



Title	全身照射用三次元補償フィルターの作成と基礎的臨床的研究
Author(s)	坪井, 慶太; 上紺屋, 憲彦; 和泉, 正幸 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1999, 59(13), p. 782-787
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16000
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

全身照射用三次元補償フィルターの作成と基礎的臨床的研究

坪井 慶太¹⁾ 上紺屋憲彦¹⁾ 和泉 正幸¹⁾ 入江 美和¹⁾ 武元 良整²⁾ 垣下 榮三²⁾
 甲斐 俊郎³⁾ 原 宏³⁾ 山本 益嗣⁴⁾ 谷澤 隆邦⁴⁾ 中尾 宣夫¹⁾

1) 兵庫医科大学放射線医学教室 2) 同第二内科 3) 同輸血部 4) 同小児科

Fundamental and Clinical Study of Three-dimensional Compensating Filters and Direct Dose Monitoring System for Total Body Irradiation

Keita Tsuboi,¹⁾ Norihiko Kamikonya,¹⁾
 Masayuki Izumi,¹⁾ Miwa Irie,¹⁾
 Yoshinobu Takemoto,²⁾ Eizo Kakishita,²⁾
 Syunrou Kai,³⁾ Hiroshi Hara,³⁾
 Masuji Yamamoto,⁴⁾ Takakuni Tanizawa,⁴⁾
 and Norio Nakao¹⁾

We devised 3D-compensating filters to improve dose distribution during total body irradiation (TBI). This study investigated the effect of these 3D-compensating filters and related complications in patients who had undergone bone marrow transplantation (BMT) followed by TBI. The 3D-compensating filters were fabricated by CT measurement of body thickness. The effectiveness of the 3D-compensating filters in producing a homogeneous dose distribution was checked by a thermoluminescent dosimeter (TLD) and semiconductor detectors in all patients. At the pelvis, the dose was measured simultaneously with an ionization chamber. The average dose distribution to each site when the 3D-compensating filter was used was 93% to the head, 97% to the neck, 99% to the thorax, and 98% to the pelvis in TLD when the scheduled dose was taken as 100%. There was no significant difference between the TBI and non-TBI groups with regard to the frequency of lung toxicity. Clinical interstitial pneumonitis occurred in 22.7% of the patients, interstitial pneumonitis with CMV in 13.6%, and idiopathic pneumonitis in 6.1% without any virus infection. Only one patient was regarded as having radiation-induced pneumonitis.

3D-compensating filters can be conveniently produced within a short time following CT measurement, and they seem to be safe and useful for dose flattening during TBI.

Research Code No.: 601

Key words: Total body irradiation, Bone marrow Transplantation, Leukemia

Received July 26, 1999; revision accepted Sept. 30, 1999

- 1) Department of Radiology, Hyogo College of Medicine
 2) Second Department of Internal Medicine, Hyogo College of Medicine
 3) Department Transfusion Medicine, Hyogo College of Medicine
 4) Department of Pediatrics, Hyogo College of Medicine

緒言

近年造血器腫瘍に対する根治的治療として、骨髄移植 (bone marrow transplantation: BMT) が広く行われている。BMTの発展とともにその前処置として、白血病細胞を根絶できる可能性を持ち、かつ強い免疫抑制作用を持つ全身照射 (total body irradiation: TBI) も広く行われるようになった。兵庫医科大学病院においても、現在までTBIを前処置としたBMTを110例経験している。TBIの照射方法に関しては、体厚の異なる部分への均等な照射を行うため、また施設による照射装置・放射線治療室の広さなどの物理的制約に対し、さまざまな工夫が成され報告されている^{1)~8)}。当院においても均一な線量分布を期待し、当初10MV X線で鉛板による頭頸部・肺補償フィルターを用いてTBIを行っていた^{9), 10)}。しかしながら、さらなる線量分布の均一性と表面線量の改善のため、1990年からは4MV X線を使用しCTにて体厚測定のうち、アクリル樹脂製の患者個別の三次元補償フィルターを作成し、その基礎研究に関してすでに日本放射線技術学会にて報告している。本論文では当院におけるTBI用三次元補償フィルターによる照射方法と現在までの臨床経験を報告する。

対象

対象は1991年8月から1997年6月まで兵庫医科大学病院にて三次元補償フィルターを用いたTBIを前処置とし、BMTを行った白血病症例71例、男性41例、女性30例であった。年齢は7歳から49歳、中央値30歳であった。白血病の内訳は急性リンパ性白血病22例、急性骨髄性白血病20例、慢性骨髄性白血病19例、骨髄異形成症候群10例であった。経過観察期間は1カ月から69カ月、中央値19.0カ月であった (Table 1)。また対象として同時期にTBIを行わずBMTを行った43例を非TBI群とした。

Table 1 Patient characteristics (1991.8-1997.6 in H.C.M.)

	TBI (n = 71)	Non-TBI (n = 43)
Age (yr/o) ; median	30	27
Range	7-49	10-48
Sex (male/female)	41/30	27/16
Disease		
ALL	22	3
AML	20	12
CML	19	20
MDS	10	8

ALL: acute lymphocytic leukemia, AML: acute myelocytic leukemia, CML: chronic myelocytic leukemia, MDS: myelodysplastic syndrome.

方 法

1. 全身照射の方法および基礎的評価

1. 三次元補償フィルターの作成

(1) 患者体厚データの測定

患者体厚データは、CTにて照射体位と同体位を保持し計測した。横断像を頭部～頸部では3cm間隔、胸部～骨盤部では4cm間隔で撮影し、同時に位置決め像を利用し側面外観像(scano像)も撮影した。各横断像から体幅値を計測した。肺野領域に関しては、測定した肺実質幅に密度補正を行い、これに縦隔・胸壁幅を加えたものを肺野領域の体幅値とした(Fig. 1)。

(2) 体厚とフィルター厚の相関テーブル作成

フィルター作成にあたっては患者体厚として5～18cmを想定し、アクリル樹脂を用いたフィルター厚と各体厚におけるtissue peak dose ratio (TPR)を測定した。われわれの施設では、照射基準点を骨盤正中としているため、線束中心で骨盤部に相当する体厚18cmを基準として各位置でのTPRとの比を求めた。このTPR比をフィルター厚算出の補正係数とし、各位置でのフィルター厚テーブルとした。

(3) フィルター形成・設置

体厚とフィルター厚の相関テーブルより各位置でのフィルターの厚みを算出した。アクリル樹脂ピースは厚さ

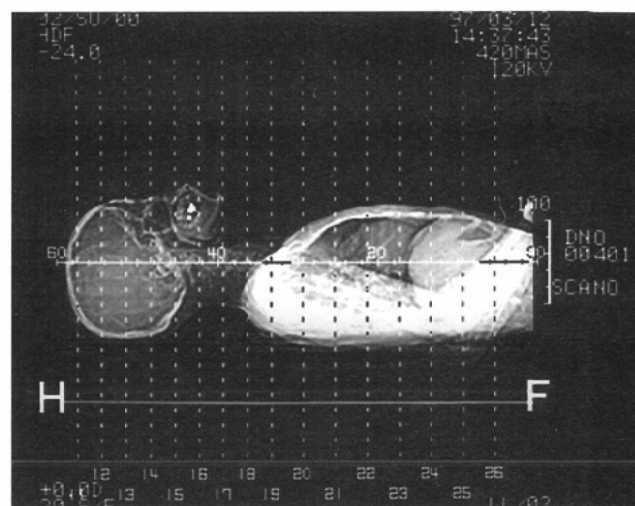


Fig. 1 CT measurement of body thickness.

1mm, 2mm, 3mm, 10mmの4種類があり、それぞれに幅15mm, 20mmの2種類を用意した。さらにCTのscano像から1/2縮小の投影用像の作成を行った。この投影像は線源と体軸の中央に置かれ、フィルター設置時に患者輪郭との照合に用いた。CTより得られた体厚のデータをもとに体厚補正を行い、体厚とアクリルとの相関テーブルより各部位のアクリル厚換算を施行した。得られたアクリル厚データからアクリル樹脂ピースを重ね合わせ、階段状のアクリル板補償フィルターを作成し投影像に貼り付けた(Fig. 2)。

2. 後方散乱付加および線束内線量平坦度の測定

本院におけるTBIは仰臥位側方2門照射で行っている。治療室の広さの制約から、線源と患者体軸中心との距離を長く取るために、患者をコンクリート壁に近づけて照射を行わなければならない。そのため壁による散乱線の影響を考慮する必要がある。ビーム中心軸上の各点における空中線量を測定し、後方散乱付加を推定した。線束内線量平坦度に関しては、全身照射用により良好な平坦度を得るためにビーム平坦用フィルターを作成した。平坦度の検討は線源から患者体軸距離を想定して線源から350cmでの空中線量を

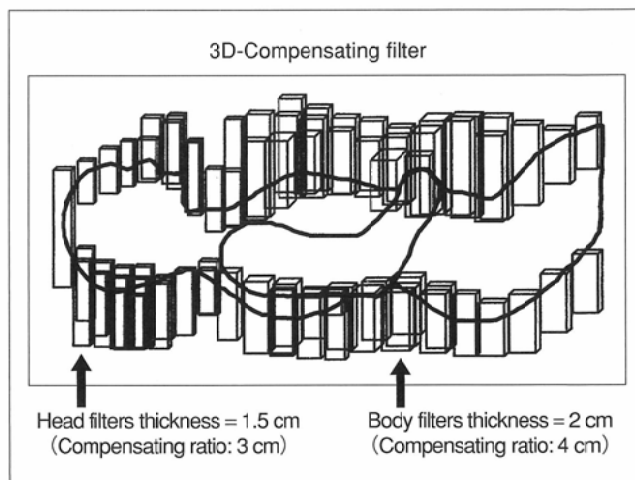
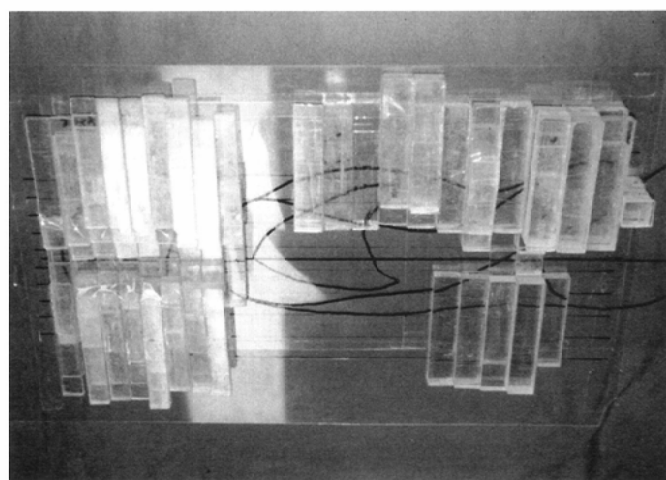


Fig. 2 A: The 3D-compensating filter is made of acrylic pieces fabricated using CT data. B: Schema of the structure of the 3D-compensating filter.

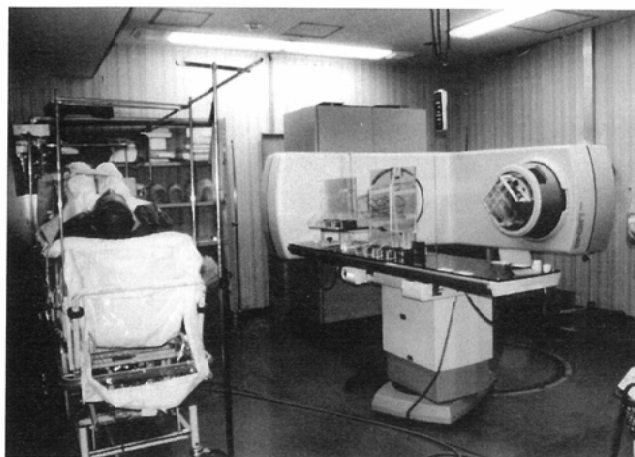


Fig. 3 TBI geometry. The 3D-compensating filter was placed 1.75 m from the gantry.

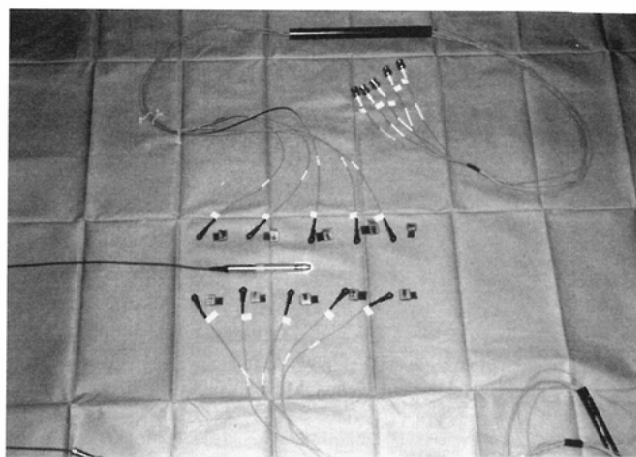


Fig. 4 The patient's body surface dose was determined using a thermoluminescent dosimeter and semiconductor detectors. At the pelvis, the isocenter dose was checked using an ionization chamber.

測定した。

3. 照射方法

TBIは仰臥位にて施行，照射野確保のため下腿を軽度屈曲させ同部に三角マットを設置した。患者の固定には頭部から臀部までを脱気式固定具（LEPINOY社：CALERGO France）を用いた。照射は4MV X-ray（東芝社：LMR-4C）を用い，左右対向2門照射で行った。線源体軸間距離350cm，照射口は全開（40×40cm）で対角線の水平ビームを用い，コリメータを45度回転させ，体軸位置で約180cmの照射野を確保した。線束内線量平坦度を上げるためにビーム平坦用フィルターを照射口に設置した。照射線量は骨盤部体軸中心を基準とし，線量率は毎分10cGyで行った。体軸中心から175cm線源側の位置に三次元補償フィルターを設置した（Fig. 3）。さらに眼球保護のため鉛製のブロックを空中よりつるして固定し，光投影によって遮蔽の位置を確認した。治療スケジュールは，TBI 1日1門4日間，TBI終了後1日より全身化学療法を4日間施行，化学療法終了後1日にBMT施行を標準としている。

4. ファントムによる線量評価

三次元補償フィルターの有無による線量分布の差を人体ファントムにてあらかじめ検討した。人体ファントムの頭部・頸部・胸部・骨盤部の各面にthermoluminescent dosimeter (TLD)を埋め込み，実際の全身照射に則して照射を行った。骨盤部体軸中央を基準として100cGyを照射した時の各TLDを測定し，線量分布の均一性を検討した。

5. TBI患者での線量測定

照射中は患者股間に設置したJARP形線量計（PTW社：UNIDOS TYPE 30001 Germany）にて線量を確認し，さらに照射後に射入線量および射出線量を患者体表面に設置した10箇所のTLDにて確認した。なお現在は10カ所のTLDと同部位さらに10個の半導体センサー（SCANDITRONIX社：DPD-510 Sweden）を設置し線量の確認を行っている（Fig. 4）。

II. 臨床評価（肺，腎）

TBI後の合併症として最も問題とされる間質性肺炎についてTBI時の胸部線量との関連を検討した。間質性肺炎の診断は，臨床専門医らにより胸部X線写真による両側性的変化，

臨床症状，喀痰検査で細菌性もしくはウイルス性感染の有無，末梢血液のcytomegalovirus (CMV)スクリーニング，さらに症例によっては気管支肺胞洗浄液にて診断した。腎障害については尿素窒素，クレアチニン，クレアチニンクリアランスで腎機能を評価した。一部の症例は，照射前・照射期間中・照射後尿中NAGも確認した。また，TBIおよび非TBI両群間でのそれぞれ障害の発生要因について検討した。統計解析はlogrank testを用いた。

結 果

1. 全身照射の基礎的評価

1. 三次元補償フィルターの作成

今回対象となった全症例において，TBIは障害なく施行された。三次元補償フィルターの作成準備に要した時間は，患者体厚測定のためのCT検査を含めて約6時間であった。治療室における操作は簡便であり，患者入室から三次元補償フィルターの設置まですべてのセットアップに要した時間は約20分であった。

2. 後方散乱付加および線束内線量平坦度

今回，壁面と患者体表面の距離は，最も壁面に近かった症例で50cmであった。この点における後方散乱付加は0.92%増であった。線束内線量平坦度はビーム平坦用フィルターを使用し，患者体軸上を想定し線源から350cmの線上で±3%以内の照射野は156cmであり，そのうち151cmが±1.5%以内であった（Fig. 5）。

3. ファントムによる線量評価

三次元補償フィルターの有無による頭部・頸部・胸部・骨盤部のTLD測定結果は，頭部93%，頸部97%，胸部99%，骨盤98%で，同一の人体ファントムでの頭頸部・肺鉛フィルターの測定結果は頭部94%，頸部104%，胸部99%であった。当院で用いていた旧鉛フィルターでは，頭部と頸部の差は10%であったが，三次元補償フィルターでは，4%と低下しており，平坦度は改善された。

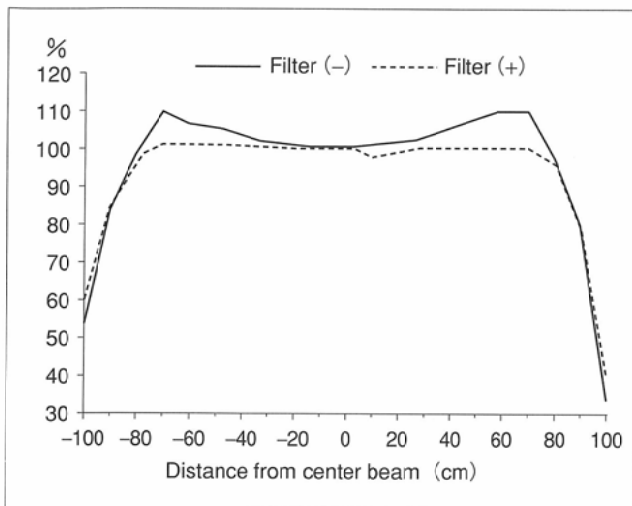


Fig. 5 Beam flatness curve 3.5 m from the gantry.

4. TBI患者での線量測定

全身照射の照射線量の基準は患者体軸中心で300cGy/frとした。この基準で照射を行った時の骨盤部患者体軸中心の照射線量を100%とし、各部位のTLDとの比較を行った。今回の三次元補償フィルターを用いた70症例の平均および分散と、比較のため当院で以前用いていた頭頸部・肺鉛フィルターを用いた症例の平均と分散を求めたが三次元補償フィルターが分散において優れていた(Table 2)。

II. 臨床評価

三次元補償フィルターを用いたTBIは全例問題なく完遂でき、施行率は100%であった。また、症例の2年生存率は47%であった。

1. 間質性肺炎

TBI-BMT後に間質性肺炎と診断された症例は、追跡調査可能であった66例中15例(22.7%)であった。さらに間質性肺炎と診断された15例中9例(13.6%)は、臨床専門医らによりCMVによるものと診断され、15例中1例はアスペルギルス症と診断された(Table 3)。間質性肺炎の発症時期は、BMT後25日から365日(中央値47日)に認められた。また間質性肺炎症例15例中2例に自然気胸の合併を認めた(Fig. 6)。臨床専門医によって他の要因が否定され、放射線性肺炎と診断されたのは66例中1例で移植後32日目に認められたが、7ヵ月後に多臓器不全で死亡した。さらにTBI症例群と非TBI症例群の間で、間質性肺炎の発生率を比較検討した。対象は同時期に施行されたTBIを施行していない骨髄移植症

例43症例である。非TBI症例群では、評価可能であった34例中8例(23.5%)に間質性肺炎を認めた。そのうち5例(14.7%)がCMVによるものと診断された(Table 3)。今回の間質性肺炎発症症例に関して、体厚、線量、年齢、性別、TBIの有無の要因について多変量解析を行ったが、いずれも有意差を認めなかった(Table 4)。

2. 腎機能障害

TBI-BMT後19例(27%)に腎障害の発症を認めた。19例中1例はBMT後のシクロスポリン投与直後より腎機能障害を認めたため、薬剤性と診断された。また19例中4例は多臓器不全による続発性腎障害であった。上記薬剤性および続発性の腎障害を除いた14例の腎障害症例について骨盤部吸収線量を比較検討したが、線量による有意差は認められなかった。19例中6例は高度の腎不全により透析を行った。

考 察

I. 基礎的評価

1. 三次元補償フィルターの作成について

今回われわれはTBI用のフィルター作成にあたり、その素材の検討を行った。補償フィルターの素材としてはMix Dp, Mix R, スーパースタッフ、鉛、ウッドメタル、粘土、米の使用の報告がある^{(11),(12)}。当科でも以前は鉛を用いた補償フィルターを用いていた^{(9),(10)}。しかしながら鉛板は微細な補正を行うためには加工が困難と判断し、三次元補償フィルターの材質としてはアクリル樹脂を用いた。アクリル樹脂ピースによるフィルターの作成は微調整が行えることができ、ピース状となっているため再利用が可能である。またフィルター作成の際、特殊な能力を必要としない。今回のわれわれの三次元補償フィルターはその作成には長時間を要したが、人体ファントムにおいても実際のTBI症例においても比較的良好な線量の均一性を獲得できたと考える。しかしながら頸部から胸部、胸部から腹部など組織密度の変化が著しい部位では依然線量のばらつきが認められた。今後さらにヘリカルCT、MRI等のデータに基づいた連続面で構成されたより精度の高いフィルターでの対応が期待される。現在、自動研磨機による三次元補償フィルターの作成を当院での次の目標としている。

2. 照射中の線量測定について

われわれの施設では過剰線量が照射されていないかチェックするための線量モニターとして、患者の股間に設置した指頭型チェンバーと患者体表面の10個の半導体センサー

Table 2 Actual dose of several parts(head to knee)

	Head	Neck	Chest	Pelvis	Knee
3D filter TLD* mean (cGy)	278.3	285.2	322.5	328.5	325.1
TLD SD (cGy)	17.8	18.4	30.6	31.0	18.9
D.D** mean (cGy)	248.8	259.0	290.1	291.6	293.5
D.D SD (cGy)	14.7	17.7	24.3	21.3	18.7
Pb filter TLD mean (cGy)	258.2			347.9	
TLD SD (cGy)	33.2			41.5	

*TLD: thermoluminescent dosimeter, **D.D: diode detector.

Table 3 Interstitial pneumonitis after BMT

	TBI (n = 66)	Non-TBI (n = 34)
Absence of lung dis. (%)	51 (77.3)	26 (76.5)
Idiopathic IP	4 (6.1)	3 (8.8)
CMV-IP	9 (13.6)	5 (14.7)
Aspergillus IP	1 (1.5)	
Radiation IP	1 (1.5)	

IP: interstitial pneumonitis

Table 4 Radiation-induced interstitial pneumonitis

Variable	No. of patients	p-value
Body thickness		0.590
< 30	35	
≥ 31	31	
Lung dose		0.976
< 290	24	
≥ 291	42	
Age		0.458
< 40	56	
≥ 41	10	
Sex		0.668
Male	42	
Female	24	
TBI		0.104
Yes	66	
No	34	

により、リアルタイムで線量を確認することにより適切な線量を照射できているかを知ることができたと考える。さらに照射後に射入線量および射出線量を患者体表面に設置した10カ所のTLDにて確認している。TBI施行時に吸収線量を測定する方法としては食道内や直腸内に線量計を挿入する方法の報告がある¹³⁾。しかしながらわれわれの施設でのTBI施行患者は、移植前の大量化学療法がTBI前に行われており、そのため消化器症状のある患者が多くを占めている。その状態での線量計の挿入は患者の負担が大きいと考えている。

II. 臨床的評価

1. 間質性肺炎について

文献的にはTBI-BMT後の間質性肺炎はBMT後の死因の一つに数えられており致死率は依然高い¹⁴⁾。感染性の場合、CMV, pneumocystis cariniがほとんどでcandida, aspergillusがそれに続いている^{15)~18)}。最近の報告では、サルファ剤・ガンシクロビル(デノシン)の使用により、上記肺感染症発生率に良好な成績をおさめたとの報告がある^{19)~23)}。著者らは担当科と検討のうえ、TBI-BMT後の肺炎は近年の迅速診断方法の充実と上記薬剤療法の発達でTBI-BMT後の合併症として以前と比べ少なくなっていること、またその発症も不明な点が多くTBIがその素因である可能性は否定できないものの、放射線による可能性が少なくなっていることと判断した。以上の検討からわれわれは、TBI本来の目的である白血病細胞根絶および骨髄抑制での原疾患コントロールに専念すべきと考え三次元補償フィルターの作成を行った。

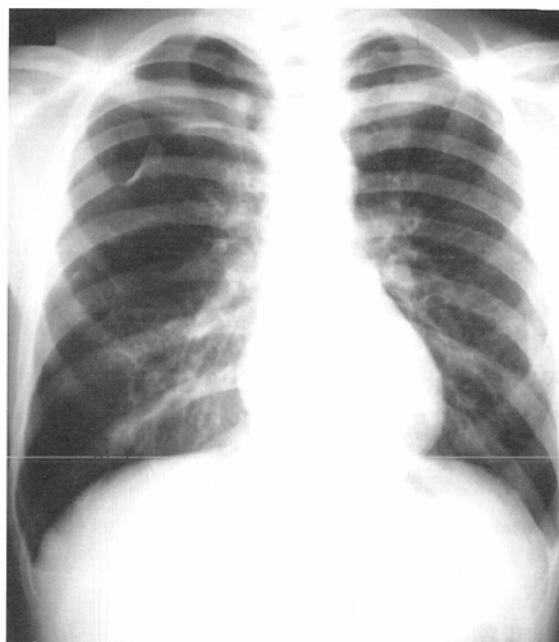


Fig. 6 A 30-year-old man. Pneumothorax developed in the right lung after interstitial pneumonitis.

われわれの三次元補償フィルターは線量の均一性を第一と考え作成されている。そのためTBIによる肺障害の発生率上昇が危惧されたが、今回の検討においてもCMVによるもの以外間質性肺炎の発生率はTBIを行った症例では9.1%で、TBIを行っていない症例での8.8%と有意差を認めない。過去の文献でも、Brixら²⁴⁾が過線量を排除することを目的とし、肺線量を低減することなく、三次元補償フィルターを作成した報告があるが、間質性肺炎のリスクは低く押さえられたと述べている。

さらにわれわれは、骨髄移植後の間質性肺炎の発生について、線量、年齢、性別、TBIの有無等で検討を行ったがいずれも有意差を認めなかった。またCMV肺炎の発生にTBIが何らかの誘因になったと想定し、全間質性肺炎での発生率と比較したが有意差を認めなかった。

TBIによる間質性肺炎の発症には総線量、線量率、分割回数に関与しているとされ、肺線量(TLD)が10Gyまではその発生率と関連がないとされている^{19),25)}。われわれの臨床測定では、肺線量は10.1~12.9Gy、平均11.6Gyであり線量の面からも三次元補償フィルターを用いた12GyのTBIは容認できない値ではないと考えている。

腎臓は肺と同様にTBIのdose limiting factor臓器の一つと考えられている²⁶⁾。また、腎機能はBMTの際、抗癌剤、免疫抑制剤およびGVHDによる影響も少なからず認められる。しかし、今回のわれわれの検討では放射線によると考えられる明らかな腎機能の悪化は同定できなかった。

筆者らはGVHDに関しても検討を行ったが、GVHDに関してはBMT本来の反応と考えられ、また、その要因は多岐にわたり明確な分析は困難であった。

以上、われわれの三次元補償フィルターによるTBI時の肺、腎障害から検討した結果、その有用性が確認されたと考える。現在TBIの対象疾患はALL, AML, CML, MDSと多岐にわたっている。Jensenら⁸⁾は白血病細胞の分布に一致

した線量分布が望ましいが、白血病細胞の分布が明らかになっていない今日、線量分布は全身に均一照射すべきとしている。全身照射の治療計画が進歩し、全身的な線量分布が得られるようになった今日、今後のTBIの理想は、分布の平坦化を目指すのみではなく、疾患に応じた線量分布を描くことも必要となってくると推測される。

そのためにも放射線科、担当科および病理学者との共同研究により腫瘍細胞学的検討が必要になると考える。

結 語

1. 71例の白血病骨髄移植前処置として線量均一化を目標とした三次元補償フィルターを作成し、リアルタイム照射線量の計測を行い、全身照射を行った。

文 献

- 1) Umek B, Zwitter M, Habic H, et al: Total body irradiation with translation method. *Radiother Oncol* 38: 253-255, 1996
- 2) Christ G, Schmidt H, Nusslin F, et al: TBI technique and clinical results of leukemia patients at the University of Tübingen. *Radiother Oncol* 18: 98-101, 1990
- 3) Quast U: Total body irradiation-review of treatment techniques in Europe. *Radiother Oncol* 9: 91-106, 1987
- 4) Peters LJ, Withers HR, Cundiff JH, et al: Radiobiological considerations in the use of total-body irradiation for bone marrow transplantation. *Radiology* 131: 243-247, 1979
- 5) Miralbell R, Rouzaud M, Grob E, et al: Can a total body irradiation technique be fast and reproducible? *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 29: 1167-1173, 1994
- 6) Breneman JC, Elson HR, Little R, et al: A technique for delivery of total body irradiation for bone marrow transplantation in adults and adolescents. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 18: 1233-1236, 1990
- 7) Bradley J, Reft C, Goldman S, et al: High-energy total body irradiation as preparation for bone marrow transplantation in leukemia patients: Treatment technique and related complications. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 40: 391-396, 1998
- 8) Jensen JM, Brix F, Kohr P, et al: General and specific aspects of experimental dose measurement in total body irradiation (TBI). *Strahlenther Onkol* 162: 250-253, 1986
- 9) Kurisu K, Taniguchi M, Kamikonya N, et al: Interstitial pneumonitis after allogeneic bone marrow transplantation following total body irradiation. *Radiat Med* 9: 118-121, 1991
- 10) 栗栖孝一: 骨髄移植の前処置としての全身照射法に関する基礎的ならびに臨床的研究. *日本医放会誌* 51: 799-809, 1991
- 11) 井上俊彦: 白血病に対する骨髄移植療法と全身照射法の国内の現状. *日放技師会誌* 44: 765-772, 1988
- 12) Donato V, Iacari V, Zurlo A et al: Fractionated total body irradiation in allogeneic bone marrow transplantation in leukemia patients: Analysis of prognostic factors and results in 136 patients. *Radiother Oncol* 48: 267-276, 1998
- 13) 熊谷 孝: 難治性白血病の骨髄移植を前提とした全身照射の研究(第7報)投与線量の解析. *日放技師会誌* 43: 1742-1750, 1996
- 14) 岡田昌也, 武元良整: 同種骨髄移植後のサイトメガロウイルス感染の監視. *日本臨床* 56: 189-192, 1998
- 15) 渡辺 浩: 非リンパ性造血器腫瘍に対する同種骨髄移植にお

けるブスルファン, サイクロフォスファミド, 全身照射併用前処置法の検討. *慈恵医大誌* 111: 841-856, 1996

2. 間質性肺炎は66例中15例(22.7%)に認めた. その多くは感染症によるものであり, 非TBI骨髄移植症例群と比べ遜色のない成績であった.

3. 現在さらに線量の均一化のためMRIやヘリカルCT等のデータを用い, 連続面で構成された三次元補償フィルターの作成を考案中である.

本研究に際し終始ご協力, ご助言をいただいた第二内科教室, 輸血部教室, 小児科学教室, 放射線医学教室の諸氏, ならびに治療計画に尽力いただいた中央放射線部の諸氏に厚く御礼申し上げます.

なお, 本論文の要旨の一部は国際放射線腫瘍学会(1997年, 北京)において発表した.

- けるブスルファン, サイクロフォスファミド, 全身照射併用前処置法の検討. *慈恵医大誌* 111: 841-856, 1996
- 16) 星野充明, 畠 清彦, 三室 淳, 他: 骨髄移植後に難治性気胸を合併した間質性肺炎の1例. *臨床血液* 34: 718-722, 1993
- 17) Bacigalupo A, Tedone E, Van Lint MT, et al: CMV prophylaxis with foscarnet in allogeneic bone marrow transplant recipients at high risk of developing CMV infections. *Bone Marrow Transplant* 13: 783-788, 1994
- 18) Cosset JM, Socie G, Dubray B, et al: Single dose versus fractionated total body irradiation before bone marrow transplantation: Radiobiological and clinical considerations. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 30: 477-492, 1994
- 19) Kim TH, Rybka WB, Lehnert S, et al: Interstitial pneumonitis following total body irradiation for bone marrow transplantation using two different dose rates. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 11: 1285-1291, 1985
- 20) Schmidt GM, Horak DA, Niland JC, et al: A randomized controlled trial of prophylactic ganciclovir for cytomegalovirus pulmonary infection in recipients of allogeneic bone marrow transplants: The City of Hope-Stanford-Syntex CMV Study Group. *N Engl J Med* 324: 1005-1011, 1991
- 21) Winston DJ, Ho WG, Bartoni K, et al: Ganciclovir prophylaxis of cytomegalovirus infection and disease in allogeneic bone marrow transplant recipients. Results of a placebo-controlled, double-blind trial. *Ann Intern Med* 118: 179-184, 1993
- 22) Goodrich JM, Boeckh M, Boeden R, et al: Strategies for the prevention of cytomegalovirus disease after marrow transplantation. *Clin Infect Dis* 19: 287-298, 1994
- 23) Ljungman P, Engelhard D, Link H, et al: Treatment of interstitial pneumonitis due to cytomegalovirus with ganciclovir and intravenous immune globulin: Experience of European Bone Marrow Transplant Group. *Clin Infect Dis* 14: 831-835, 1992
- 24) Brix F and Duhmke E: Results and side-effects of total body irradiation before bone marrow transplantation using the Kiel compensating method. *Strahlenther Onkol* 163: 226-227, 1987
- 25) Appelbaum FR and Thomas ED: Treatment of acute leukemia in adults with chemoradiotherapy and bone marrow transplantation. *Cancer* 55: 2202-2209, 1985
- 26) Cassidy JR: Clinical radiation nephropathy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 31: 1249-1256, 1995