ノート

硬質ナイロンネットを利用した Shadow Tray の考案

獨協医科大学病院放射線部

* 放射線医学教室

沢 佳 延・佐 藤 和 久・仲 澤 聖 則*

小 黒 清・加 藤 幸 弘・坂 本 知 志

宇賀神 誠

(論文受理 1985年 8 月16日)

(最終論文受理 1986年 4 月18日)

(Code No. 763, 742)

Key words : High-impact nylon net, Shadow tray, Surface dose, 10 MV X-ray

HIGH-IMPACT NYLON NET AS IDEAL MATERIAL FOR SHADOW TRAY
IN HIGH-ENERGY PHOTON RADIOTHERAPYYOSHINOBU SAWA, KAZUHISA SATO, MASANORI NAKAZAWA,
KIYOSHI OGURO, YUKIHIRO KATO, TOMOYUKI SAKAMOTO
and MAKOTO UGAZIN

Department of Radiology, Dokkyo University Hospital

(Article received ; Aug., 16, 1985)

Summary

It is a well-known fact that skin injuries after high-energy photon beam radiotherapy are attributed to the secondary electron emitted from acrylic shadow trays. We applied, as a shadow tray material, a high-impact nylon net used generally for tennis rackets.

Comparative studies on surface doses in radiotherapy with Linac 10 MV (Toshiba) in conjunction with acrylic trays or the novel nylon net tray were carried out, with the facts being reported below.

In a clinical setting (i.e., source-to-chamber distance 90 cm, tray-to-surface distance 17 cm, field size $15 \times 15 \text{ cm}^2$), surface doses at a peak depth 25 mm were normalized to the value in the use of conventional trays (5 mm acrylic+10 mm acrylic) respectively in the following tray occasions.

a) 5 mm acrylic+high-impact nylon.

b) 7 mm lead-acrylic+high-impact nylon.

c) high-impact nylon+high-impact nylon.

Normalized data clearly showed improved reductions in the secondary electron of a) 23.6% b) 37.3% c) 42.6%.

The dramatical reduction (42.6%) in the surface doses thus far obtained by use of the high-impact nylon net tray would greatly benefit clinical radiotherapy.

1. 緒 言

放射線治療では照射野を整形する際、一般に shadow tray が用いられるが、tray より放出する二次電子により、入射皮膚表面の線量の増加が報告されている^{1)~3)}。入射皮膚表面すなわち表面線量の増加は、表皮下30~40 μm にある胚芽層と毛根下部の幼若細胞の浅部が影響を受けやすく、その結果として、皮膚障害が起こるとされている⁴⁾。したがってコリメータや遮蔽装置からの二次電子の寄与^{5)~11)}を可能な限り減少させ、高エネルギーX線治療の特徴である skin sparing effect を確保することが必要である。

今回著者らは、shadow tray の材質としてテニスのガット(硬質ナイロン)に着目し、硬質ナイロンネット tray を考案した。そして従来のアクリル製 tray と、硬質ナイロンネット tray の使用時における、10 MV X線の表面線量を比較検討の結果、アクリル製 tray と比べ二次電子の発生が減少することが判明し、日常の放射線治療に使用できることを確認したので報告する。

2. 実験材料および方法

2.1 使用機器材料

装置：ライナック10 MV X線 東芝 LMR-15

線源—コリメータ間距離55 cm

線源—tray 間距離73 cm

線量計：shallow 型電離箱 応用技研 AE-134D
chamber 0.157 ml

shadow tray (ϕ 36 cm)：5 mm アクリル+10 mm アクリル

5 mm アクリル+硬質ナイロンネット

7 mm 含鉛アクリル (30%重量)+硬質ナイロンネット

硬質ナイロンネット+硬質ナイロンネット

ファントム：MiX-DP

サイズ 30×30×20 cm

2.2 実験方法

2.2.1 硬質ナイロンネットの試作

放射線治療における表面線量軽減を目的とした硬質ナイロンネット tray の試作にあたっての基本条件は、

1) 二次電子を発生させない tray 材質を選択し、表面線量を増加させないこと。(放射線との物理的相互作用の少ない材質)

2) 透明であること。(照射業務の効率が良い)

3) 機械的強度が大であること。(安全性、耐久性)

4) 加工が容易であること。

5) 安価であること。(普及しやすい)

以上の5点を留意し、10 mm 厚アクリル円板 (36 cm ϕ) 2枚を、それぞれ22.5 cm ϕ で切りぬき、硬質ナイロン線を基盤の目のように張った。

2.2.2 線量測定

1) 表面線量の測定

照射野 5×5 cm²~30×30 cm², SCD : (Source-Chamber Distance) 80 cm~100 cm, TSD : (Tray-Surface distance) 7 cm~27 cm と変化させ、各 tray における表面線量を測定し、ファントムピーク線量に対する相対線量を求めた。線量測定は shallow chamber を用い、正負両極について測定し平均を読取値とした。

2) 各 tray 透過率の測定

tray の透過率は校正深50 mmにおいて、open beam の線量を100として、各 tray による線量を測定し相対値とした。

3) TPR の測定

散乱体(tray)が入ることによる浅表部に与える影響を知るために、SCD=90 cm, 照射野15×15 cm²における各 tray 材質による線量のピーク深のずれを測定した。

3. 結果および考察

3.1 硬質ナイロンネット tray の試作

Fig. 1 に従来使用のアクリル tray (A) と今回試作の tray (B) を示す。

線源側は中心部を20 mm 間隔、周辺部を15 mm 間隔に張り、患者側は10 mm 間隔とした。線源側を粗くしたのは、ネット全体のたわみを利用し鉛ブロックを固定するためである。患者側を細かくしたのは、強度をもたせ鉛ブロックが固定されたとき、鉛ブロックが歪まないようにするためである。このように張り目の間隔を変えることで、線源側を鉛ブロックの固定用板、患者側を支持板の役目をもたせた。なお、上下のネットはクロスヘヤ

Fig. 1 A: Conventional acrylic tray
B: Novel high-impact nylon net tray

(照射野確認光の中心)に対し重ならないように角度を付けて張った。

硬質ナイロンネット tray は照射野内にネットが投影されるので、多少の慣れが必要であるが、業務に支障をきたすことはない。

また、硬質ナイロンネット tray と鉛ブロックを擦り合わせると、鉛の方が摩耗するぐらいナイロン線は強度が高いので、鉛のエッジで tray の耐久性が低下することはない、患者側は細くなっている、万一ネットが切れても鉛ブロックは落下しないので安全である。

3.2 線量測定

3.2.1 表面線量の測定

各 tray による表面線量は、照射野 $5 \times 5 \text{ cm}^2 \sim 30 \times 30 \text{ cm}^2$ の各 tray におけるファントムピーク線量に対する相対表面線量を Fig. 2~6 に示すとおりである。

たとえば、照射野 $15 \times 15 \text{ cm}^2$, SCD=90 cm (TSD=17 cm) における相対表面線量は open beam : 15.6%, 硬質

Fig. 2 Relative surface dose from a Toshiba LMR-15 source-to-chamber distance 80 cm, field $5 \times 5 \text{ cm}^2$, 10 MV X-ray. Data for surface were normalized to a depth of 25 mm. Tray-to-surface distance 7 cm.

Fig. 3 Relative surface dose from a Toshiba LMR-15, source-to-chamber distance 85 cm, field $10 \times 10 \text{ cm}^2$, 10 MV X-ray. Data for surface were normalized to a depth of 25 mm. Tray-to-surface distance 12 cm.

Fig. 4 Relative surface dose from a Toshiba LMR-15, source-to-chamber distance 90 cm, field $15 \times 15 \text{ cm}^2$, 10 MV X-ray. Data for surface were normalized to a depth of 25 mm. Tray-to-surface distance 17 cm.

ナイロンネット tray : 17.8%, (7 mm 含鉛アクリル+硬質ナイロンネット) tray : 19.4%, (5 mm アクリル+硬質ナイロンネット) tray : 23.6%, 従来のアクリル tray (5 mm アクリル+10 mm アクリル) : 30.9%であった (Fig. 7).

また、open beam の相対表面線量を (1.0) とすると、硬質ナイロンネットは1.14, (7 mm 含鉛アクリル+硬質

硬質ナイロンネットを利用した Shadow Tray の考案 (沢・他)

Fig. 5 Relative surface dose from a Toshiba LMR-15, source-to-chamber distance 95 cm, field 20×20 cm², 10 MV X-ray. Data for surface were normalized to a depth of 25 mm. Tray-to-surface distance 22 cm.

Fig. 7 Relative surface dose from a Toshiba LMR-15, source-to-chamber distance 90 cm 10 MV X-ray. Data for surface were normalized to a depth of 25 mm. The collimation system extends to 55 cm from the source. Four different trays were placed at a source-to-tray distance of 73 cm, resulting in a tray-to-phantom entrance distance of 17 cm.

Fig. 6 Relative surface dose from a Toshiba LMR-15, source-to-chamber distance 100 cm, field 30×30 cm², 10 MV X-ray. Data for surface were normalized to a depth of 25 mm. Tray-to-surface distance 27 cm.

Fig. 8 Relative surface dose from a Toshiba LMR-15, source-to-chamber distance 90 cm 10 MV X-ray. Data were normalized respectively to surface doses of open beam according to width of square fields. The collimation system extends to 55 cm from the source. Four different trays were placed at a source-to-tray distance of 73 cm, resulting in a tray-to-phantom entrance distance of 17 cm.

ナイロンネット)は1.24(5mm アクリル+硬質ナイロンネット)は1.51アクリル tray は1.98と増加した (Fig. 8).

すなわち、表面線量の軽減は照射野 $15 \times 15 \text{ cm}^2$, SCD=90 cm (TSD=17 cm) において、従来のアクリル tray と比較すると (5mm アクリル+硬質ナイロンネット) では、23.6%, (7mm 含鉛アクリル+硬質ナイロンネット) では37.6%, さらに、今回試作した硬質ナイロンネットでは、42.6%の軽減であった。

2) 各 tray 透過率の測定

各 tray の透過率は Table 1 に示す。

Table 1 Transmission data of each tray were normalized doses to open beam dose (depth at 50 mm from surface) as 100%.

Tray Material	Transmission (%)
Open Beam	100
High-impact Nylon Net + High-impact Nylon Net	99.9
5 mm Acrylic + High-impact Nylon Net	97.4
5 mm Acrylic + 10 mm Acrylic	96.6
7 mm Lead Acrylic + High-impact Nylon Net (30% weight)	95.6

今回試作した硬質ナイロンネット tray は、透過率が99.9%と高く、また各 tray と比較すると、(7mm 含鉛アクリル+硬質ナイロンネット) tray より4.3%高く、従来のアクリル tray (5mm アクリル+10mm アクリル) tray より3.3%, (5mm アクリル+硬質ナイロンネット) tray より2.5%高い値となった。

3) TPR の測定

各 tray 材質による TPR の結果は Fig. 9 に示す。

それぞれピーク深の大きなずれはなくピークからの深部線量もあり変化はないが浅表部に与える影響は大であることがわかる。

放射線皮膚障害は、皮膚の紅班から硬結まで種々の生体反応を示すが、これは組織学的には表皮下30~40 μm の浅部で起こるとされている⁴⁾。したがって今回、硬質ナイロンネットを材質とした tray の試作により表面線量の著明な改善をなしたことは、この放射線皮膚障害の軽減に直接的に結びつくといえよう。

臨牀的に照射野が不整形となるのは、一般に頭頸部、胸腹部であるが、それらの部位の成人の厚さは約20 cm

Fig. 9 Tissue-peak dose ratio from a Toshiba LMR-15, source-to-chamber distance 90 cm, field $15 \times 15 \text{ cm}^2$, 10 MV X-ray. Data for surface were normalized to a depth of 25 mm. Tray-to-surface distance 17 cm.

であり、通常対向二門照射が多く、病巣の深さを10 cm とすると、ライナックの線源—tray の下端までの距離は73 cm であり、STD=100 cm で照射を行うと必然的にTSD=17 cm となる。

硬質ナイロンネット tray の使用は、従来の (5mm アクリル+10mm アクリル) tray に比べ、各照射野で表面線量が大幅に軽減することが明らかとなった。照射野 $15 \times 15 \text{ cm}^2$ で42.6%軽減するということは、胸腹部領域の総病巣線量が40~50 Gy のとき、硬質ナイロンネット tray を使用すればアクリル製 tray より、表面線量を6~8 Gy 軽減させることが可能である。このことは、放射線治療に伴う一般的な障害の軽減に貢献することとなる。

4. 結 論

1) 重量鉛ブロックに対し、高い機械的強度を有する硬質ナイロンネット tray を試作した。

2) この tray は2次電子の発生が少なく、透過率は99.9%であり、tray 材質として極めて有用である。

3) 従来のアクリル tray から硬質ナイロンネット tray にすることにより、照射野 $15 \times 15 \text{ cm}^2$ で表面線量を42.6%軽減することができた。このことは、放射線治療に伴う一般的な障害の軽減に貢献すると思われる。

文 献

硬質ナイロンネットを利用した Shadow Tray の考案 (沢・他)

- 1) 佐藤貞男, 羽鳥昇, 浦野晴哉, 他: テーブルトリミング等よりの2次線の影響について. 日放技学会予稿集, **26**, 173, (1970).
- 2) 五十嵐均, 佐藤貞男, 小山一郎, 他: シャドートレイの考案 (LMR-13). 日放技学会予稿集, **32**, 504-505, (1976).
- 3) 高羽順子, 玖島利男, 升屋亮三, 他: 10 MV LINAC X線のアクリル樹脂による相対的表面線量評価. 日放技学会予稿集, **39**, 314, (1983).
- 4) William TM, William NB, Hector B: Radiation oncology. The C.V. Mosby Co., London., pp. 52-60, (1979).
- 5) 日野栄記, 木村正一: Telecobalt 装置における表面線量について, 日放技学会予稿集, **31**, 126-127, (1975).
- 6) 日野栄記, 木村正一: Telecobalt 装置における表面線量について (第2報). 日放技学会予稿集, **32**, 490-491, (1976).
- 7) 川又郁夫, 津田政行, 桂田忠道, 他: 各種線量計による浅表部の線量測定. 日放技学会予稿集, **35**, 244, (1979).
- 8) 藤井博, 馬場俊行: 10 MV X線ビームにおける, ボーラスの位置および厚さによる, 表面近傍の PDD 曲線の変化と傾向. 日放技学会予稿集, **38**, 455, (1982).
- 9) 吉浦隆雄, 寺田邦広, 小川正人: Telecobalt 60 治療装置における光透過性二次電子フィルタの検討, 日放技学会予稿集, **40**, 224, (1984).
- 10) Huang D, Williams S, Chaney E: Evaluation of lead acrylic as a filter for contaminant electrons in megavoltage photon beams. Med. Phys., **10**, 93-95, (1983).
- 11) Bova FJ, Hill LW: Surface doses for acrylic versus lead acrylic blocking trays for Co-60, 8-MV, and 17-MV Med. Phys., **10**, 254-256, (1983).
- 12) 日本医学放射線学会物理部会編: 放射線治療における ^{60}Co ガンマ線および高エネルギー X 線の吸収線量の標準測定法, 通商産業研究社, 東京, (1973).
- 13) 社団法人, 日本放射線技術学会: 放射線技術学用語集, 日本放射線技術学会, 京都, (1984).
- 14) 岡島俊三: 医学放射線物理学, 治療のための物理, 南山堂, 東京, pp. 299-361, (1980).
- 15) Sampiere VA, Khan FM, Delclos L: Treatment aids for external-beam radiotherapy. "Technological basis of radiation therapy: Practical clinical applications" by Levitt, S.H., Tapley, N., Lea & Febiger, Philadelphia, pp. 13-37, (1984).