線量積合計値（tDAP）、放射線防護衣外頸部の個人線量計で測定した70 μ m線量当量（Dn）との単回帰分析を行なった。

結果

Doの値は0.04～3.33mSv（ 0.69 ± 0.64 mSv）であり、Doの12%はICRPが新たに推奨する線量限度の月換算値（1.67mSv）を超えていた。DoとDiには強い相関が見られ（ $R^2 = 0.96$ ）、防護眼鏡の散乱X線遮蔽率は約60%であった。tFT、tDAP、DnとDoには強い相関が見られ（ R^2 はそれぞれ0.53、0.63、0.71）、なかでもDnとDoとの相関が強かった。

結論

IVR医の水晶体被ばくはICRPの新しい線量限度をしばしば超える。このため防護眼鏡の装着は必須である。実測を行わずに水晶体被ばくを評価する場合には、Dnを用いる推定法が最も妥当と考えられる。

③本文

はじめに

国際放射線防護委員会 (International Commission on Radiological Protection: 以下 ICRP) は専門的な立場から世界に向かって放射線防護についての勧告を行う国際学術組織であり、1928年に設立された国際 X 線およびラジウム防護委員会 (International X-ray and Radium Protection Committee) が 1950年に名称を変更して現在に至っている¹⁾。我が国においても ICRP の勧告を踏まえた放射線防護の法令が制定されており²⁾、職業被ばくを伴う業務の従事者については施設が被ばく管理 (個人登録、個人線量計を用いた被ばく線量のモニタリング、線量記録の作成と管理、教育訓練、健康診断などを含む) を行ない、年間被ばく線量が ICRP の勧告する線量限度 (実効線量限度、眼の水晶体と皮膚の等価線量限度がある) を超えないように管理することが求められている。一般医療施設でのモニタリングについて具体的に述べると、X 線透視を用いた診療 (血管造影、interventional radiology [IVR] など) を行う医師の場合は、放射線防護衣外の頸部と放射線防護衣内 (男性は胸部、女性は腹部) に 2 つの線量計を装着して 1 月間の線量を測定、2 つの線量計の測定値から実効線量を算出、放射線防護衣外頸部の測定値 (1 cm 線量当量と 70 μ m 線量当量の大きい方の値) を水晶体の等価線量と見なし、1 年間の合計線量を線量限度と比べて評価する³⁾。現在の我が国の法令における線量限度は ICRP の 1990 年、2007 年の勧告に従って定められおり、実効線量については 5 年で 100mSv かつ 1 年最大 50mSv、水晶体については年に 150mSv、皮膚については年に 500mSv とされている^{4) 5)}。

眼の水晶体は放射線感受性が高い組織の一つであり、放射線被ばくにより白内障が誘発される^{6) 8)}。白内障は水晶体内に混濁が生じる部位によって前囊下白内障、皮質白内障、核白内障、後囊下白内障に分類される⁷⁾。白内障は発生要因によって好発する種類が異なり、加齢に伴う老人性白内障の殆どは皮質白内障や核白内障である。これに対して放射線被ばくによって起こる白内障の多くは後囊下白内障である⁷⁾。放射線被ばくで後囊下白内障が発生する機序については、分裂能が高い *germinative zone* の上皮細胞が放射線被ばくで障害され、障害された上皮細胞が線維細胞に分化して後囊側に移動、同部でクリスタリンの凝集を生じて白内障になると考えられている^{6) 8)}。

従来、放射線被ばくによる水晶体障害 (診断可能な白濁) の閾値 (1~5% に影響が表れる線量) は急性被ばくで 0.5~2Gy、分割・遷延被ばくで 5Gy とされており、また、放射線被ばくによる視力障害 (白内障) の閾値は急性被ばくで 5Gy、分割・遷延被ばくで 8G 以上とされていた⁹⁾。ICRP はこれらの閾値に基

づいて 1977 年に職業被ばくによる水晶体の等価線量限度を年に 150mSv にすべきであるとする勧告を出している¹⁰⁾。ICRP はその後、1990 年、2007 年の勧告でも同様の水晶体線量限度を推奨しており^{4,5)}、この線量限度は世界各国の放射線防護に関する法令に組み込まれて用いられてきた。これに反して、原爆被爆生存者を対象とした近年の疫学的検討の報告では急性被ばくによる視力障害（白内障）の閾値は 0.5Gy が妥当であるとされている¹¹⁻¹³⁾。また、チェルノブイリ事故後の清掃作業者を対象とした近年の疫学的検討の報告では分割・遷延被ばくによる水晶体障害（診断可能な白濁）の閾値についても 1Gy 未満が妥当であるとされている^{11, 14)}。ICRP はこれらを考慮して 2011 年に放射線被ばくによる視力障害（白内障）の閾値を 0.5Gy に引き下げ、これに合わせて職業被ばくによる水晶体の等価線量限度を従来（年に 150mSv）から引き下げ、5 年で 100mSv、1 年最大 50mSv にすべきであるとする声明を出している¹⁵⁾。ICRP はその後、2012 年の勧告でも視力障害（白内障）の閾値を急性被ばく、分割・遷延性被ばく、慢性被ばくともに 0.5Gy とし、職業被ばくの水晶体線量限度として同様の値を推奨している¹¹⁾。この線量限度は近い将来、我が国の法令にも取り入れられて運用されることが予想される。

一方、医療従事者のなかで職業被ばくが最も多いのは血管造影・IVR を行なう医師である。近年の IVR の発展・普及とともに IVR 手技の件数は増加、これに伴って IVR 医の被ばくは確実に増加している。IVR 医の水晶体被ばくについても増加は必至と考えられるが、眼の近傍で水晶体被ばくを実測する方法は普及しておらず、このため実測値についての情報は乏しい。しかしながら、欧米の複数の報告では頻繁に手技を行なう IVR 医の水晶体被ばくの推定値が現行の線量限度（1 年に 150mSv）を超える可能性があることが示されており¹⁶⁻¹⁸⁾、実際に米国の IVR 開業医 59 名中の 5 名（8%）で後囊下白内障が見られたとする報告も見られる¹⁹⁾。また、我が国の一般医療施設における個人モニタリングの最近の集計でも、頸部に付けた個人線量計の測定値から推定した水晶体被ばくが 100mSv/年を超える場合があることが示されている^{20,21)}。以上から、今後、線量限度が引き下げられた場合にはかなりの数の IVR 医の水晶体被ばくが線量限度を超えることが予想される。

我々は最近の IVR 医の水晶体被ばくの現状を把握することを目的に、放射線防護眼鏡レンズの外表面と内表面に固定した小さな線量計を用いて同部の被ばく線量を実測した。また、眼の近傍での実測を行わずに水晶体被ばくを推定する方法の有用性を評価する目的で、日常診療の中で取得が可能な他の数値と防護眼鏡レンズ外表面の実測値との関係を検討したのでこれらを合わせて報告する。

方法

2012年10月から2014年3月までの18ヶ月間に帝京大学附属病院放射線部で血管造影・IVRを行なったIVR医5名（放射線医2名、脳外科医3名）について、毎月の水晶体近傍（放射線防護眼鏡内外）の被ばく線量を測定した。測定には1センチ角の小さな線量計（nano Dot TM、長瀬ランダウア）を使用²²⁾、鉛当量0.07mPbのアクリルレンズを付けた放射線防護眼鏡（パノラマシールド、東レ・メディカル）の左レンズ外側部の外面（表）と内面（裏）に線量計を1つずつ固定した（図）。IVR医はこの眼鏡を装着して全ての血管造影・IVR手技を行い、一月ごとに線量計を回収、レンズ外面の3mm線量当量（dose of outside surface : Do）とレンズ内面の3mm線量当量（dose of inside surface : Di）を測定した。線量計は長瀬ランダウアが提供、同社の装置で線量の読み取りを行なった。

上記のIVR医5名について、血管造影室での手技の実施記録をもとに個々の医師が行なった1月ごとの血管造影・IVR手技を特定、各月に行った手技の透視時間の合計値（total fluoroscopic time : tFT）と面積線量積の合計値（total dose area product : tDAP）を算出した。また、当院の個人線量モニタリングの記録から、各月の放射線防護衣外の頸部に装着した線量計（クイクセルバッジ、長瀬ランダウア）で測定した70 μ m線量当量（dose at the neck : Dn；職業被ばくのモニタリングでは、水晶体被ばくと見なして用いられる数値）を抽出した。

IVR医5名、18ヶ月間のデータ、合計90組を評価、全ての項目に欠損がない組のデータを検討の対象とした。検討項目は以下の通りである。

1. Doと線量限度：レンズ外面の被ばく線量の測定値DoとICRPが新しく推奨する線量限度（5年で100mSv、年最大50mSv）、本邦の現行法令が定める線量限度（1年に150mSv）との比較を行なった。

2. 放射線防護眼鏡の遮蔽効果：レンズ外面の被ばく線量Doとレンズ内面の被ばく線量Diとの関係を検討、放射線防護眼鏡の遮蔽効果を評価した。

3. 水晶体被ばくの推定法の評価：眼の近傍での実測を行なわずに水晶体被ばくを推定する方法の有用性を評価する目的で、(a) 透視時間の合計値 tFT、(b) 面積線量積の合計値 tDAP、(c) 放射線防護衣外頸部の線量計で測定した70 μ m線量当量 Dn とレンズ外面の被ばく線量 Do との関係を検討した。

上記2、3の統計解析には R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (<https://www.R-project.org/>) を用い、直線回帰によってピアソンの積率相関係数を求め、P値 < 0.05 を有意とした。

結果

IVR 医 5 名の 18 ヶ月間のデータ、延べ 90 組のうち 12 組では一部の項目のデータが欠損していた。この 12 組を除外した 78 組のデータを検討した。

78 組のデータでは、5 名の IVR 医が一月に 2~43 回 (平均 17.9 回 \pm 10.3 [標準偏差]) の手技を行っていた。これらの医師についての一月ごとのレンズ外面の被ばく線量の測定値 D_o は 0.04~3.33mSv (平均 0.69mSv \pm 0.64)、レンズ内面の被ばく線量の測定値 D_i は 0.03~1.39mSv (平均 0.30mSv \pm 0.26) であった。これらの医師が一月ごとに行った手技の透視時間の合計値 tFT は 111~1184 分 (平均 485 分 \pm 210)、面積線量積の合計値 tDAP は 202~4017 Gy \cdot cm² (平均 1428 Gy \cdot cm² \pm 955) であった。また、これらの医師の放射線防護衣外頸部に付けた線量計で毎月測定した 70 μ m 線量当量 D_n は 0~2.76mSv (平均 0.50mSv \pm 0.57) であった。

検討の結果を以下に示す。

1. D_o と線量限度 : ICRP が新しく推奨する線量限度「5 年で 100mSv」を換算すると「年に 20mSv」となり、「月に 1.67mSv」となる。今回検討した 78 組のデータでは、レンズ外面の被ばく線量の一月ごとの測定値 D_o は 0.04~3.33mSv (平均 0.69mSv \pm 0.64) であり、9 組 (12%) のデータで D_o が 1.67mSv を超えていた (図 2)。尚、本邦の現行法令による線量限度「年に 150mSv」を換算すると「月に 12.5mSv」となるが、今回検討した D_o は全てこれを下回っていた。

2. 放射線防護眼鏡の遮蔽効果 : レンズ外面の被ばく線量 D_o とレンズ内面の被ばく線量 D_i との関係を図 2 に示す。 D_o から D_i を予測する直線回帰式は $D_i = 0.399 \times D_o + 0.021$ (R^2 , 0.96; $P < 2.2 \times 10^{-16}$) であり、両者の間に非常に強い相関が見られた。これによって、放射線防護眼鏡が約 60%遮蔽効果を持つことが示された。

3. 水晶体被ばくの推定法の評価 : (a) 透視時間の合計値 tFT とレンズ外面の被ばく線量の測定値 D_o との関係を図 3 に示す。tFT から D_o を予測する直線回帰式は $D_o = 2.27 \times 10^{-3} \times \text{tFT} - 0.41$ (R^2 , 0.53; $P < 2.12 \times 10^{-14}$) であり、両者の間に強い相関が見られた。(b) 面積線量積の合計値 tDAP とレンズ外面の被ばく線量の測定値 D_o との関係を図 4 に示す。tDAP から D_o を予測する直線回帰式は $D_o = 5.43 \times 10^{-4} \times \text{tDAP} - 0.87 \times 10^{-2}$ (R^2 , 0.63; $P < 2.2 \times 10^{-16}$) であり、両者の間に強い相関が見られた。(c) 放射線防護衣外頸部の線量計で測定した 70 μ m 線量当量 D_n とレンズ外面の被ばく線量の測定値 D_o との関係を図 5 に示す。 D_n から D_o を予測する直線回帰式は $D_o = 0.967 \times D_n + 0.021$ (R^2 , 0.71; $P < 2.2 \times 10^{-16}$) であり、両者の間に強い相関が見られた。(a)~

(c)の結果の比較ではDnからDoを予測する直線回帰式の相関係数の値が最も高かった。

考察

今回検討したIVR医5名の延べ78組のデータでは、放射線防護眼鏡レンズ外面の被ばく線量の一月ごとの測定値Doは0.04～3.33mSvであり、9組(12%)のデータでDoが1.67mSv(年20mSvに相当する数値)を超えていた。「はじめに」の項で述べたように、現行法令が定める職業被ばくの水晶体線量限度は1年に150mSvであるが、ICRPは最近、白内障の閾値を引き下げ、これに伴って職業被ばくの線量限度を5年で100mSv、1年最大50mSvにすべきであるとする声明、勧告を出している¹⁵⁾。一方、近年のIVRの発展は目覚ましく、IVR医の被ばくは確実に増加している。このため、今後、線量限度が引き下げられた場合には、IVR医の水晶体被ばくがしばしば線量限度(5年で100mSv、1年では20mSv、1月では1.67mSv)を超えることが予想される。我々の結果はこの予想を裏付けている。本邦で個人線量計を提供している2社が行なった一般医療施設における個人モニタリングデータの最新の集計では、それぞれ個人モニタリングを行なった医療従事者(医師、看護師、放射線技師、臨床検査技師、臨床工学技師、薬剤師など含む)約15万人の1%、約19万人の0.5%で、頸部に付けた個人線量計の測定値から推定した水晶体被ばく線量が年20mSvを超えている^{20,21)}。我々の結果はこれらの集計と比較しても矛盾がないと考えられる。

レンズ外面の被ばく線量Doとレンズ内面の被ばく線量Diとの検討では両者の間に非常に強い相関($R^2, 0.96; P < 2.2 \times 10^{-16}$)が見られており、これによって、当院で使用している放射線防護眼鏡は散乱X線の約60%を遮蔽することが示された。この遮蔽率は鉛当量0.07mPbの放射線防護眼鏡についてこれまでに検討された数値とほぼ一致している^{23,24)}。放射線防護眼鏡の確実な遮蔽効果、近年のIVR医の被ばくの増加、最近のICRPの水晶体被ばくについての勧告を勘案し、併せて、今回の検討でもレンズ外面の被ばく線量の一月ごとの測定値Doがしばしば1.67mSv(年20mSvに相当する数値)を超えたことを考慮すると、術中の放射線防護眼鏡の装着はIVR医にとって必須と考えられる。

今回の検討では放射線防護眼鏡レンズの外面と内面に小型の線量計を固定、眼の近傍の実測値を用いて水晶体被ばくを評価している。本来は、日々の個人モニタリングにおいても眼の近傍での実測が望まれるが、現在はそれが可能な線量計は市販されていない。また、将来それが市販された場合にも、経済性等の問題で、個人モニタリングの対象となる医療従事者全員での使用が実現する

かどうかについては疑問が残る。このため、水晶体の被ばく線量の評価では、今後も実測以外の方法で得た数値からの推定が必要と考えられる。

我々は IVR 手技の実施記録の項目の中から、水晶体被ばくとの関連が予想される数値として(a) 透視時間の合計値 tFT と(b) 面積線量積の合計値 tDAP、を選び、(c) 放射線防護衣外頸部の線量計で測定した $70\mu\text{m}$ 線量当量 Dn (個人モニタリングで水晶体被ばく線量とされている数値) と併せてレンズ外面の被ばく線量 Do との関係を検討した。その結果、tFT から Do を予測する直線回帰式は $Do = 2.27 \times 10^{-3} \times tFT - 0.41$ ($R^2, 0.53; P < 2.12 \times 10^{-14}$)、tDAP から Do を予測する直線回帰式は $Do = 5.43 \times 10^{-4} \times DAP - 0.87 \times 10^{-2}$ ($R^2, 0.63; P < 2.2 \times 10^{-16}$)、Dn から Do を予測する直線回帰式は $Do = 0.967 \times Dn + 0.021$ ($R^2, 0.71; P < 2.2 \times 10^{-16}$) となり、Dn と Do との間に最も強い相関が見られた。以上から、頸部に付けた個人線量計の測定値 Dn から推定する現行の水晶体被ばく線量の評価方法は妥当と考えられ、放射線防護眼鏡を装着している場合には散乱 X 線遮蔽率 60%を考慮して Dn に 0.4 を乗じた値を水晶体被ばく線量とすべきであると考えられる。

今回の検討の問題点として、データを検討した IVR 医の数が 5 名と少ないこと、職業被ばくが多いことが予想される percutaneous coronary intervention (PCI) を行なう循環器内科医のデータが含まれていないことが挙げられる。今後は PCI を行なう循環器内科医を含めたデータを蓄積、各科の IVR 医の被ばく線量の比較なども含めた検討を進めることが必要と考える。

結語

IVR 医の水晶体被ばくは ICRP が新しく推奨する線量限度 (5 年で 100mSv、1 年最大 50mSv) を超える場合が少なくない。放射線防護眼鏡の装着は IVR 医にとって必須である。眼の近傍での実測を行わずに水晶体被ばくを評価する場合には、放射線防護衣外頸部の線量計で測定した線量から推定する方法が最も妥当と考えられる。

—以上—

謝辞：直接ご指導を賜りました帝京大学医学部附属病院放射線科 古井滋先生に深謝致します。統計学的分析に関するご指導を賜りました帝京大学大学院医療技術学研究科診療放射線学専攻教授 古徳純一先生、データ収集に関するご協力を頂きました朝霞台中央総合病院放射線科 神武裕先生、長瀬ランダウア株式会社小林育夫氏、帝京大学医学部附属病院中央放射線部山岸正文氏に感謝致します。

④引用文献

- 1) International Commission on Radiological Protection <http://www.icrp.org/>
- 2) 放射線障害防止法及びその関係法令について. (社) 日本アイソトープ協会編集.アイソトープ法令集 (I) 放射線障害防止関係法令 2001 年版. 東京:丸善株式会社 ;2001. p 1.
- 3) 電離放射線障害防止規則. (社) 日本アイソトープ協会編集.アイソトープ法令集 (Ⅲ) 労働安全衛生・輸送・その他関係法令 2001 年版. 東京:丸善株式会社 ;2001. p 73-7.
- 4) ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60. 1991 ; Ann. ICRP 21 (1-3).
- 5) ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103. 2007 ; Ann. ICRP 37 (2-4).
- 6) 佐々木洋. 放射線白内障. 臨眼 2014 ; 68 : 1667-72.
- 7) 藤道有希, 小佐古敏荘, 吉田和生, 他. 放射線白内障に対するしきい線量の科学的根拠と課題. 保健物理 2013 ; 48 : 97-103.
- 8) Merriam GR Jr, Worgul BV. Experimental radiation cataract--its clinical relevance. Bull N Y Acad Med. 1983 ; 59 : 372-92.
- 9) ICRP. Nonstochastic Effects of Ionizing Radiation, ICRP Publication 41. 1984 ; Ann. ICRP 14 (3).
- 10) ICRP. Recommendations of the ICRP, ICRP Publication 26. 1977 ; Ann. ICRP 1 (3).
- 11) ICRP. ICRP Statement on tissue reactions/Early and late effects of radiation in normal tissues and organs - threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context, ICRP Publication 118. 2012 ; Ann. ICRP 41 (1/2)
- 12) Nakashima E, Neriishi K, Minamoto A. A reanalysis of atomic-bomb cataract data, 2000-2002: a threshold analysis. Health Phys 2006 ; 90 : 154-160.
- 13) Neriishi K, Nakashima E, Minamoto A, et al. Postoperative cataract cases among atomic bomb survivors: radiation dose response and threshold. Radiat Res 2007 ; 168 : 404-408.
- 14) Worgul BV, Kundiyev YI, Sergiyenko NM, et al. Cataracts among Chernobyl clean-up workers: implications regarding permissible eye exposures. Radiat Res 2007 ; 167 : 233-43.
- 15) ICRP. Statement on Tissue Reactions ICRP. 2011 ; ref 4825-3093-1464.

- 16) Pages J. Effective dose and dose to the crystalline lens during angiographic procedures. *JBR-BTR* 2000 ; 83 : 108–110.
- 17) Hidajat N, Wust P, Felix R, et al. Radiation exposure to patient and staff in hepatic chemoembolization: risk estimation of cancer and deterministic effects. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2006 ; 29 : 791–796.
- 18) Vano E, Gonzalez L, Fernández JM, et al. Eye lens exposure to radiation in interventional suites: caution is warranted. *Radiology*. 2008 ; 248 : 945-53.
- 19) Haskal ZJ. Interventional radiology carries occupational risk for cataracts. *RSNA News* 2004 ; 14 : 5-6.
- 20) 長瀬ランダワア. NL だより ; #455 : 2015 : 1-4.
- 21) 千代田テクノル. FBNews ; #477 : 2015 : 9-17.
- 22) 長瀬ランダワア. NL だより ; #406 : 2011 : 1-4.
- 23) Nagai R, Awai K, Hirata Y, et al. Guideline for radiation safety in interventional cardiology (JCS 2011)-digest version. *Circ J*. 2013 ; 77 : 519-49.
- 24) 原田広恵, 塚本篤子, 日高章吾, 他. 防護眼鏡の血管造影検査における防護効果の検討. *日放技学誌* 2008 ; 64 : 1130.

⑤図の説明

図 1. レンズ外面の被ばく線量 D_o とレンズ内面の被ばく線量 D_i の測定方法
放射線防護眼鏡の左レンズ外側部の外面（表）と内面（裏）に線量計（矢印）を一つずつ固定して 3mm 線量当量を測定した。

図 2. レンズ外面の被ばく線量 D_o とレンズ内面の被ばく線量 D_i との関係
直線回帰式： $D_i = 0.399 \times D_o + 0.021$ ($R^2, 0.96; P < 2.2 \times 10^{-16}$)
縦線は ICRP が新しく推奨する線量限度（5 年で 100mSv）を月に換算した数値（1.67mSv）を示す。

図 3. 総透視時間 t_{FT} とレンズ外面の被ばく線量 D_o との関係
直線回帰式： $D_o = 2.27 \times 10^{-3} \times t_{FT} - 0.41$ ($R^2, 0.53; P < 2.12 \times 10^{-14}$)

図 4. 総面積線量積 t_{DAP} とレンズ外面の被ばく線量 D_o との関係
直線回帰式： $D_o = 5.43 \times 10^{-4} \times t_{DAP} - 0.87 \times 10^{-2}$ ($R^2, 0.63; P < 2.2 \times 10^{-16}$)

図 5. 頸部に付けた個人線量計の測定値 D_n とレンズ外面の被ばく線量 D_o との関係
直線回帰式： $D_o = 0.967 \times D_n + 0.021$ ($R^2, 0.71; P < 2.2 \times 10^{-16}$)

⑥英文抄録

Title:

Interventionalists' exposure doses to the eye lens measured with small dosimeters worn on both surfaces of radiation protection glasses

Background:

To measure interventionalists' exposure doses to the eye lens during procedures and compare them to other values more easily assessable on a routine basis.

Methods:

From October 2012 to March 2014, 2 radiologists and 3 neurosurgeons conducted interventional procedures wearing 2 optically stimulated luminescence dosimeters (nanoDot™, Landauer, IL), square-shaped with one side measuring 1cm, on the outside and inside surfaces at the exterior part of the left lens of radiation protection glasses. Dosimetry was performed once a month. The monthly dose equivalents (H3mm) on the outside surface (Do) were compared to those on the inside surface (Di), total fluoroscopy times (tFT), total dose-area-products (tDAP), and monthly dose equivalents (H70µm) measured with a personal dosimeter worn outside and above the radiation protection apron at the neck (Dn).

Results:

The five interventionalists conducted 2 to 43 procedures (mean ± standard deviation, 17.9 ± 10.3 procedures) per one month. The monthly Do, Di, tFT, tDAP, and Dn ranged from 0.04 to 3.33 mSv (0.69 ± 0.64 mSv), 0.03 to 1.39 mSv (0.30 ± 0.26 mSv), 111 to 1,184 minutes (485 ± 210 minutes), 202 to 4,017 Gy · cm² (1,428 ± 955 Gy · cm²), and 0 to 2.76 mSv (0.50 ± 0.57 mSv), respectively. Linear regression equations obtained were $Di = 0.399 \times Do + 0.021$ ($R^2, 0.96; P < 2.2 \times 10^{-16}$), $Do = 2.27 \times 10^{-3} \times tFT - 0.41$ ($R^2, 0.53; P < 2.12 \times 10^{-14}$), $Do = 5.43 \times 10^{-4} \times tDAP - 0.87 \times 10^{-2}$ ($R^2, 0.63; P < 2.2 \times 10^{-16}$), and $Do = 0.967 \times Dn + 0.021$ ($R^2, 0.71; P < 2.2 \times 10^{-16}$).

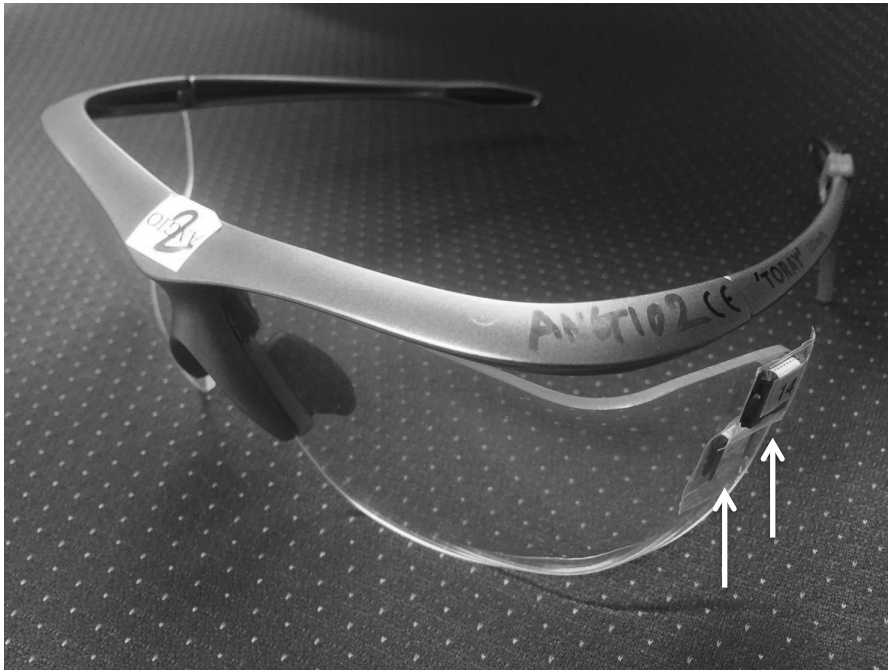
Conclusion:

The interventionalist's dose to the eye lens can exceed the equivalent dose

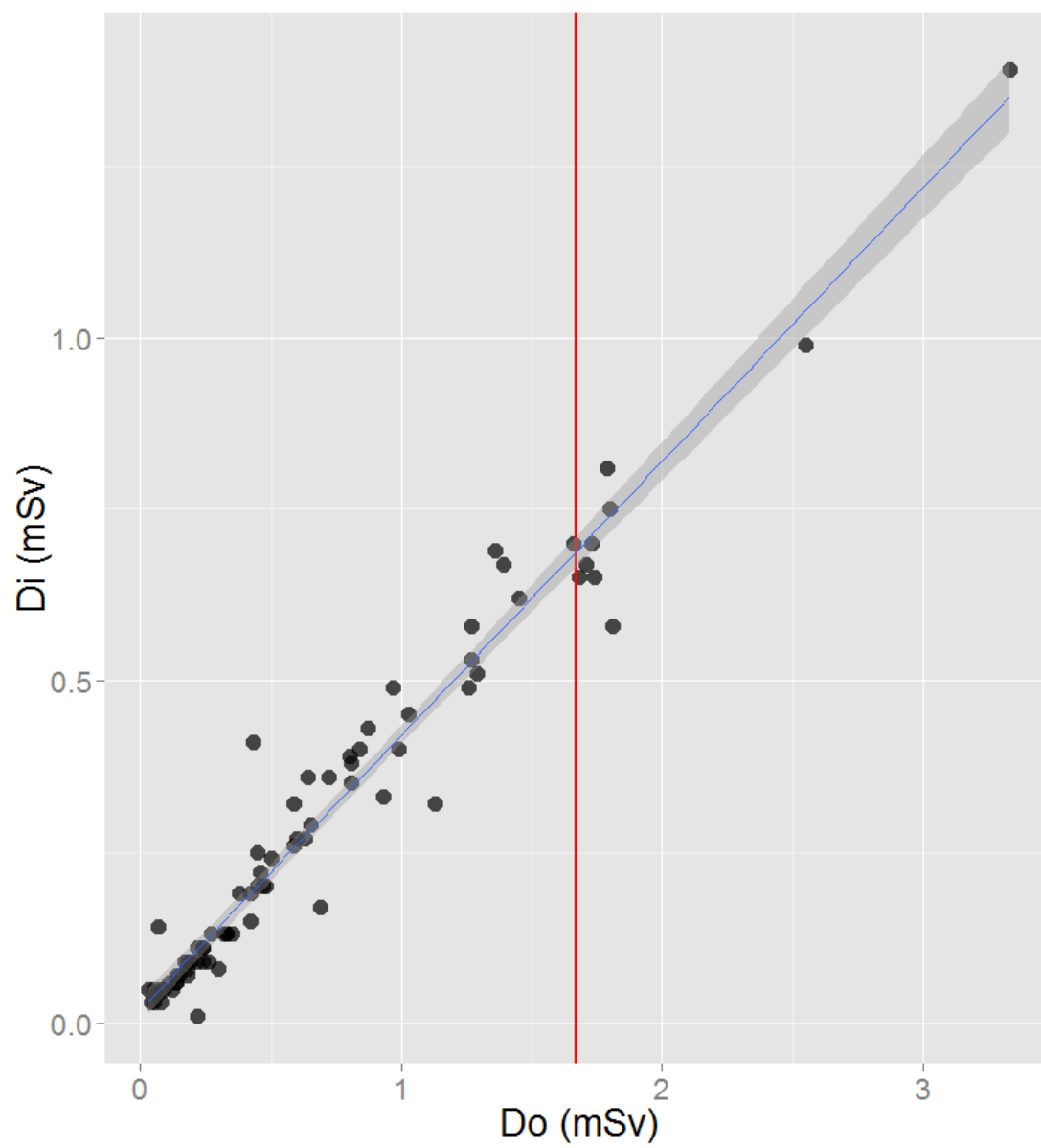
limit (20mSv in a year, averaged over defined periods of 5 years, with no single year exceeding 50mSv) as recommended by the International Commission on Radiological Protection in 2011, particularly when radiation protection glasses, which decrease the exposure dose by about 60%, are not used. Among tFT, tDAP, and Dn, Dn is most useful to make an appropriate estimate of the interventionalist's dose to the eye lens.

⑦ ☒

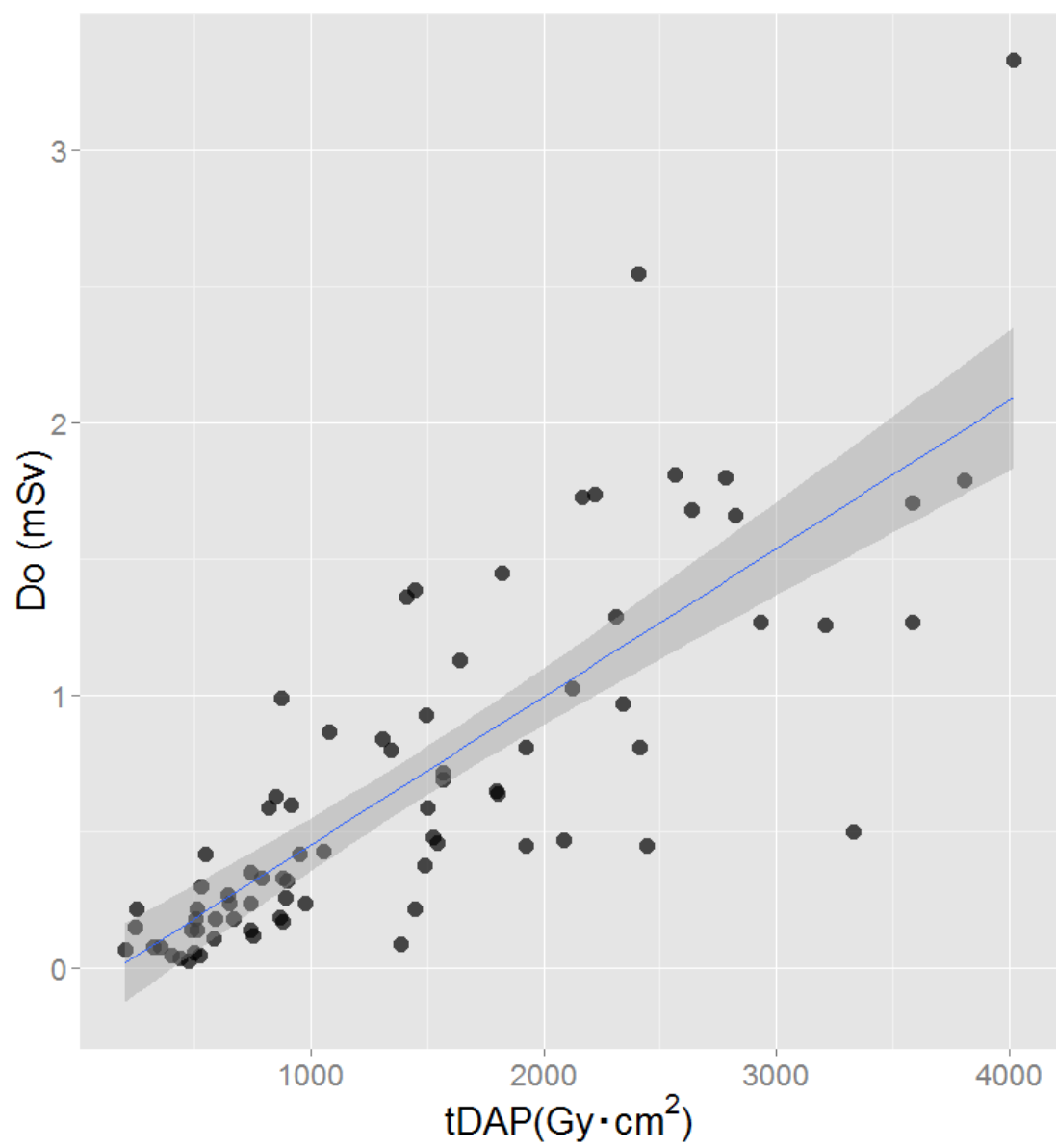
☒ 1



☒ 2.



☒ 4.



☒ 5.

