

肺腫瘍に対する体幹部定位放射線治療の治療成績

青木 健¹⁾, 津川 拓也¹⁾, 河野 直明¹⁾, 村田 喜代史¹⁾

1) 滋賀医科大学 放射線科

The clinical outcome in stereotactic body radiation therapy for lung tumors

Ken AOKI¹⁾, Takuya TSUGAWA¹⁾, Naoaki KONO¹⁾, Kiyoshi MURATA¹⁾

1) Department of Radiology, Shiga University of Medical Science

Abstract Stereotactic body radiation therapy (SBRT) for lung tumors has been performed in our hospital from February 2005. We discussed the treatment outcome and the future treatment subjects of SBRT for lung tumors. In 40 cases (43 lesions) confirmed survival after SBRT for lung tumors in our hospital from Feb 2005 to Jul 2015, the average follow-up duration and the overall survival at 3 years was 26.6 months and 68.1%, respectively. In addition, local recurrence is studied by 29 cases (31 lesions) taken follow-up for computed tomography (CT) after SBRT. Local recurrence was observed in 5 cases (5 lesions) at the average of 21.0 months after SBRT. Local recurrence free survival was the average of 72.5 months. SBRT cases to lung tumors in our hospital included a fewer candidate for surgery, but were mostly inoperable. In view of this fact, treatment outcome in our hospital was comparable to the previous published reports. On local recurrence group and the local control group, we compared the changes of the appearance over or around the original tumors on follow-up CT, and measured the ratio of maximum and minimum diameter of the appearance on follow-up CT. When this ratio suddenly decreased or approached to the nearby value 1 coincided roughly with the diagnosis of local recurrence. For this reason, the variation in the ratio of maximum and minimum diameter was considered to be an aid to suggest local recurrence. By accumulating SBRT cases for lung tumors, it is necessary to evaluate the correlation with local recurrence and this ratio trend.

Keyword Stereotactic body radiation therapy, lung tumor, local recurrence, volumetric modulated arc therapy

はじめに

定位放射線治療は、当初は頭蓋内病変に対して開発された治療方法で、病変を正確に固定し多方向からの照射を用いることで、病変への線量集中性を高め、線量を増加させるとともに、周囲の正常組織の障害軽減をはかる照射技術である。

1960年代に頭蓋内病変に対するガンマナイフが施行され¹⁾、1980年代に直線加速器による脳定位放射線治療が行われるようになった²⁾。1990年代になって、体幹部病変に対して定位照射技術が応用され、1991年より Blomgren ら³⁾が体幹部定位放射線治療 (Stereotactic body radiation therapy、以後 SBRT) を開始し、日本では、1994年から、Uematsu ら⁴⁾が肺癌の定位照射について開始した。以後、肺癌に対する SBRT に対する報告が多数なされてきた。

当院では、2005年2月から肺癌に対する SBRT を開始して、現在に至っている。この間、当院の SBRT に使用する放射線治療装置は2010年に更新され、さらに2015年1月より呼吸同期下での強度変調回転放射線治

療 (Respiratory-gated volumetric modulated arc therapy、以後 gated-VMAT) が施行可能となった。当院での肺腫瘍に対する SBRT の治療成績について報告するとともに、今後の課題について考察する。

方法

原発性肺癌の SBRT の対象病変は、腫瘍最大径 5cm 以内で、リンパ節転移や遠隔転移のない T1N0M0 及び T2N0M0 の症例とした。転移性肺癌の SBRT 対象病変は、腫瘍最大径が 5cm 以内、3 個以内、かつ原発巣が制御され、他臓器転移のない症例とした。2005年2月から2015年7月までに当院にて肺腫瘍に対する SBRT を施行した 53 症例 (57 病変) 中、転院などにより生存追跡できなかった 12 症例 (12 病変) を除く 41 症例 (45 病変) を本研究の対象とした。これら症例の内訳は、平均年齢 75.8±9.45 歳、男性 34 症例 (37 病変)、女性 7 症例 (8 病変) であった。40 症例 (43 病変) は原発性肺癌であり、その組織型は扁平上皮癌 (13 病変)、

Received: November 16, 2015. Accepted: December 18, 2015.

Correspondence: 滋賀医科大学放射線科 青木 健

〒520-2192 大津市瀬田月輪町

kaoki@belle.shiga-med.ac.jp

表 1. 生存追跡可能であった症例と CT 追跡可能であった症例の内訳。

	生存追跡可能症例			CT追跡可能症例		
	全症例	Clinac 21Ex治療群	Novalis NTx治療群	全症例	Clinac 21Ex治療群	Novalis NTx治療群
年齢[歳]	75.8±9.45	76.9±7.07	75.0±10.9	75.9±9.90	77.9±5.62	74.7±11.8
症例数(病変数)						
男	34症例 (37病変)	15症例 (17病変)	20症例 (20病変)	23症例 (24病変)	10症例 (10病変)	14症例 (14病変)
女	7症例 (8病変)	2症例 (2病変)	5症例 (6病変)	6症例 (7病変)	2症例 (2病変)	4症例 (5病変)
合計	41症例 (45病変)	17症例 (19病変)	25症例 (26病変)	29症例 (31病変)	12症例 (12病変)	18症例 (19病変)
肺腫瘍の組織型						
1. 原発性肺癌						
扁平上皮癌	13病変	9病変	4病変	9病変	5病変	4病変
腺癌	9病変	5病変	4病変	5病変	2病変	3病変
小細胞癌	2病変	2病変	0病変	1病変	1病変	0病変
組織未確定	19病変	3病変	16病変	14病変	4病変	10病変
合計	43病変	19病変	24病変	29病変	12病変	17病変
2. 転移性肺腫瘍						
子宮頸癌	2病変	0病変	2病変	2病変	0病変	2病変

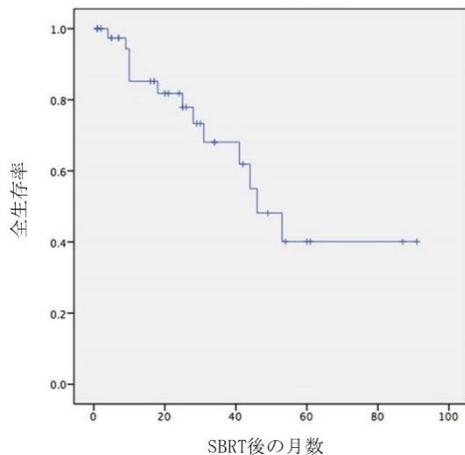


図1. 2005年2月から2015年7月までにSBRTを開始した肺腫瘍症例の全生存率。

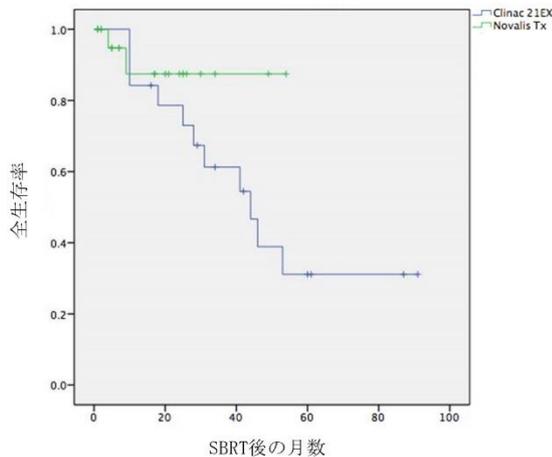


図2. 2005年2月から2015年7月までにSBRTを開始した肺腫瘍症例のうち、治療装置ごとの全生存率。

腺癌 (9 病変)、小細胞癌 (2 病変)、組織未確定 (19 病変) であった。1 症例 (2 病変) は転移性肺腫瘍であり、原発は子宮頸癌であった (表 1)。全症例の平均経過観察期間は 25.9 ± 21.8 ヶ月 (原発性肺癌症例では 26.6 ± 22.1 ヶ月) であった。SBRT 施行後の生存の評価は原発性肺癌と転移性肺腫瘍に分けて評価し、SBRT 後の画像での経時変化は原発性肺癌と転移性肺腫瘍を合わせて評価した。尚、SBRT 後の経過中、化学療法が施行されたのは全症例中 6 症例であった。

また、SBRT 後の経過観察中、当院にて computed tomography (以下、CT) での追跡が可能であった 29 症例 (31 病変) を対象に局所制御の評価を行った。CT 追跡可能症例の病変としては、原発性肺癌 29 病変 (扁平上皮癌 9 病変、腺癌 5 病変、小細胞癌 1 病変、組織未確定 14 病変)、転移性肺腫瘍 2 病変であった (表 1)。

SBRT に用いた放射線治療リニアックは、2005 年 2 月から 2010 年 4 月までは、Varian 社製 Clinac 21EX、2010 年 11 月以降は BrainLAB・Varian 社製 Novalis Tx を用いた。

放射線治療計画、及び照射時の体位は臥位かつ両側上肢挙上とした。この際、ビーズが充填された体幹部定位放射線治療用固定クッションを患者背側に敷き、クッション内の空気を抜くことで患者体型を型取り、照射期間中の患者体幹部の位置固定を行った。放射線治療計画では、自由呼吸下での 4 dimensional computed tomography (以下、4D-CT) を撮影することで全呼吸相のデータを取得した。4D-CT を撮影する際の呼吸のモニタリングは、時期により 2 通りの方法を用いた。2013 年以前は赤外線マーカーを患者腹部に直接固定し、赤外線検出器にてマーカーの変位を検知することにより呼吸波形を検出した。2013 年以降は、胸腹部 2 点測定式呼吸モニタリング装置 (エイペックスメディカル社製 Abches) を用いて呼吸波形を検出した。この 4D-CT のデータを用いて加算平均画像、最大値投影の変換処理を行った上で、この画像上にて肉眼的腫瘍体積を得るための輪郭描出やリスク臓器の同定のための臓器輪郭描出を行い、肉眼的腫瘍体積にマージンを設け計画標的体積を設定した。この計画標的体積に線量集中するよう照射野の角度、大きさを設定し、治療計画を行った。

SBRT の線量は 1 回 12Gy×4 回、1 回 12Gy×5 回、1 回 9Gy×6 回、1 回 8Gy×7 回、1 回 7.5Gy×8 回を用いた。SBRT の照射方法は、2005 年 2 月から 2015 年 3 月までは、4MV、6MV、10MV の高エネルギー X 線を用いて呼吸同期下 non-coplaner 3 次元固定多門照射を行った。2015 年 3 月以降は、6MV の高エネルギー X 線を用いて gated-VMAT を施行した。SBRT 施行時は、

毎回照射前に CT を施行し、標的体積の左右方向、頭尾方向、背腹方向への動きを確認し、必要に応じて照射野中心位置の調整を行った。この照射前の CT 撮影法は、放射線治療リニアックによって異なった方法をとった。Clinac 21EX では放射線治療室とは別室で患者の CT を撮影して標的体積の位置ずれを計測し、その後、放射線治療室に患者をベッド移動させ、位置ずれを解消するように照射野中心位置を調整した上で照射を行った。Novalis Tx では、治療装置に cone-beam CT が付属している為、患者を放射線治療装置天板にのせた状態で CT 撮影が可能であり、ベッド移動させる事なく、照射野中心位置を適した位置に調整し、照射を行った。尚、照射時は上記の呼吸モニタリングを施行しながら呼気終末相の前後 1/3 のときにだけ照射を行った。

SBRT 後の病変部位及び周囲組織には炎症や線維化などの変化が現れ、CT にてすりガラス影や consolidation などの照射後陰影として描出される。病変の SBRT 後変化を評価する為、経過観察中に撮影された CT 毎に、病変及び周囲組織に見られた照射後陰影最大水平断面の最長径と最短径を測定した。

局所再発の有無については、腫瘍マーカーや

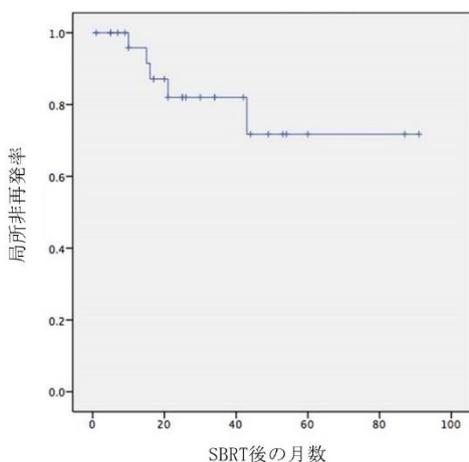


図 3. 2005 年 2 月から 2015 年 7 月までに SBRT を開始した肺腫瘍症例のうち、CT 追跡可能であった症例の局所非再発率。

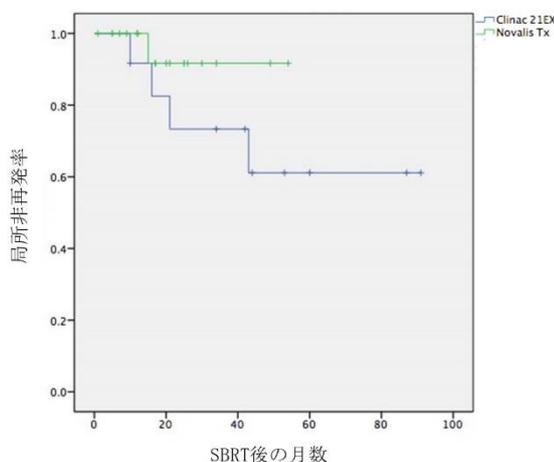


図 4. 2005 年 2 月から 2015 年 7 月までに SBRT を開始した肺腫瘍症例のうち、CT 追跡可能であった症例を治療装置ごとに分けた局所非再発率。

Positron emission tomography (以下 PET) のデータ等をもとに臨床判断した。

統計処理は SPSS ver.22 を使用し、生存率、局所制御率について Kaplan-Meier 法を用いて評価した。SBRT 後に撮影された経過観察 CT での照射後陰影平均最長径を評価するために t 検定を用いた。

結果

2005 年 2 月から 2015 年 7 月までに当院にて SBRT を施行した 41 症例 (45 病変) 中、原発性肺癌 40 症例 (43 病変) について全生存率を Kaplan-Meier 法にて検討した結果、SBRT 後の平均生存期間、3 年生存率はそれぞれ 55.3 ± 6.90 ヶ月 (95%信頼区間: 41.7~68.8)、 $68.1 \pm 9.2\%$ であった (図 1)。この原発性肺癌 40 症例 (43 病変) を、2005 年 2 月から 2010 年 4 月の Clinac 21EX にて SBRT を施行した 17 症例 (19 病変) (全症例中 Clinac 21EX 治療群) と、2010 年 11 月から 2015 年 7 月までに Novalis Tx にて SBRT を施行した 24 症例 (24 病変) (全症例中 Novalis Tx 治療群) に分けて、これら群間比較を行った (1 症例は 1 病変を Clinac 21EX で治療した後、新たに出現した 1 病変を Novalis Tx で治療を行った)。全症例中 Clinac 21EX 治療群と全症例中 Novalis Tx 治療群における SBRT 後の平均生存期間はそれぞれ 49.7 ± 7.59 ヶ月 (95%信頼区間: 34.8~64.6)、 48.1 ± 3.95 ヶ月 (95%信頼区間: 40.3~55.8)、3 年生存率はそれぞれ $61.2 \pm 11.6\%$ 、 $87.4 \pm 8.40\%$ であり、これら両群での生存期間に有意差は認められなかった ($p=0.20$) (図 2)。また、転移性肺腫瘍 2 病変は同一症例であり、この 2 病変に対して連続して SBRT を施行した。経過観察にて、SBRT 病変に局所再発は見られなかったが、SBRT 後 3 ヶ月で子宮頸癌再発し、その後肝転移が出現し、悪液質を起因とする尿毒症・急性腎不全にて SBRT 後 12 か月で死亡した。

SBRT 施行後、当院にて CT での病変の追跡可能であった 29 症例 (31 病変) を対象に、局所再発の有無について検討した。SBRT 後に局所再発と確認したのは 5 症例 (5 病変) (追跡可能症例中 16.1%) であった。再発時期は SBRT 後平均 21.0 ± 12.9 ヶ月後であった。尚、再発後は症例に応じて化学療法が考慮され、局所再発症例 5 例中 4 例に化学療法が施行された。

SBRT 後に CT 追跡可能であった症例 29 症例 (31 病変) 中、原発性肺癌であった 28 症例 (29 病変) を対象に局所非再発率について検討した。局所非再発率曲線は図 3 となり、局所非再発期間は平均 72.5 ± 7.30 ヶ月 (95%信頼区間: 58.2~86.8) であった。

この CT 追跡可能であった原発性肺癌 28 症例 (29 病変) を、Clinac 21EX にて SBRT を施行した 12 症例 (12 病変) (CT 追跡可能 Clinac 21EX 治療群) と、Novalis Tx にて SBRT を施行した 17 症例 (17 病変) (CT 追跡可能 Novalis Tx 治療群) に分けて、局所非再発率について群間比較を行った (1 症例は 1 病変を Clinac 21EX で治療した後、新たに出現した 1 病変を Novalis

Tx で治療を行った)。CT 追跡可能 Clinac 21EX 治療群と CT 追跡可能 Novalis Tx 治療群における SBRT 後の平均非再発期間はそれぞれ 65.1 ± 10.4 ヶ月 (95%信頼区間: $44.8 \sim 85.4$)、 50.8 ± 3.11 ヶ月 (95%信頼区間: $44.7 \sim 56.8$)、3 年非再発率はそれぞれ $73.3 \pm 13.2\%$ 、 $91.7 \pm 8.0\%$ であり、これら両群の局所非再発率に有意差は認められなかった ($p=0.236$) (図 4)。

CT 追跡可能症例 (原発性肺癌症例、及び転移性肺腫瘍) では、SBRT 後の経過観察 CT にて、再発・非再発を問わず、病変部位及び周囲組織に照射後陰影を認め、この陰影の大きさ・形に経時的な変化が見られた。SBRT 後の照射後陰影変化を評価するため、SBRT 後に CT 追跡可能症例全体 (原発性肺癌症例、及び転移性肺腫瘍) の病変について、経過観察 CT 撮影毎に照射後陰影の水平断最長径を測定し、これを SBRT 前の病変の水平断最長径で除した比率を求めた。この比率を SBRT 後の照射後陰影の最長径変化率として検討した。CT 追跡可能症例中の局所非再発例 24 症例 (26 病変) (CT 追跡可能・局所非再発群) と、局所再発例 5 症例 (5 病変) (CT 追跡可能・局所再発群) に分けて群間比較を行った。照射後陰影の最長径変化率を経時的に見ると、CT 追跡可能・局所非再発群では図 5 の通りとなり、CT 追跡可能・局所再発群では図 6 の通りとなった。照射後陰影が最大となったときの平均最長径変化

率、及び平均月数は、CT 追跡可能・局所非再発群ではそれぞれ 3.46 ± 2.06 倍、 9.65 ± 9.48 ヶ月後であり、CT 追跡可能・局所再発群ではそれぞれ 4.55 ± 3.15 倍、 16.6 ± 13.4 ヶ月後であった。平均最長径変化率においては、これら群間に有意差は認められなかった ($p=0.495$ 、95%信頼区間: $-4.93 \sim 2.76$)。また平均月数の群間比較でも有意差は認められなかった ($p=0.32$ 、95%信頼区間: $-23.2 \sim 9.35$)。

考察

Onishi ら⁵は、日本国内の 13 施設の非小細胞肺癌 Stage I に対して SBRT 施行した症例をまとめ、3 年生存率、5 年生存率をそれぞれ 56%、47%と報告している。また、この 13 施設で施行された SBRT の 1 回線量・分割回数にばらつきがあり、線量と生存率を直接的には比較することができない。このため、linear-quadratic model⁶を用いて治療線量を biological effective dose (以下、BED) に変換することで、治療線量と生存率を比較検討している。BED ≥ 100 Gy を照射された症例群の生存率は BED < 100 Gy の症例群と比較して有意に良好であり、BED ≥ 100 Gy を照射された症例群のうち手術可能症例のみで検討すると、3 年生存率、5 年生存率ともに 88%であった。このため、SBRT の至適線量は BED > 100 Gy となる線量が推奨されている。Nagata ら⁷は 2005 年時点での国内 94 施設で採用されている原発性肺癌 (Stage I, II) や転移性肺腫瘍に対する SBRT の処方線量を調査している。この調査の中で、88%の施設で、BED > 100 Gy を確保できる 7.5 Gy $\times 8$ 回、 12 Gy $\times 4$ 回、 10 Gy $\times 5$ 回が行われ、このうち 12 Gy $\times 4$ 回が最も多くの施設で採用されている。当院でも国内の他施設同様に、基本的には 12 Gy $\times 4$ 回を採用している。気管、主気管支、肺動脈、脊髄などのリスク臓器が比較的近い病変では晩期有害事象のリスク軽減のために 1 回線量は下げるが、BED > 100 Gy は確保する総線量とし、症例毎に線量を変えている。

当院での平均生存期間は 55.3 ± 6.90 ヶ月 (95%信頼区間: $41.7 \sim 68.8$)、3 年生存率は $68.1 \pm 9.2\%$ であった。Braumann ら⁸は Stage I の非小細胞肺癌に対する SBRT 後の 3 年生存率を 60%と報告している。また、日本臨床研究グループ (Japan Clinical Oncology Group) の臨床試験 JCOG0403 にて、手術適応症例に対する SBRT 後の 3 年生存率を 76%と報告している⁹。当院での肺腫瘍に対する SBRT 症例は手術可能 (拒否) 例も含んでいるが、原発性肺癌 40 症例中 30 症例が手術適応外の症例であり、このことを鑑みると、当院での肺腫瘍に対する SBRT の治療成績は諸家の報告と遜色ないものであり、特に手術不適応・不可能例に対する治療として有益な治療と考えられる。当院での SBRT は 2005 年から Clinac 21EX にて開始したが、2010 年に治療装置を変更し Novalis Tx にて施行している。Clinac 21EX、Novalis Tx での大きな違いは、照射野中心位置の確認

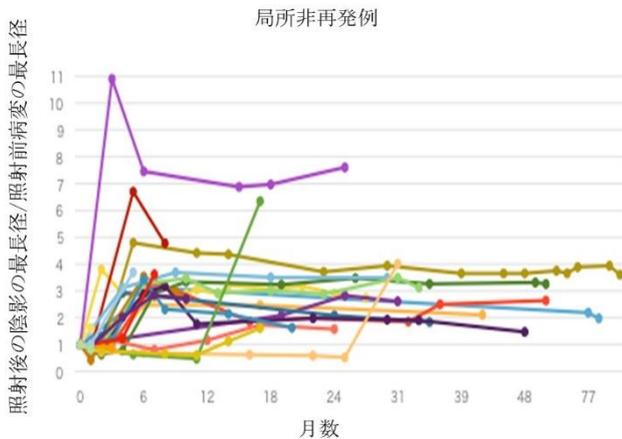


図5. 局所非再発例において、SBRT後CTの照射後陰影最長径をSBRT前の病変最長径で除した比率の経過。

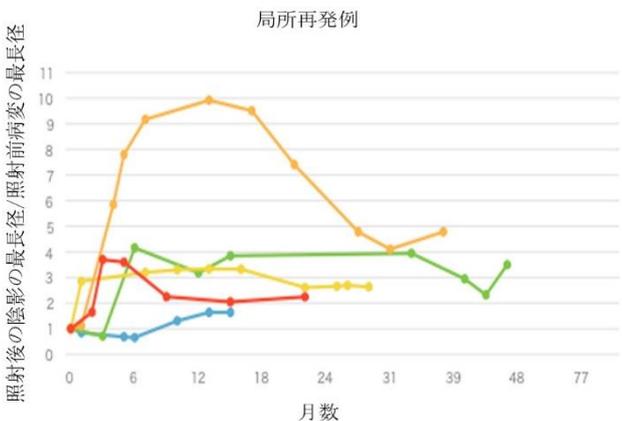


図6. 局所再発例において、SBRT後CTの照射後陰影最長径をSBRT前の病変最長径で除した比率の経過。

方法があげられる。Clinac 21EX では cone-beam CT が付属していない為、別室での CT 撮影及びベッド移動をする必要があり、Novalis Tx よりも照射毎のずれが大きくなりやすい。Clinac 21EX、Novalis Tx での SBRT 肺腫瘍症例において、全生存率、局所非再発率を検討したが、有意差は認めなかった。これより、当院での SBRT では cone-beam CT の有無に関わらず均質な治療を施行できていたものと考えられる。

非再発例と再発例において、経過観察中の CT にて照射後陰影の変化を検討した。照射後陰影は経過観察中に一旦大きくなって経時的に縮小に転じてくる症例が非再発、再発を問わずにしばしば認められ、陰影変化で再発と非再発を区別する方法は未だはっきりしておらず、SBRT 後の経過観察 CT では、しばしば局所再発か否かの判別に苦慮することが多い。当院での結果では、照射後陰影が最大径になったときの最長径変化率、及び最大径になる時期に明らかな差は認められなかった。Matuso ら¹⁰の報告では、SBRT 後再発例は 12 ヶ月以降に陰影拡大が見られ、一方、Dunlap ら¹¹の報告では、SBRT 後 12 ヶ月までに陰影増大があると、様々なパターンが報告されており、再発例を陰影の最大径で議論するには限界があると考えられる。

そこで、CT 水平断像で照射後陰影の長径と短径の比率を経時的に検討した（図 7、図 8）。病変毎に様々で

あったが、急に長径/短径の比率が大きく（扁平状・楕円状）になることが多く認められた。その後は長径/短径の比率がほぼ変わらないパターン、比率低下の傾向に転じるパターンが見られた。局所再発例だけの検討では、局所再発の臨床診断がなされた時点は、長径/短径の比率が 1（円形）に近づいた時点、または急激に長径/短径の比率が小さくなった時点と一致した（図 8、矢印）。照射後陰影の領域に再発結節が形成されると、その形状により照射後陰影としてみていた陰影が円形に変化してくるものと考えられる。本研究の結果、経時的な陰影変化では最大径の変化よりも、長径/短径の比率が 1 に近づく変化が見られたときに、局所再発の可能性を考慮に入れるのが良いと考えられ、可能であればこの時点で追加検査を施行することが望ましいと考えられる。Bollineni ら¹²は Stage I 非小細胞肺癌に対する SBRT 後 12 週目に PET-CT を施行し、再発リスクについて検討している。SBRT 後 12 週目の PET にて、maximum standardized uptake value（以下、SUVmax）が 5 以上となると局所再発のリスクが増大することを報告している。また、Dunlap ら¹¹は、SBRT 前後に PET を施行し、局所再発について検討している。SUVmax の上昇が 20% 以上あった 10 症例のうち、生検実施可能な 5 症例で組織学的な再発確認ができたことを報告している。本研究での PET 施行は、全 41 症例中 10 症例であったが、SBRT 後の経過観察 CT にて、長径/短径の比率が急激に低下したり、または持続的な低下が見られた場合は、PET-CT を含む追加検査にて再発有無を確認することが重要と考える。この比率傾向と再発に相関関係があるか不明であるが、症例蓄積を行うことで検討していく必要があると考えられる。

SBRT で広く用いられている non-coplaner での 3 次元固定多門照射の問題点として、肺門部近傍の病変に SBRT を施行すると、気管、主気管支、食道、肺動脈、脊髄などのリスク臓器に高線量が投与されやすくなる。この場合、気管・気管支潰瘍や気管支閉塞、肺動脈損傷による大出血などの晩期有害事象の危険性が出てくる。これら晩期有害事象の発生を抑える目的で、1 回線量を低下させて照射することがなされるが、多門照射であるため、リスク臓器が照射野内に入ることは避けられない。当院で 2015 年 4 月から開始した gated-VMAT は、non-coplaner での 3 次元固定多門照射の問題点を改善できる可能性がある。gated-VMAT を用いて肺門部病変への SBRT を行うと、病変部位に十分な線量を投与しても、病変近傍のリスク臓器への線量を低下させることが可能となり、晩期有害事象のリスクが軽減されると期待される。一方、この方法では肺の比較的広い範囲に低線量が投与されるデメリットもある。SBRT にて、肺の低線量域の拡大が肺障害の増大につながるかどうかはわかっていない。当院にて 2015 年 1 月以降開始した gated-VMAT は 3 症例（3 病変）と少ないが、いずれも経過観察 CT にて縮小が見られ、再発所見は認められていない。まだ観察期間が

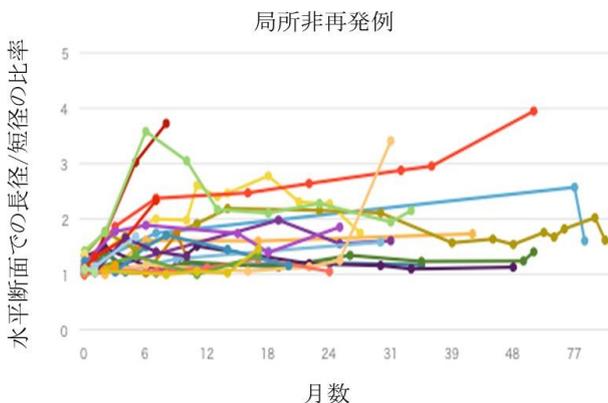


図7. 局所非再発症例において、SBRT後CTの水平断像での陰影長径と陰影短径の比率経過。



図8. 局所再発症例において、SBRT後CTの水平断像での陰影長径と陰影短径の比率経過。矢印は、局所再発の臨床診断がなされた時点を表す。

短く治療成績については検討できていない。

当院での gated-VMAT の症例は 3 症例と少なく、最長の経過観察期間は 5 ヶ月であり、症例数、観察期間とも不十分である。今後、肺門病変での SBRT を安全に施行するために、gated-VMAT の症例数増加、長期の経過観察が必要と考えられる。

結語

当院の肺腫瘍に対する SBRT 症例の治療成績は諸家の報告と遜色なく良好なものであった。今後は症例蓄積を行うことで、SBRT 後の再発評価法の検討、および新しい照射方法での治療成績をまとめていきたいと考えている。

文献

- [1] Leksell L. Stereotactic radiosurgery. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 46(9): 797-803, 1983.
- [2] Colombo F, Benedetti A, Pozza F, Avanzo RC, Marchetti C, Chiarego G, Zanardo A. External stereotactic irradiation by linear accelerator. *Neurosurgery*, 16(2):154-160, 1985.
- [3] Blomgren H, Lax I, Näslund I, Svanström R. Stereotactic high dose fraction radiation therapy of extracranial tumors using an accelerator. Clinical experience of the first thirty-one patients. *Acta Oncol*, 34(6):861-870, 1995.
- [4] Uematsu M, Shioda A, Tahara K, Fukui T, Yamamoto F, Tsumatori G, Ozeki Y, Aoki T, Watanabe M, Kusano S. Focal, high dose, and fractionated modified stereotactic radiation therapy for lung carcinoma patients: a preliminary experience. *Cancer*, 82(6):1062-1070, 1998.
- [5] Onishi H, Araki T, Shirato H, Nagata Y, Hiraoka M, Gomi K, Yamashita T, Niibe Y, Karasawa K, Hayakawa K, Takai Y, Kimura T, Hirokawa Y, Takeda A, Ouchi A, Hareyama M, Kokubo M, Hara R, Itami J, Yamada K. Stereotactic hypofractionated high-dose irradiation for stage I nonsmall cell lung carcinoma: clinical outcomes in 245 subjects in a Japanese multiinstitutional study. *Cancer*, 101(7):1623-1631, 2004.
- [6] Yaes RJ, Patel P, Maruyama Y. On using the linear-quadratic model in daily clinical practice. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 20:1353-1362, 1991.
- [7] Nagata Y, Hiraoka M, Mizowaki T, Narita Y, Matsuo Y, Norihisa Y, et al. Survey of stereotactic body radiation therapy in Japan by the Japan 3-D Conformal External Beam Radiotherapy Group. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 75:343-347, 2009.
- [8] Baumann P, Nyman J, Hoyer M, Wennberg B, Gagliardi G, Lax I, Drugge N, Ekberg L, Friesland S, Johansson KA, Lund JA, Morhed E, Nilsson K, Levin N, Paludan M, Sederholm C, Traberg A, Wittgren L, Lewensohn R. Outcome in a prospective phase II trial of medically inoperable stage I non-small-cell lung cancer patients treated with stereotactic body radiotherapy. *J Clin Oncol*, 27(20):3290-3296, 2009.
- [9] Onishi H, Araki T. Stereotactic body radiation therapy for stage I non-small-cell lung cancer: a historical overview of clinical studies. *Jpn J Clin Oncol*, 43(4):345-350, 2013.
- [10] Matsuo Y, Nagata Y, Mizowaki T, Takayama K, Sakamoto T, Sakamoto M, Norihisa Y, Hiraoka M.

Evaluation of mass-like consolidation after stereotactic body radiation therapy for lung tumors. *Int J Clin Oncol*, 12(5):356-362, 2007.

- [11] Dunlap NE, Yang W, McIntosh A, Sheng K, Benedict SH, Read PW, Larner JM. Computed tomography-based anatomic assessment overestimates local tumor recurrence in patients with mass-like consolidation after stereotactic body radiotherapy for early-stage non-small cell lung cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 84(5):1071-1077, 2012.
- [12] Bollineni VR1, Widder J, Pruijm J, Langendijk JA, Wiegman EM. Residual ¹⁸F-FDG-PET uptake 12 weeks after stereotactic ablative radiotherapy for stage I non-small-cell lung cancer predicts local control. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 83(4):e551-555, 2012.

和文抄録

当院では 2005 年 2 月から肺腫瘍に対する SBRT を開始している。当院での治療成績を報告するとともに、今後の課題について考察する。

2005 年 2 月から 2015 年 7 月までに当院にて肺腫瘍に対する SBRT を施行した症例中、生存追跡可能であった原発性肺癌 40 症例（43 病変）について生存率を検討した。平均経過観察期間は 26.6 ヶ月、3 年生存率は 68.1% であった。また、局所再発については、SBRT 後に CT 追跡可能であった原発性肺癌と転移性肺腫瘍の合計 29 症例（31 病変）を対象とした。SBRT 後に再発が確認されたのは 5 症例（5 病変）、再発時期は SBRT 後平均 21.0 ヶ月後であった。当院での肺腫瘍に対する SBRT 症例は手術可能（拒否）例も含んでいるが、多くは手術適応外の症例であり、このことを鑑みると、当院での SBRT の治療成績は諸家の報告と遜色ないものであった。さらに、局所再発群と局所非再発群にて CT での照射後陰影の変化を比較した。CT 水平断像で照射後陰影の長径と短径の比率を経時的に検討した結果、この比率が急激に低下または 1 に近づいた時期が、再発診断時期と一致した。このため、長径/短径の比率が局所再発を疑う一助になると考えられた。今後は症例蓄積を行い、この比率傾向と再発に相関関係があるか検討していく必要がある。

キーワード：体幹部定位放射線照射、肺腫瘍、局所再発、強度変調回転放射線治療。