

〈原著〉

整形外科手術の職業被曝に関する調査 —被曝を GoTo 回避—

渡部圭助¹⁾, 溝渕周平²⁾, 濱紳悟²⁾, 喜多健一郎²⁾,
高橋芳徳²⁾, 北岡謙一²⁾, 内田理²⁾, 十河敏晴²⁾

要旨: 医療従事者の職業被曝は大きな問題となっている。特に整形外科では検査や手術で X 線透視を使用するため被曝する機会が多い。今回、整形外科手術における術中被曝について検討した。対象は術中の被曝状態を計測できた2020年10月～12月の症例で、プロテクター内外側の胸部に即時線量計を装着し被曝線量を計測した。検討項目はイメージの機種別照射量、各症例の照射時間、線量と被曝量である。単位時間あたりの照射量は機種により差がみられた。透視時間は症例によりばらつきはあるが、照射量と照射時間は相関せず、照射量、被曝量ともに中枢側の症例で大きくなっていった。整形外科領域の職業被曝量は大きく、術者と助手による差も報告されている。被曝低減の三原則は照射時間短縮、管球から距離をとる事、放射線の遮蔽である。器具の発達により透視時間は短縮可能となったが、術中に管球と距離をとることは困難である為、散乱線を含め放射線の遮断が重要となる。

キーワード: 職業被曝, 被曝防護

背景・目的

近年、医療従事者の職業被曝は大きな問題となっており、被曝による皮膚障害や発癌、白内障等が多く報告されている¹⁾。整形外科領域の診断、治療は X 線を使用するため被曝する機会が多い。しかし、実際の被曝量や安全性は把握できておらず、実態調査及び対策が必要である。今回、透視下手術における術者の被曝量を測定し、術中の被曝調査、検討を行なった

対象及び方法

2020年10月～12月の期間に、術中術者の被曝量が測定できた男性15例、女性27例の骨折症例計42例を対象とした。平均年齢は64.2歳(14～98歳)で、手指、橈骨遠位端、脛骨等比較的末梢の骨折症例を末梢群28例、脊椎や大腿骨近位部等比較的中枢の骨折症例を中枢群14例の2群に分類した。測定方法は術者の放射線防護衣(プロテクター)の内外側胸部に即時線量計(マイドーズミニ)を装着し、

術中の被曝線量を計測した。手術に使用した移動型 X 線投射装置(イメージ)は4機種で、全て自動照射制御式であった。検討項目として、イメージの機種別単位被曝量と、2群間の照射時間、照射線量、被曝量を計測し比較した。

結果

一定条件下での機種別被曝量は、機種間で差がみられていた。(表1)

一般的に照射量は画像の解像度に影響を及ぼし、照射量が大きくなると解像度はあがる。機種間の単位時間あたり被曝量の違いは、自動照射制御式イメージでは解像度をあげるために照射量を自動的に調整するためと思われる。

表1. 機種別の単位時間被曝量

	機種	単位時間被曝量
1	PHILIPS BV Endura (2012年製)	11 μ Sv/h
2	PHILIPS BV Endura (2016年製)	13 μ Sv/h
3	SIEMENS Cios Select	22 μ Sv/h
4	SIEMENS Arcadis	23 μ Sv/h

¹⁾ 高知赤十字病院 初期臨床研修医

²⁾ 〃 整形外科

照射時間は、全症例での平均は 246.5 秒 (19 ~ 661 秒) であった。末梢群の平均照射時間は 249.0 秒 (32 ~ 661 秒)、中枢群の平均照射時間は 242 秒 (104 ~ 507 秒) で両群間に優位差は認められなかった (P=0.55)。 (図1)

照射線量は、全症例の平均は 14.0mGy (0.45 ~ 58.5mGy) であった。末梢群の積算照射線量の平均は 8.3mGy (0.6 ~ 43.7mGy)、中枢群の平均は 28.8mGy (8.6 ~ 70.5mGy) で、両群間には優位差があり、中枢群で大きくなっていった (P<0.01)。単位時間あたりの照射線量は末梢群の平均が 1.6mGy/min (0.5 ~ 4.3 mGy/min)、中枢群の平均が 7.0 mGy/min (3.1 ~ 19.5 mGy/min) で、こちらも両群間で優位差があり、中枢群が大きかった (P<0.01)。 (図2)

被曝量はプロテクター外側で計測した全症例の平均被曝量が 33.9 μ Sv (0 ~ 220 μ Sv)、プロテクター内側の平均被曝量が 1.6 μ Sv (0 ~ 18 μ Sv) であった。プロテクター外側における末梢群の平均被曝量は 15.6 μ Sv (0 ~ 60 μ Sv)、中枢群の平均被曝量は 67.4 μ Sv (7 ~ 220 μ Sv) で中枢群が大きくなり、両群間には優位差が見られた (P<0.01)。プロ

テクター内側における末梢群の平均被曝量は 0.3 μ Sv (0 ~ 3 μ Sv)、中枢群の平均被曝量は 4.2 μ Sv (0 ~ 18 μ Sv) で、やはり中枢群で大きく、両群間には優位差がみられていた (P<0.01)。 (図3)

単位時間あたり被曝量では、プロテクター外側での末梢群の平均は 3.1 μ Sv/min (0 ~ 7.8)、中枢群の平均は 17.0 μ Sv/min (3.2 ~ 60.8 μ Sv/min) で中枢群が大きく、両群間には優位な差みられた (P<0.01)。プロテクター内側での末梢群の平均は 0.03 μ Sv/min (0 ~ 0.3)、中枢群の平均は 0.9 μ Sv/min (0 ~ 3.9 μ Sv/min) で、こちらも両群間には優位差が認められた (P<0.01)。 (図4)

照射時間と総照射線量の関係は、全症例、末梢群、中枢群全てで相関関係がみられた。 (図5)

照射時間と被曝量の関係は、末梢群でのみ相関関係がみられた。中枢群では明らかな相関関係は認められないものの、照射時間が長くなると被曝量が大きくなる傾向が認められた。 (図6)

単位時間あたりの照射線量と術者のプロテクター外側につけた線量計の被曝量は、全症例、末梢群、中枢群の全てで相関関係が認められていた。 (図7)

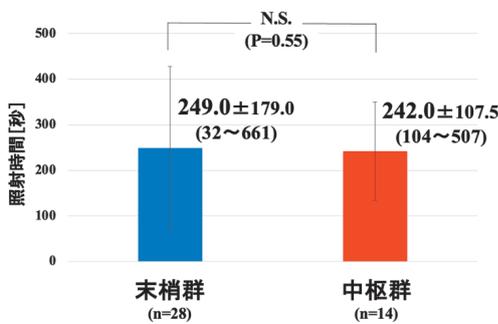


図1. 照射時間の比較

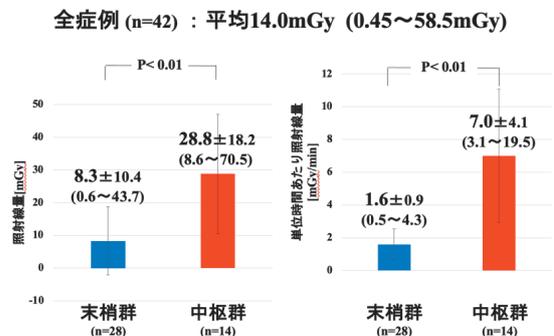


図2. 総照射線量, 単位時間あたり照射線

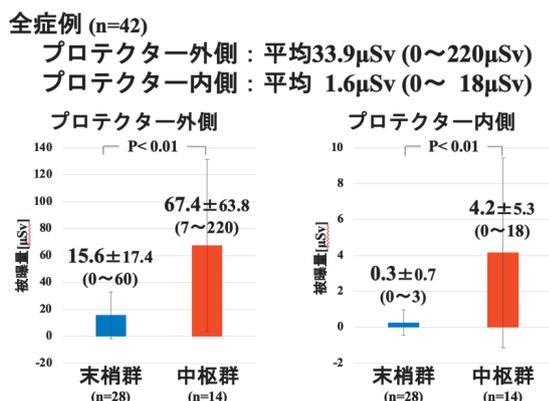


図3. プロテクター内外側における被曝量の比較

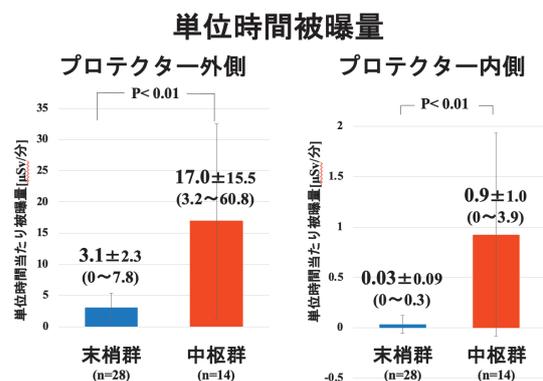


図4. プロテクター内外側における単位時間あたり被曝量の比較

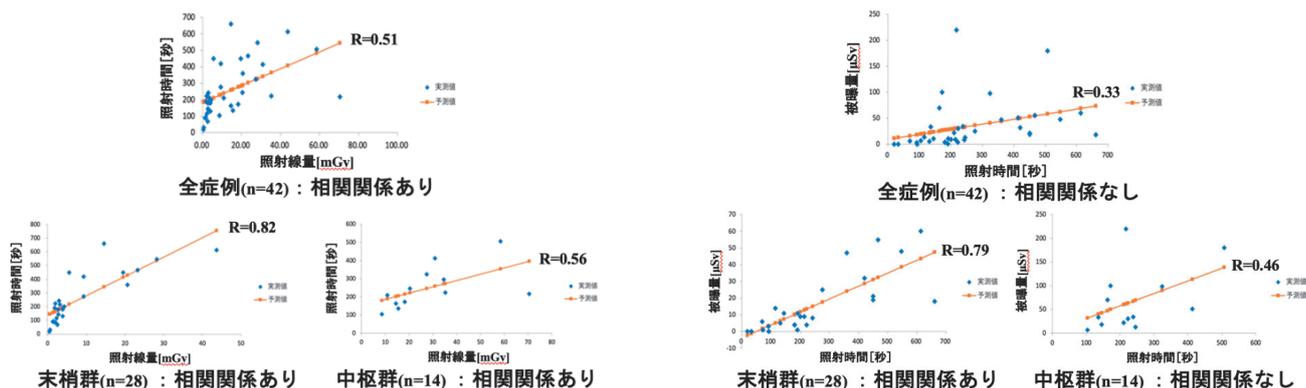


図5. 照射時間と照射線量の関係

図6. 照射時間と被曝量の関係

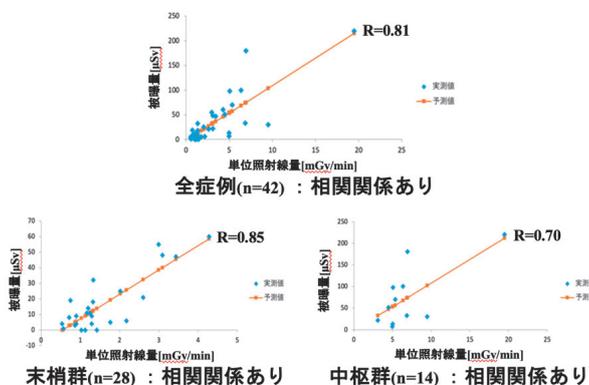


図7. 照射線量と被曝量の関係

考察

画像診断用機器や診断技術などの応用により X 線透視下で治療を行うインターベンショナルラジオロジー (IVR) は目覚ましい進歩を遂げており、様々な分野で活用されている。一方近年、IVR による医療従事者に対する職業被曝の増加が問題となっている。職業被曝の個人線量限度は、実効線量限度として 100 mSv/5 年かつ 50 mSv/ 年、等価線量限

度として眼の水晶体は 100 mSv/5 年かつ 50 mSv/ 年、皮膚においては 500 mSv/ 年というような基準が設けられている (表 2)¹⁾。整形外科領域では様々な手術器具の開発により、小切開で専用器具を使用した低侵襲手術が主流になっているが、放射線照射量が多くなり、医師、患者ともに被曝リスクが増大している。実際、染色体異常や手指爪の症状、皮膚障害、白内障やがんの発生が報告されている²⁾。今回の被曝量調査結果では、被曝が比較的多い中枢群 13 例の平均被曝量はプロテクター内側で 4.2 μ Sv、プロテクター外側で 67.4 μ Sv であった。年間手術件数を 100 件とした場合、年間被曝量は執刀手術のみでプロテクター外側では 6.7mSv となる。手術の助手は骨折手術時には整復位を保持する必要があるため、術者よりも 5.6 倍被曝量が多いという報告がある³⁾。その場合、助手の概算年間被曝量はプロテクター外側で 37.7mSv、内側 2.4mSv となり、他の手術や検査での被曝を合わせると、個人線量限

表2 職業被曝の個人線量限度 2020 年度改訂版

実効線量限度	100 mSv/5 年かつ 50 mSv/年
等価線量限度 眼の水晶体 皮膚	100 mSv/5 年かつ 50 mSv/年 (2021年引き下げ) 500 mSv/年
女性	5 mSv/3 カ月 妊娠の事実を知った後、出産まで 腹部表面の等価線量限度 2 mSv 内部被曝 1 mSv

度を超える可能性が十分にある。外部被曝の低減三原則とは、管球から距離をとること、放射線を遮蔽すること、被曝時間を短くすることといわれており、これらについて被曝回避手段を検討した。まず、距離をとることであるが、イメージ使用の際に管球からなるべく離れることが重要となる。しかし、実際に術野で距離を取ることに限界がある。特に助手は照射部での整復位保持のために術者以上に距離をとることが難しくなる。次に、遮蔽については放射線プロテクターが重要になる。エプロン式より巻き付け式が有効で、目に対する遮蔽も重要となる。防護メガネの着用は、非着用時に比べ50%前後を遮蔽するといわれている。また、プロテクターの厚さも0.25 mmと0.35 mmの2種類あり、破損している場合もあるため定期的なチェックが必要である。管球からの直接線だけでなく散乱線を意識した遮蔽も大切となる。管球の位置によって発生する散乱線も異なるため、イメージの操作が重要となる。被曝時間の短縮に関しては、手術器具の発達により連続透視時間は短くなっているが、イメージ操作など手術に携わる全員の意識で、照射時間の短縮に努める必要がある。また、今回の検討では中枢群と末梢群の比較で、照射時間に差はないにもかかわらず、平均照射線量は中枢群が末梢群の約4.4倍多く、平均被曝量でも、プロテクターの外側で約4.3倍、内側で約16倍中枢群が大きくなっていた。中枢側の手術では、より身体の深部を解像するためにイメージの自動照射線量が大きくなり、被曝線量が増大していることに対する注意も必要と考えられた。

結語

今回、当院でのイメージを使用した骨折手術における術者の被曝状態を計測した。職業被曝回避のためには、眼を含めたプロテクターの正しい使用、照射線量を減らすためのイメージ操作に携わる全スタッフの意識が重要であると結論づけた。

引用文献

- 1) 医療法施行規則の一部を改正する省令の施行等について；医政発 0312 第7号 https://hodaanren.doc-net.or.jp/anzen/19/0701_isei0312_7.pdf (H31.3.12)
- 2) 三浦 富智, 整形外科位の超局所的慢性被曝による染

色体異常, 臨床整形外科, 55巻2号109-113, 2020年2月

- 3) Tasbas, B., Yagmurlu, M., Bayrakci, K. et al. Which one is at risk in intraoperative fluoroscopy? Assistant surgeon or orthopaedic surgeon?. Arch Orthop Trauma Surg 123, 242-244 (2003).