断層撮影におけるファントム型補償フィルタの応用 (岡山・迎・伊藤・橋田・稲葉・藤川・田中・山下・横山・中西)

原 著

断層撮影におけるファントム型補償フィルタの応用

山口大学医学部附属病院放射線部

岡 山 昭 雄・迎 英 紀・伊 藤 実 穂
橋 田 昌 弘・稲 葉 伸 生・藤 川 津 義
田 中 貞 人・山 下 英 昭・横 山 敬
中 西 敬

(論文受理 昭和55年10月6日)

(Code No. 24430, 21430)

APPLICATION OF PHANTOM TYPE COMPENSATING FILTER IN TOMOGRAPHY

By AKIO OKAYAMA,
HIDEKI MUKAE,
MITSUO ITOH,
MASAHIRO HASHIDA,
NOBUO INABA,
TSUYOSHI FUJIKAWA,
SADATO TANAKA,
HIDEAKI YAMASHITA,
TAKASHI YOKOYAMA and
TAKASHI NAKANISHI

Department of Radiology,
Yamaguchi University Hospital.

(Article received; Oct., 6, 1980)

Summary

We reported a new device of phantom type compensating filters for pulmonary hilar tomography with polytome U at the 35th annual meeting of the Japanese society of radiological technology. This report is to show application of this compensated method to the head, the hip joint and the lower thoracic spine in tomography. Using the filters optimal density can be obtained in all area of aim part on a X-ray film, and thus makes to get more information.

1) In the head clear shadow of pars nasalis, sinus paranasales and sella turcica is obtained. Destruction or defect of bone contour is easily detected. It is also useful to differentiate the disorders and to determine the expansivity of the lesion.

2) In the hip joint this method has advantages over the ordinary method. There is a few misdiagnosis

in trochanteric lesions such as tuberculosis or bone tumor, because of high density at the trochanteric region in ordinary method, but in this method optimal density can be obtained, and misdiagnosis is improved. Soft tissue is sharply visualized, indicating usefulness in diagnosis of existence of hematoma or abscess.

3) In the lower thoracic vertebra it is useful to diagnosis of the thoracic spondylosis, tuberculous spondylitis and compression fracture of the vertebral body, since optimal density of the spine can be obtained.

It is also quite useful to detect small ossifications in the vertebral foramen in ossification of the flavum ligament.

1. 緒 言

濃度補償フィルタの使用は過濃度域を適正濃度にし、1枚のフィルム上における読影可能域を上げ、その相関関係を把握し情報量を増加すると同時に被曝線量の低減にもつながることは周知のところでありすでに多くの報告がある^{1)~13)}。

著者らはポリトームUの全ての軌道に適用出来るファントム型補償フィルタを考案し、肺門部断層撮影に使用しその有用性について報告した¹⁴⁾が、今回はさらに頭部側面断層撮影時における前頭洞、眼窩、上顎洞等の前壁から後壁、蝶形骨洞へかけての濃度差、また股関節部断層撮影時における大転子から大腿骨骨頭、寛骨臼にかけての濃度差、および下部胸椎側面断層撮影時において脊椎の走行が肺から腹部へ移行するために生じる濃度差等を改善するためこの補償法を応用し、これらの部位における補償フィルタをそれぞれ作製使用し臨床上好結果を得たので報告する。

2. 使用機器及び材料

X線発生装置: KXO-1250 (C)

断層撮影装置: ポリトームU

使用管電圧: 80 kV

使用軌道: ハイポサイクロイダル

増感紙: 極光 LH-II

グリッド: ratio 10:1

測定器: サクラデシトメータ PDA-11

サクラマイクロホメータ PDS-15

極光 TLD 1300 MSO-S 素子

ホルダー-F (Sn フィルタ付)

X線用フィルムバッジ

ファントム: Mix-Dp

Mix-Dp 頭部ファントム

人骨入り頭部ファントム

フィルタ材: コンラキシンL

イソプロピルアルコール

アララダイトラピッド

アクリルライト板 (5 mm) 木材

3. 方 法

3.1 補償方法

Fig. 1 に示すごとく、X線管と被写体との間に被写体の1/2.5縮小型ファントムをセットし、このファントムをX線管の軌道と同じ軌道上を被写体に対して常に平行に動かすことにより、ファントムの拡大された投影像と被写体との位置関係がいかなる角度からの曝射においても常に一致するようにし、高濃度側つまり補償を必要とする部位にコンラキシンLの希釈液を入れ、これにより過線量を減弱せしめ目的部位全域の濃度が一樣になるようにした。Fig. 2 にその機構を示す。

3.2 頭部用補償フィルタの作製方法

まず頭部側面厚を求めるため 100 例について測定した結果、その厚さの平均値は 15.5 ± 0.7 cm であった。

そこで作製するファントムは1/2.5の縮小型としたの

Fig. 1 Compensated method in this study.

断層撮影におけるファントム型補償フィルタの応用 (岡山・迎・伊藤・橋田・稲葉・藤川・田中・山下・横山・中西)

Fig. 2. Mechanism to move compensating filter in parallel with object.

Fig. 3. Compensating filter for the head.

で側面厚を 6.2cm とし、測定を行った患者の頭部X線フィルムおよび人体局所解剖図譜¹⁵⁾を参照し、他のサイズについてはこれを基準に比例配分した頭部ファントムを木材にて作製し周囲をアクリルライト板にて囲った。

Fig. 3 に作製した補償フィルタを示す。

次に Mix-Dp 15.5 cm 厚の濃度が 1.0 になる撮影条件下においてコンラキシン L 液 (厚さ 6.2 cm) を補償フィルタの装着位置にセットし、濃度 (W/V%) による濃

Fig. 4 Relationship between density and concentration of conraxin-L (W/V%) under exposure factor of 1.0 density at 15.5 cm in thickness of Mix-Dp phantom.

度減弱曲線を求めた。それを Fig. 4 に示す。その結果この表より濃度を 1.0 に補償するのに必要なコンラキシン L 液の濃度は 9.0 W/V% と求められる。

3.3 股関節用補償フィルタの作製方法

100 例における天板より鼠蹊部までの厚さの平均値は 16.3 ± 1.5 cm, 第 5 腰椎部における腹厚 (腹式呼吸時) は 18.3 ± 2.0 cm であった。

そこで頭部用と同様に第 5 腰椎部 18.3 ± 2.0 cm の 1/2.5 である 7.3 cm を基準として縮小型ファントムを作製した。それを Fig. 5 に示す。

次に Mix-Dp 18.3 cm 厚の濃度が 1.0 になる撮影条件下においてコンラキシン L 液 (7.3 cm 厚) の W/V% による濃度減弱曲線を求めた。それを Fig. 6 に示す。

その結果濃度を 1.0 に補償するのに必要なコンラキシン L 液の濃度は 9.5 W/V% と求められる。

3.4 胸椎用補償フィルタの作製方法

側臥位時の第 10 胸椎部の腹式呼吸時の 100 例における平均値は前後 18.8 ± 1.9 cm, 側面 25.9 ± 2.0 cm であった。

そこで他と同様にこれらの厚さを基準にとり、他のサイズは比例配分として 1/2.5 に縮小した肺のファントムを Fig. 7 に示すように木材にてまず作製し、次にこのファントムをアラルダイトラピッドで型をとり作製した。

Fig. 5 Compensating filter for the hip joint.

Fig. 7 Lung phantom made of wood.

Fig. 8 Compensating filter for the thoracic vertebra.

Fig. 6 Relationship between density and concentration of conraxin-L (W/V%) under exposure factor of 1.0 density at 18.3 cm in thickness of Mix-Dp phantom.

Fig. 8 にその補償フィルタを示す。

また50例において側面撮影時の腹部における胸椎体部の濃度を1.0とした時の胸部における胸椎体部の濃度を

測定した結果その平均値は2.5であった。

次に Fig. 9 に示すような配置で Mix-Dp ファントムを置き、26 cm 厚のところが濃度1.0になる撮影条件下において、a, cは2 cm 一定としbの厚さを変えることにより濃度曲線を求めたものが Fig. 10 である。

その結果平均濃度値2.5に相当する Mix-Dp の厚さ (a + b + c) は26 cm に対して18.5 cm であった。

下部胸椎から上部腰椎にかけての濃度差は左右の肺により起っており、濃度補償は左右それぞれの肺における過透過線量の調整を行えばよい。

被写体における椎体上の濃度差はその位置における前額方向の肺の左右を加えた厚さを補償するコンラキシンL液の濃度 (W/V%) を用いればよいことになる。

そこで、第10胸椎の高さの水平断面において椎体中心部を通る前額方向における肺の左右の厚さは100例の側面平均厚 25.9 ± 2.0 cm から人体局所解剖図譜より求めるとその1/2.5はそれぞれ2.8, 3.4 cm であり左右の和は6.2 cm であった。

Fig. 9 において Mix-Dp 26 cm 厚のところが濃度1.0になる撮影条件下にて補償側の Mix-Dp の合計の厚さ

Fig. 9 Schematic representation of Mix-Dp phantom to calculate density curve corresponded to thickness of b under exposure factor of 1.0 density at 26 cm in thickness of it.

Fig. 10 Density curve calculated in method of Fig. 9.

を 18.5 cm とし、補償フィルタをセットする位置にコンラキシン L 液 6.2 cm 厚を入れた容器を置きその濃度 (W/V%) を変えることにより求めた濃度減弱曲線が Fig. 11 の実線であり、0.3 W/V% であった。

また個々の症例による濃度差を補償するため ± 0.5 について求めると Fig. 10 より Mix-Dp 26 cm 厚に対しそれぞれ 15.0, 21.5 cm であった。

平均的濃度に対し +0.5 の濃度補償を行うコンラキシン L 液の濃度 (W/V%) は Fig. 11 の破線に示し 5.1 W/V

Fig. 11 Relationship between density and concentration of conraxin-L (W/V%) under exposure factor of 1.0 density at 26 cm in thickness of Mix-Dp phantom.

— Curve of compensated density in standard condition.
 --- Curve of compensated density in 0.5 density added to standard condition.

V% と求められる。

−0.5 の濃度補償を行う位置の Mix-Dp の厚さは 21.5 cm であり、その差は 4.5 cm となる。ここで補償フィルタの左右の肺の厚さの和は 6.2 cm (第 10 脳椎の高さの水平断面において椎体中心部を通る前額方向における肺の左右の厚さの和) であり、肺のファントムとしては水よりも比重の小さいものでなければならない。

そこで Fig. 9 の方法で補償フィルタのセット位置にイソプロピルアルコール 6.2 cm 厚を入れた容器を置き、Mix-Dp 26 cm 厚のところが濃度 1.0 になる撮影条件下において b の厚さを変えることにより濃度曲線を求めたものが Fig. 12 である。

その結果 21 cm において濃度が 1.0 となり、これをファントムに注入すると Fig. 10 より平均的濃度補償に対し −0.4 の濃度補償をすることになる。

3.5 被曝線量の測定方法

頭部側面断層撮影時において、Mix-Dp を用い頭部ファントムを作製し、鼻根点の高さのドイツ水平面に対して平行する水平断面に、Fig. 13 に示す配置に穴をあけ TLD 素子を挿入し、補償フィルタ使用時、未使用時の

Fig. 12 Density curve calculated according to the change of b-thickness under exposure factor of 1.0 density at 26 cm in thickness of Mix-Dp phantom in Fig. 9.

Fig. 13 Measurement site to exposure doses.

前面を目的として撮影した時および中心部を目的として撮影した時について10回測定しその平均値を採用し、フィルムバッジにて実効エネルギーを求め極光資料より校正した。

なお曝射条件は人骨封入頭部ファントムを使用し、フ

ィルタ使用および未使用時の中心部を目的とした時については蝶形骨洞中心部の濃度が1.0となる撮影条件下、前面を目的とした時については通常の撮影時に使用する条件でグリッド未使用、管電圧 60 kV を使用し鼻根部の濃度が1.0になる条件下とした。

4. 結果および考察

4.1 頭部用補償フィルタ

Fig. 14a はフィルタ未使用にて前面に撮影条件を設定し鼻根部の濃度を1.0にした症例であるが読影出来る範囲は前篩骨洞までであり後篩骨洞の読影は困難となり蝶形骨洞、トルコ鞍等は読影出来ない。

またこの症例は前面に撮影条件を設定したにもかかわらず鼻部の軟部組織は過濃度となり読影困難である。

Fig. 14b はフィルタ未使用にて中心部に撮影条件を設定し蝶形骨洞中心部の濃度を1.0にした症例であるが前篩骨洞より前方の読影は困難である。

Fig. 14c にフィルタ使用時の症例を示す。このように補償フィルタの使用は鼻部における軟部組織から蝶形骨洞、トルコ鞍までの全域が1枚のフィルム上において読影可能となった。

これは鼻骨、鼻腔、副鼻腔、トルコ鞍等の形状、大きさまたこれらの骨壁の破壊、欠損像が詳細に観察出来、その疾患の炎症と悪性腫瘍との鑑別、それらの病変の進展範囲の決定等にとって有用であると考えられる。

補償フィルタの位置合せは照射野ランプを利用し、この透過光が頭部前壁より約 1 cm 内側になるようにセットする。

4.2 股関節用補償フィルム

Fig. 15a はフィルタ未使用にて大転子部に撮影条件を設定し、この部を濃度1.0、Fig. 15b はフィルタ未使用にて大腿骨骨頭、寛骨臼部に撮影条件を設定し大腿骨骨頭中心部を濃度1.0にした症例であるがともに撮影条件を設定した部位以外は過濃度あるいは濃度不足となり目的とした部位全域の読影は困難となっている。

Fig. 15c にフィルタ使用時の症例を示す。軟部組織から大転子、大腿骨骨頭、寛骨臼部まで濃度が適正化され1枚のフィルム上において股関節部全域が読影可能となった。

通常この部を撮影する場合は大腿骨骨頭、寛骨臼等に撮影条件を設定することがほとんどである。そのため大転子部が過濃度となり読影が困難となり大転子部の結核、骨腫瘍等が股関節部痛を訴えながら見落されることが少なからずありうる。しかしこのフィルタを使用すること

Fig. 14 Filtered versus unfiltered tomographs of the same patient.

- (a) Unfiltered tomograph of the lateral region.
- (b) Unfiltered tomograph of the medial region.
- (c) Filtered tomograph.

Fig. 15 Filtered versus unfiltered tomographs of the same patient.

- (a) Unfiltered tomograph of the lateral region.
- (b) Unfiltered tomograph of the medial region.
- (c) Filtered tomograph.

により大転子部までが適正濃度化され読影可能となり診断能が向上した。また軟部組織まで読影出来ることは外傷による出血、カリエス膿瘍が形成された場合特に有用である。

補償フィルタの位置合せは頭部用と同様に照射野ランプを利用し、この透過光が股関節側壁から 2 cm 内側になるようにセットする。

なおこの部位における補償フィルタの使用は瘦型の被写体においてその有用性は高い。肥満型の被写体についてはフィルタ未使用にて大腿骨骨頭、寛骨臼部側を適正

濃度にした場合軟部組織までは読影出来ないが大転子部においてはかなり高濃度とはなるが読影出来ないことはない。

4.3 胸椎用補償フィルタ

Fig. 16a は胸部における胸椎に撮影条件を設定し第10胸椎体の濃度を1.0とし、**Fig. 16b** は腹部における胸椎に撮影条件を設定し第12胸椎体部の濃度を1.0とした時のフィルタ未使用時の症例である。

この場合も頭部や股関節部と同様にフィルタ未使用時においては撮影条件を設定した部位以外は過濃度あるいは

Fig. 16 Filtered versus unfiltered tomographs of the same patient.
 (a) Unfiltered tomograph of the upper region.
 (b) Unfiltered tomograph of the lower region.
 (c) Filtered tomograph.

は濃度不足となり、目的部位全域の読影は困難となり一方を犠牲にしなければならない。

Fig. 16c にフィルタ使用時の症例を示す。このようにこのフィルタの使用は下部胸椎全域および上部腰椎までの濃度が適正化され、また胸部における胸椎体部を適正濃度にした時はその部における椎間関節周辺部においても濃度不足となり読影が困難であったがこの部位の濃度も改善され読影可能となり診断域が拡充された。

このことは胸腰椎移行部に発生しやすい胸椎症、脊椎カリエス、脊椎圧迫骨折、特に胸椎下部から腰椎上部にかけて連続的に発生することが多い黄色靭帯骨化等において有用である。

補償フィルタの位置合せは前後、側面の単純写真（呼吸時）を利用し、左右の横隔膜の高低およびその時の椎体部に対する位置を把握のうえ行っているが呼吸状態の相違によりフィルタの位置に若干の狂いを生じることもあるが読影上はさほど支障はないようである。

3種類のフィルタの選択にあたっては、前後・側面の単純写真をマイクロホトメータにて測定のうえ、側面の平均的濃度2.5を基準にし、前後面において左右の肺の濃度差はなく側面の濃度差が平均値に対して $+0.5$ 以上あるいは -0.4 以下の場合は両側とも高濃度もしくは低濃度補償用を使用する。

また前後面において左右の肺に濃度差があり側面においては平均値に近い場合は左右別々に高濃度および低濃度補償用を使用し、平均値に対して $+0.5$ 以上あるいは -0.4 以下の場合はそれぞれ片側のみ高・低濃度補償用

の使い分けをした。

この場合片側だけではおよそ濃度 $+0.25$ および -0.20 の濃度補償であり問題が残るところであるが、実際には肺門部断層撮影時における補償のようにかならず肺になんらかの異常がある場合と違って左右の肺の濃度に大きな差のある症例は少なく瘦型、肥満型等による濃度差が多く左右別々の濃度補償用の使用を必要とする症例は少ない。

4.4 被曝線量

頭部側面断層撮影時における被曝線量を **Fig. 17a** に上方側頭部、**b**に中心部、**c**に下方側頭部の線量を示し、実線は補償フィルタ使用時、破線、一点斜線はそれぞれ未使用時の中心部および前面に撮影条件を設定した時の線量を示す。A、Bはそれぞれ上方、下方の水晶体における線量であり、A、Bはフィルタ使用時、A'、B' および A'', B'' はそれぞれ未使用にて中心部、前面に撮影条件を設定した時の線量を示す。

まずフィルタ未使用時の中心部に撮影条件を設定した時と使用時の線量を比較すると鼻根部においては170 mrem に対して15 mrem となり未使用時の8.8%に低減し、上方、中心、下方部とも後方になるにしたがいその差は少なくなり中心部においてはほぼ同線量となった。

これはこのフィルタの補償方法と一致する。

つぎにフィルタ未使用時の前面に撮影条件を設定した時と使用時の線量を鼻根部において比較すると53 mrem に対して15 mrem であり未使用時の28.3%に低減した。

これは未使用時において鼻根部を濃度1.0にしたにも

断層撮影におけるファントム型補償フィルタの応用 (岡山・迎・伊藤・橋田・稲葉・藤川・田中・山下・横山・中西)

Fig. 17 Exposure doses of the head.

—, A, B, Filtered; exposure doses under exposure factor of 1.0 density at the center of sphenoidal sinus. (80 kVp, with grid ratio 10 : 1).

----, A', B', Unfiltered; exposure doses of the medial region under exposure factor of 1.0 density at the center of sphenoidal sinus. (80 kVp, with grid ratio 10 : 1).

- · - ·, A'', B'', Unfiltered; exposure doses of the lateral region under exposure factor of 1.0 density at the nasion. (60 kVp, without grid)

A; upper lens.

B; lower lens.

(a) upper temporal plane.

(b) medial plane.

(c) lower temporal plane.

かわらずなお鼻部の軟部組織は過濃度となり読影が困難であったが使用時においてはこの部まで適正濃度化していた結果と一致する。

また水晶体におけるフィルタ未使用時の中心部に撮影条件を設定した場合と使用時を比較すると上方側で 150 mrem に対し 19 mrem, 下方側で 127 mrem に対し 16 mrem とそれぞれ 12.7%, 12.6% と低減した。

ここで仮りにフィルタ未使用にて前面, 中心部と二度に分けて撮影したとするならば鼻根部において 15 mrem に対し 223 mrem となり, 6.7%, また上方側の水晶体は 19 mrem に対し 199 mrem, 下方側は 16 mrem に対し 169 mrem とそれぞれ 9.5% になりその低減は著しい。

しかし臨床上で二度に分けて撮影する場合は読影不能域は絞り込んで撮影するためこの数値ほどは低減しないと考えられる。

なお胸椎, 股関節部においては適当なファントムの入手が困難であったので測定を断念した。

5. 結 論

著者らは頭部側面, 股関節, 下部胸椎側面断層撮影時におけるファントム型補償フィルタを作製使用し次のよ

うな結論を得た。

1) これらの補償フィルタの使用はそれぞれの臨床例において 1 枚のフィルム上に目的部位全域が適正濃度化され診断域が拡大する。

2) 頭部においては鼻部, 副鼻腔, トルコ鞍等の形状, 大きさまたこれらの骨壁の破壊, 欠損像が詳細に観察出来, その疾患の炎症と悪性腫瘍との鑑別, それらの進展範囲の決定等にとって有用である。

3) 股関節部においては通常大転子部が過濃度となり股関節部痛を訴えながらこの部の結核, 骨腫瘍等の見落としがややもするとあるがこれが改善されるとともに軟部組織まで読影出来ることは外傷による出血, カリエス膿瘍が形成された場合にも特に有用である。

4) 胸椎部においては胸腰椎移行部に発生しやすい胸椎症, 脊椎カリエス, 脊椎圧迫骨折, 特に胸椎下部から腰椎上部にかけて連続的に発生することが多い黄色靱帯骨化等において有用である。

5) 頭部における被曝線量はフィルタ未使用時の中心部に撮影条件を設定した時と使用時の線量を比較すると鼻根部においては 8.8%, 水晶体においては上方側, 下方側ともに約 13% に低減する。

稿をおえるにあたり、本研究に御協力頂いた当大学整形外科教室、河合伸也助教授に深甚の謝意を表す。

本論文の要旨は、昭和55年5月、仙台における第36回日本放射線技術学会総会において発表した。

文 献

- 1) 佐藤貞男, 他: X線写真の濃度不均一を改善する方法, 日放技学誌, **23**, 193-201, 1967.
- 2) 沢田晟一: X線写真の濃度補償法の検討第1報, 粉末補償法について, 日放技学誌, **23**, 314-318, 1967.
- 3) 河野 孟: 血管心臓造影法における写真濃度補整 Filter の考案, 日放技学誌, **23**, 367-372, 1968.
- 4) 柏 英和, 他: 形状補償フィルターについて, **24**, 200-207, 1968.
- 5) 堀部紀夫: X線撮影時の Paper Filter の検討, 富士 X-レイ研究, **82**, 8-12, 1969.
- 6) 山下和秀: 円弧式自動補償フィルタによるX線写真濃度均一化について, 日放技学誌, **28**, 29-36, 1972.
- 7) 井関昭夫, 他: 黒鉛補償フィルタの検討について (第1報), 日放技学誌, **28**, 37-45, 1972.
- 8) 沢田武司, 他: 胸椎撮影用フィルタについて (paper filter の使用), 日放技学誌, **28**, 195-201, 1972.
- 9) 井関昭夫, 他: 回転速度可変 Slit によるX線写真濃度補償の検討について, 日放技学誌, **31**, 13-16, 1975.
- 10) Fred, H., Edwards, M. S. and Charles, E. Pfeil, R. T.: Use of a Compensating Filter in Lung Hilus Tomography, Radiology, **121**, 745-747, 1976.
- 11) 沢田晟一, 他: 補償撮影法, 第2報, プラッシュェル・フィルタ法について, 日放技学誌, **34**, 25-33, 1978.
- 12) 中西 敬, 他: 肺門部 tomography における Compensating filter の使用経験, 断層研究会誌, **6**, 45-47, 1978.
- 13) 岡山昭雄, 他: 肺門部断層撮影における補償フィルタ, 日放技学誌, **34**, 501-506, 1979.
- 14) 岡山昭雄, 他: 肺門部断層撮影における補償フィルタ, 多軌道断層撮影装置における補償, 日放技学誌, **36**, 20-28, 1980.
- 15) 西 成甫: 人体局所解剖図譜, 金原出版, 東京, 1974.