原 著

神経ブロック療法における術者手指被曝低減の試み
—Under Table方式とOver Table方式の比較—

斉藤 肇・岡部圭吾・中澤靖夫

昭和大学病院放射線部

論文受付
2003年7月24日論文受理
2003年12月4日

Code No. 621

緒 言

X線透視撮影は、診断領域のみならず治療を目的としたinterventional radiology (IVR) 領域で盛んに行われるようになった。X線透視下で疼痛を支配する神経を選択的に穿刺して、局所麻酔薬や神経破壊薬を投与し、疼痛伝達路の遮断や痛みが繰り返す悪循環を遮断する神経ブロック療法¹⁾もまた、疼痛の診断と治療を目的としたIVRとしてペインクリニック医師が盛んに施行している。この療法を確実に成功させるためには、X線透視撮影が不可欠といえる²⁾。術者がX線透視下で、神経を選択的に穿刺する場合、照射野を限定するため可動絞りをを用いても術者の手指が直接、X線照射野に入ることがある。無論、検査を担当する放射線

技師は注意を促し、術者もそれに従って検査を施行・治療を実施しているが、患者の安全を担保しながら短時間に確実に検査を施行するために、やむを得ずX線照射野内に自らの手指を曝す事態が散見される。その結果、術者の手指被曝線量が増大し³⁾、皮膚障害発生の危険が危惧される⁴⁾。

今回われわれは、神経ブロック療法時の術者手指被曝線量低減を目的として、Under Table方式とOver Table方式の装置による被曝線量率を比較し、術者手指被曝線量低減に有利な方式について検討するとともに、鉛手袋の効果と使用上の注意点について考察した。

Trial of Finger Contamination Reduction of the Operator in Nerve Block Treatment: Comparison of Over- and Under-table Systems

HAJIME SAITO, KEIGO OKABE, and YASUO NAKAZAWA

Department of Radiology, Showa University Hospital

Received July 24, 2003; Revision accepted Dec. 4, 2003; Code No. 621

Summary

Fluoroscopy-guided intervention of the lumbar spine, such as nerve block, plays an important role in the management of disc hernia patients. However, irradiation of operators' fingers remains a problem even with careful collimation and operation, especially when performed by non-radiologists. We compared the irradiation doses of under-table and over-table fluoroscopy systems, and we discuss the most advantageous method of reducing irradiation. The effectiveness and conditions of use of lead protection gloves were also evaluated. Skin dose was monitored using polymethyl methacrylate (PMMA) and an electronic dose meter. The skin doses of over- and under-table fluoroscopy were compared using C-arm fluoroscopy. Finger irradiation dose with 0.03 mmPb protection gloves was also measured. The under-table method reduced skin dose by 95 % compared with the over-table method. Thicker PMMA resulted in a higher rate of irradiation reduction. Protection gloves reduced radiation dose by half, although this reduction was cancelled when automatic brightness control (ABC) was utilized. Under-tube fluoroscopy was superior to over-tube fluoroscopy in reducing irradiation to the fingers.

Key words: Finger dose, Lead glove, Nerve block treatment別刷資料請求先: 〒142-8666 東京都品川区旗の台1-5-8
昭和大学病院 放射線部 斉藤 肇 宛

1. 使用機器

実験で使用した装置および器具を示す。

X線透視撮影装置

：MAX-1000A (C-arm型)
(東芝メディカル株式会社製)

線量計

：電子線量計DOSE³
(株式会社千代田テクノル社製)

X線防護手袋

：SG03 (0.03mmPb)
(株式会社マエダ社製)

ファントム

：polymethyl methacrylate (PMMA)
(30cm×30cm×5cm：5枚)

：MIX-DP
(1.5cm×1.5cm×8cm)

2. 方法

2-1 装置の方式別線量測定

患者に見立てたPMMAの厚みを5cm～25cmに変化させ、Under Table方式とOver Table方式の術者手指の吸収線量(以下、術者手指被曝線量)と患者皮膚入射吸収線量(以下、患者皮膚入射線量)を線量率で測定した。測定のための幾何学的配置は、Under Table方式とOver Table方式の透視条件が一定になるように、X線管焦点—image intensifier(以下、I.I.)間距離(source image distance：以下、SID)=100cm、PMMAとI.I.の距離を一定にした。また、患者皮膚入射線量も併せて測定した。測定配置をFig. 1に示す。線量計は、術者手指被曝線量測定用として検査施行時の術者手指位置となるPMMA上部表面に、Under Table方式の患者皮膚入射線量測定用として撮影台とPMMAの間に配置した。Over Table方式では、術者手指位置における線量を患者皮膚入射線量とした。今回の測定は、すべて透視条件が、自動輝度調整機構(automatic brightness control：以下、ABC)が作動する状態であり、照射野サイズは25cm×25cm全開で行った。また、線量計は70μm線量当量で表示するため、測定値に放射線荷重係数を除して吸収線量に換算した。

2-2 術者が鉛手袋を着用したときの線量測定

術者が被曝防護のため鉛手袋を着用した場合を想定し、1.5cm厚のMIX-DPを術者手指に見立て、Under Table方式とOver Table方式の術者手指被曝線量を測定した。線量計は、MIX-DPと一緒に鉛手袋に入れ、前項と同様にUnder Table方式とOver Table方式の透視条件が一定になる幾何学的配置で測定した。なおPMMAは15cm、患者—I.I.間距離(patient image distance：以

Fig. 1 Measurement geometry.

下、PID)は19cmとした。

2-3 術者の手指が照射野内に挿入されたときの線量測定

治療の過程で、術者の手指が透視条件を決定する位置に挿入され、透視条件に影響を及ぼす場合も想定されるので、その場合の線量を測定した。測定は、術者の手指が照射野周辺にあり、透視条件に影響しない状態と、手指が照射野の中心付近にあり、それによって透視条件がABCにより上昇した状態を想定して行った。また、術者の手指が透視条件に影響を及ぼすとき、患者の皮膚入射線量がどのように変化するかUnder Table方式で測定を行った。上記の測定において、Under Table方式の患者皮膚入射線量も併せて測定した。

2-4 PIDと線量の関係

Under Table方式において、I.I.はある程度患者から離れている方が術者は作業しやすい。そこでPIDを19cm～29cmに変化させたときの術者手指被曝線量と患者皮膚入射線量を測定した。この場合のPIDは、患者の体厚中心からI.I.までの距離と規定した。測定はX線管焦点—患者間距離を一定にした場合と、SID=100cm一定にした場合の2種類の作業環境を想定して行った。なおPMMAは15cmとした。

3. 結果

3-1 装置の方式別線量測定

Under Table方式ではX線が被写体を通過した後で術者の手指に入射するのに対し、Over Table方式では術者の手指が直接X線に曝されるから、いずれの被写体

Fig. 2 Finger contamination dose rate of the operator according to body thickness.

厚においてもUnder Table方式の方が手指被曝線量は少なかった。被写体厚が5cmと比較的薄い場合、Under Table方式は256 μ Gy/min, Over Table方式は848 μ Gy/minで、その差は3.3倍なのに対し、被写体厚が厚くなるにつれてその差は大きく、25cm厚ではUnder Table方式で520 μ Gy/min, Over Table方式で58,480 μ Gy/minとなり112倍の差になっていた(Fig. 2)。

一方、患者皮膚入射線量は両方式において、さほど大きな差はないが、すべての被写体厚においてUnder Table方式の方が低かった(Fig. 3)。これはUnder Table方式の場合、撮影台によってX線が減弱されたためであった。

3-2 術者が鉛手袋を着用したときの線量測定

術者が鉛手袋を着用しないとき的手指被曝線量はUnder Table方式で424 μ Gy/min, Over Table方式で8,040 μ Gy/minであるのに対し、鉛手袋を着用したとき的手指被曝線量はUnder Table方式で208 μ Gy/min, Over Table方式で4,170 μ Gy/minであった(Fig. 4)。鉛手袋は、術者的手指被曝線量低減に効果があった。

3-3 術者的手指が照射野内に挿入されたときの線量測定

術者的手指が照射野中心にあり、透視条件に影響を及ぼすと、鉛手袋を着用していないときの術者手指被曝線量は、透視条件に影響を及ぼさないときのUnder Table方式で1.16倍, Over Table方式で1.13倍になった(Fig. 5)。また、鉛手袋を着用したときの術者手指被曝線量は、Under Table方式で2.22倍, Over Table方式で1.92倍となった(Fig. 6)。同様に、Under Table方式

Fig. 3 Skin dose rate of the patient according to bodily thickness.

Fig. 4 Finger contamination dose rate of the operator who wore the lead glove.

Fig. 5 Finger contamination dose rate of the operator, with finger inserted in the irradiation field (lead glove not worn).

の患者皮膚入射線量も1.84倍となった(Fig. 7)。更に鉛手袋を着用せず透視条件に影響を及ぼさないときと鉛手袋を使用して透視条件に影響を及ぼしたときの線量を比較するとUnder Table方式の場合、鉛手袋を使用した方が1.09倍多かった。なお、Over Table方式の場合はほとんど変わらなかった。

Fig. 6 Finger contamination dose rate of the operator, with finger inserted in the irradiation field (lead glove worn).

Fig. 7 Skin dose rate of the patient, with finger inserted in the irradiation field.

Fig. 8 Dose rate when changing PID (SID variable).

Fig. 9 Dose rate when changing PID (SID regular).

3-4 PIDと線量の関係

Under Table方式においてX線管焦点-患者間距離が一定の場合、PIDが10cm大きくなると術者手指被曝線量は1.31倍、患者皮膚入射線量は1.17倍増加した(Fig. 8)。これはSIDが大きくなることで透視条件が上昇し、その結果、双方の線量が増加したからであった。一方、SIDを一定にしてPIDを変化させた場合、PIDが10cm大きくなると術者手指被曝線量は1.30倍となり、X線管焦点-患者間距離を一定にした場合とほぼ同じなのに対し、患者皮膚入射線量は1.40倍と大きくなった(Fig. 9)。これはSID一定でPIDを離すため、透視条件は変わらないが、術者手指、患者皮膚双方ともX線管焦点に近づき線量が増すためである。特に患者皮膚はX線管焦点に非常に近くなるため線量の増加が大きかった。

4. 考 察

Over Table方式からUnder Table方式に変更することにより、X線は撮影台と被写体を透過し、直接術者の手指に曝することがないため、術者手指被曝は大幅に低減された。アクリル厚5cmの場合の低減率は約70%であったが、25cmでは約99%低減されていた。これは、腰椎などの比較的体厚の厚い領域の神経ブロックに特に有効である。ただし、患者皮膚入射線量は、両方式とも大差はなく、Over Table方式とUnder Table方式の有意差はない。

術者が鉛手袋を着用した場合の術者手指被曝線量は、着用しない場合と比較して、両方式とも約半減していることから、鉛手袋は術者手指線量被曝の低減に有用であるといえる。ただし、術者が鉛手袋を着用して、照射野内に手指を挿入し、透視条件に影響を及ぼ

した場合、手指の被曝線量は両方式とも約2倍の上昇となり、患者皮膚入射線量も増加した。術者の手指被曝低減のため、術者が鉛手袋を着用しても、装置の方式と検査手技によっては、その効果がないばかりか、却って被曝線量を増加させ、患者の被曝も増加することがある。

Under Table方式では、手技を行ううえでI.I.を離した方が作業しやすい。その際にPIDが大きくなるほど透視条件が上昇するため、術者手指被曝線量および患者皮膚入射線量は増加した。そのため、術者が支障のない範囲内で可能な限りPIDを小さくする必要がある。しかし、手技上の理由でPIDを大きくしなければならぬ場合には、SIDを固定せずにPIDとともにSIDも連動して大きくする方がよい。術者手指被曝線量は、PID固定と連動ではほぼ同等であるが、患者皮膚入射線量は、SID連動に比べSIDを固定した場合は、患者皮膚がX線管に近づきすぎて皮膚入射線量が増加するためである。

なお、Under Table方式は、術者の生殖腺の被曝が多いため⁵⁾、防護衣と鉛カーテン⁶⁾を組み合わせるなどで十分な遮蔽が必要と考える。また、I.I.に術者の清潔な手や穿刺針が触れて不潔になる場合が予想される。その防止のためにI.I.に滅菌カバーをすることで回避されると考える (Fig. 10)。

5. 結 語

- 1) Under Table方式は術者手指被曝低減に有用である。
- 2) 鉛手袋の着用も術者手指被曝低減に有用である。
- 3) 鉛手袋を着用する場合は透視条件の上昇に注意を払う必要がある。
- 4) Under Table方式は被写体厚が厚いほど術者手指被

Fig. 10 Sterilization cover and lead curtain.

曝低減の効果が高い。

- 5) Under Table方式ではPIDが大きくなる可能性がある。その場合はSIDを連動させる。

謝 辞

稿を終えるにあたり、ご協力いただきました当放射線部技師室諸氏にお礼申し上げます。また、ご助言いただきました国立循環器病センター、栗井一夫先生に感謝致します。

なお、本論文主旨は、日本放射線技術学会第58回総会学術大会(神戸)にて発表した。

参考文献

- 1) 若杉文吉 監修, 湯田康正, 塩谷正弘, 他: ペインクリニック診断・治療ガイド. 痛みからの解放とその応用. pp.2-3, 日本醫事新報社, 東京, (1998).
- 2) 若杉文吉 監修, 大瀬戸清茂, 塩谷正弘, 他: ペインクリニック. 神経ブロック法. pp.7-15, 医学書院, 東京, (2000).
- 3) 草間朋子: あなたと患者のための放射線防護Q&A. pp.88, 医療科学社, 東京, (1996).
- 4) 草間朋子, 甲斐倫明, 伴 信彦: 放射線健康科学. pp.87-89, 杏林書院, 東京, (1995).
- 5) 栗井一夫, 青木雄二, 伊藤敏夫, 他: 最近のX線診断領域における従事者の被曝の問題と防護衣の在り方検討班報告. 日放技学誌, 54(5), 687-696, (1998).
- 6) 久保淳子: 心臓カテーテル検査における被ばく低減の工夫. 循環器画像技術研究, No.20, 34, (2002).

図表の説明

- Fig. 1 測定配置
- Fig. 2 被写体厚別術者手指被曝線量率
- Fig. 3 被写体厚別患者皮膚入射線量率
- Fig. 4 鉛手袋着用時の術者手指被曝線量率
- Fig. 5 照射野内術者手指挿入時の術者手指被曝線量率(鉛手袋未着用)
- Fig. 6 照射野内術者手指挿入時の術者手指被曝線量率(鉛手袋着用)
- Fig. 7 照射野内術者手指挿入時の患者入射皮膚線量率
- Fig. 8 PID別線量率(SID連動)
- Fig. 9 PID別線量率(SID一定)
- Fig. 10 滅菌カバーと鉛カーテン