

Title	体幹部定位放射線治療
Sub Title	Body stereotactic radiotherapy
Author	国枝, 悦夫(Kunieda, Atsuo) 武田, 篤也(Takeda, Atsuya) 久保, 敦司(Kubo, Atsushi)
Publisher	慶應医学会
Publication year	2003
Jtitle	慶應医学 (Journal of the Keio Medical Society). Vol.80, No.2 (2003. 6) ,p.33- 36
JaLC DOI	
Abstract	From 1996, we carried out body hypo-fractionated stereotactic radiotherapy for 16 tumors of 14 patients. There were four primary lung cancer and eight metastatic lung cancer and two hepatocellular carcinoma. Among ten cases of which respiratory movement of the tumor were observed by fluoroscopy, average movement in cranio-caudal direction was 4.4 mm. Although tumor regrowth was observed in two cases, both tumors were successively controlled by reirradiation with stereotactic radiotherapy. Seven patients including six with metastatic lung tumors survived longer than 3-years, Two portal tumor thrombi were decreased in size and recanalizations of the portal veins were obtained. Stereotactic radiotherapy is considered to be effective both for primary and metastatic tumors.
Notes	綜説
Genre	Journal Article
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00069296-20030600-0033">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00069296-20030600-0033</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

綜 説

体幹部定位放射線治療

慶應義塾大学  
放射線科学教室

くに えだ えつ お たけ だ あつ や く ぼ あつ し  
国 枝 悦 夫, 武 田 篤 也, 久 保 敦 司

ABSTRACT

Body stereotactic radiotherapy

*Etsuo Kunieda, Atsuya Takeda, Atsushi Kubo*  
School of Medicine, Keio University

From 1996, we carried out body hypo-fractionated stereotactic radiotherapy for 16 tumors of 14 patients. There were four primary lung cancer and eight metastatic lung cancer and two hepato-cellar carcinoma. Among ten cases of which respiratory movement of the tumor were observed by fluoroscopy, average movement in cranio-caudal direction was 4.4 mm. Although tumor regrowth was observed in two cases, both tumors were successively controlled by re-irradiation with stereotactic radiotherapy. Seven patients including six with metastatic lung tumors survived longer than 3-years. Two portal tumor thrombi were decreased in size and re-canalizations of the portal veins were obtained. Stereotactic radiotherapy is considered to be effective both for primary and metastatic tumors.

**Key words :** 定位放射線治療, 肺癌, 肝癌, 転移性腫瘍

はじめに

定位放射線照射は放射線を病変に正確に一致させて集中照射する方法で, 周辺正常組織を温存して病変のみを治療する精密放射線治療の方法である。従来, 脳などの病変を対象として, ガンマナイフや直線加速器を用いて, 高線量の放射線を高精度に病巣局所に照射する治療法として発達してきた<sup>1,2)</sup>。これにより, 正常組織への影響を少なく保ちながら, 高い抗腫瘍効果を得ることができ<sup>3)</sup>。

最近では肺や肝臓などの腫瘍に対しても数回程度の小分割で定量的に治療する, 小分割定位放射線治療(HSRT: hypo-fractionated stereotactic radiotherapy)が施行されつつあり, 90%を越える局所制御率が認められている<sup>4~6)</sup>。

現在, 施行施設が急速に増加しているが, 我々は国内でも早い時期から体幹部 HSRT を限局した肺癌, 肝癌

などの病変にたいして施行している。

対象と方法

慶應義塾大学病院放射線科にて, 1996年10月以降に小分割定位放射線治療を施行したのは, 14例16病変である。性別は男性10例, 女性4例であり, 年齢は40~83歳(平均68.0歳)であった。対象病変の内訳は, 原発性肺腫瘍4例(扁平上皮癌2例, 腺癌2例), 転移性肺腫瘍8例10病変(原発は喉頭癌, 上咽頭癌, 中咽頭癌, 耳下腺癌, 乳癌, 子宮頸癌), 原発性肝細胞癌2例であった。転移性肺癌においては原発巣および肺以外の転移が制御されており, 肺転移2個以内のものを治療の適応とした。原発性肝細胞癌においては門脈腫瘍塞栓を対象とし, 開存によりさらなる治療が施行可能となることを期待して行った。1999年以降はCT施行時, 治療時とも体幹部固定フレーム: Stereotactic body frame (Elekta社)を使用した。治療計画画像

の取得においてはCT (X-vision, 東芝) と X線シミュレータ透視装置 (KXO-50N 東芝) を用いた。透視時, CT 撮像時, および治療時には患者に浅い呼吸を心がけてもらい, 必要により横隔膜の運動を抑制する目的で腹部を圧迫した。

治療に先立ち, 前後方向の X線透視にて腫瘍を確認し, 呼吸による頭尾方向の変動値を測定, それがほぼ 10 mm 以内に収まる症例を治療対象としている。

CT 撮像においては腫瘍+上下 20 mm の範囲を, 患者の呼吸数に応じて 1 画像あたり 4~8 秒の時間をかけた画像 (long scan time CT : LSTCT) (2 mm 厚, 120 kVp, 50mA) を用いている。4~8 秒で 1 スライス撮像しているため, 1 呼吸サイクル以上の時間をかけて 1 スliceを撮像していることになる。その他の領域においては 5 mm 厚 (120 kVp, 200 mA) にて 1 スライスあたり 1 秒の時間をかけて撮像している。これにより肺野全体を約 5 分間かけて撮像することになる。

撮影した CT 画像から三次元治療計画を行う。6 MVX 線ライナックを使用し, 典型的な照射法は, 毎日 3 回転照射の三次元照射で, 1 回 5~12 Gy で 4 回から 10 回照射した。

## 結 果

### 1. 呼吸移動

治療前の前後方向 X線透視にて観察可能であった 10 症例での測定では, 対軸方向の呼吸移動距離は平均 4.4 mm ± 3.9 mm (1~15 mm) であった。おおむね上, 中肺野の腫瘍では呼吸による移動は比較的少なかった。15 mm 程度の呼吸による移動が見られた症例は左下肺野に腫瘍が存在していたが, 腹部圧迫器によって 10 mm 以内に減少させることが可能であった。しかしながら, 症例数には含まれていないが, 2 例では 10 mm 以内に呼吸運動を抑えられず, HSRT を施行できなかった。

### 2. 治療結果

原発性および転移性肺腫瘍での観察期間は 6~67 月 (平均 39.4 月, 中央値 42 月) であった。治療後 3 ヶ月から半年の CT 画像による評価では, 全例で著効 (Complete Response : CR) または有効 (Partial Response : PR) がえられた。なお著効, 有効の定義は日本肺癌学会の臨床・病理肺癌取扱い規約に従い, 著効は CT 画像で完全に消失, かつその状態が 4 週間以上継続するもの, 有効は腫瘍の 2 方向の径の積が 50% 以上縮

小したものとした。2 例において半年から一年後に局所病変の再増大がみられた。2 例とも再治療可能であり, その後の再増大をみとめていない。治療を受けた部位には画像上, 限局した放射性肺炎に類する画像所見 (限局性の浸潤影など) がほぼ必発しており, 正確な評価が困難な場合があった。しかしながら, ほとんど無症状であり, 重篤な合併症は生じていない。

現在までに死亡原因が確認されている 4 例のうち, 肺病変が原因となったのは 2 例である。一方, 3 年以上の生存は 7 例でありそのうち 6 例は転移性肺腫瘍例であった。

肝細胞癌では, 2 例中 2 例で門脈塞栓の開存という当初の目的を達したが原疾患の増悪により長期生存が得られずに亡くなった。

## 考 察

体幹部病変に対する HSRT は新しい治療法である。HSRT が通常の放射線治療と大きく異なるのは, 標的体積が小さく, 分割数が少なく 1 分割線量が多いという点である。これにより高い生物学的線量が得られ, 対腫瘍効果の大幅な向上が望まれる。その一方, 精度や再現性および呼吸移動への対処などが極めて重要となる。

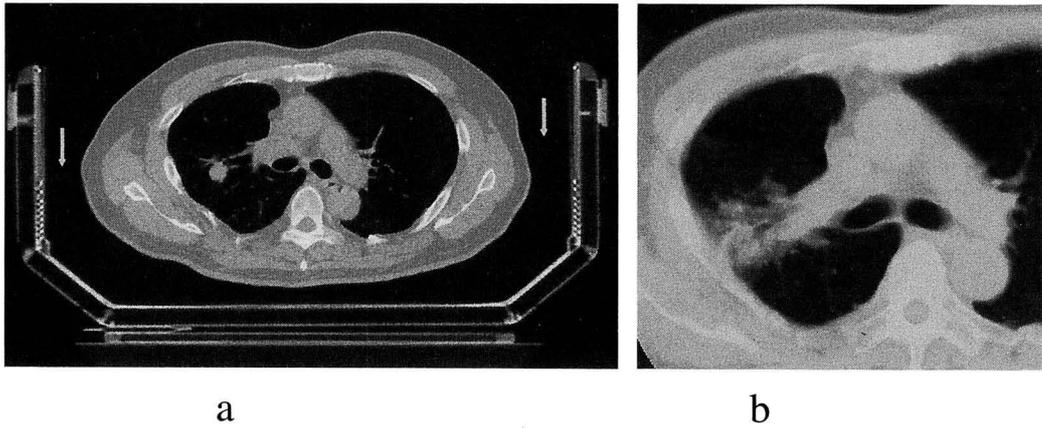
### 1. 固定方法と呼吸移動に関して

体幹部フレームによる位置再現性は良好であり, 毎回の CT 施行時の観察ではおおむね 5 mm 以内の移動があるのみである。特に周囲を硬化性発泡スチロールで固めるため, 体軸横断面方向での移動は比較的少ないが, 一部肥満者では再現性が若干不良な場合があり, CT 施行時に照射位置の再設定が必要であった。

特に体軸方向では体の位置がやや動くことがあり, 硬化性発泡スチロールによる固定のみでは不十分な場合があり得る。フレームに付属するレーザービームで体の位置をマークしておくことで対処している。

各分割治療時の毎回の CT 撮影が必要であるか否かは考慮の余地があるが, 少ない回数で治療するので 1 回の位置誤差の影響も少なからず, 何らかの形で毎回の確認が必要であろう。我々は治療時の照合写真も毎回の治療毎に撮影して確認している。肺野病変に関しては前後, 側面の照合写真で確認できることが多いが, 撮影時に呼吸停止しているわけではないので照合写真上での腫瘍の位置は呼吸運動に依存し, 総合的に判断する必要がある。

呼吸移動においても患者の協力が必要である。リラッ



第1図 肺癌の定位放射線治療. (a) 治療時のCT: Stereotactic body frameに入った状態. 周囲より硬化性発泡スチロールで固定するが, 密度は低く, ほとんど見えない (下向き矢印). (b) 治療後の典型的な変化 (4ヶ月後). さらに時間の経過とともに瘢痕様陰影に移行する.

クスしてもらうことが重要であり, それにより小さな呼吸が安定してできるようになる.

## 2. 肺腫瘍治療後の画像変化について

通常の coplanar radiotherapy 後の放射線有害事象のCT所見に関する研究はすでに多くなされている<sup>7,8)</sup>. 一般に放射線肺臓炎を起こした局所は瘢痕化や牽引性気管支拡張により二次的感染症の好発部位となり, 時には難治性の日和見感染を招く. HSRT 後の画像変化は局所的には通常の放射線肺臓炎の評価からすれば重篤なものに類似しているが, 画像上の変化は限局性であり, ほとんど症状を呈することはなかった. われわれの経験では, 治療後初期の肺野の変化として, いわゆるすりガラス陰影と濃厚な浸潤影が照射3~4ヶ月後に認められた. すりガラス陰影は消失もしくは濃厚な浸潤影に移行した. 浸潤影は縮小しつつ瘢痕様陰影に移行し, 固定することが多かった. これは高線量, 小分割投与によりもたらされる高い生物学的効果のためとみなされ, HSRT の対腫瘍効果の有効性を示すものと思われる. 典型的な画像上の変化を第1図に示す.

## 3. 治療成績に関して

以上のように肺腫瘍に対する定位放射線照射は, 局所制御の上で有用であると考えられるが, 同様の報告は, 国内外の数施設からも発表されている<sup>4~6,9)</sup>. 特に, 本検討では転移性腫瘍が比較的多い. 肺転移を治療した場合としなかった場合の生存期間の比較は困難であるが, 我々の経験では転移性腫瘍でも多くの長期生存例が認められ

る. 治療期間も短く, 侵襲性も少ないことから, 症例を限定すればQOLの点からも治療の意義が十分大きいものと思われる. 肝腫瘍に関しても同様に適応を限定すべきであろう.

## まとめ

我々の体幹部腫瘍に対する定位放射線治療の経験から, 施行上の問題点, 治療成績, 治療後画像変化の要点などについて述べた. X線透視による観測では体軸方向の呼吸移動は平均で4mm程度であり, また, 体幹部用フレームによる固定再現性は比較的良好であった. 肺腫瘍においては14病巣中2病巣に再増大を認めたが, 再治療により制御可能であった. 転移性腫瘍においても適応を選ぶことにより治療意義があるものと思われた.

## 文献

- 1) Leksell L: Stereotactic radiosurgery in trigeminal neuralgia. *Acta Chir Scand* 137: 311-314, 1971
- 2) Kunieda E, Kitamura M, Kawaguchi O, Ohira T, Ogawa K, Ando Y, Nakamura K, Kubo A: New system for linear accelerator radiosurgery with a gantry-mounted video camera. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 40: 739-746, 1998
- 3) Wasserman TH et al: Stereotactic irradiation. *Principles and Practice of Radiation Oncology*. 3rd ed. (Ed) Perez CA, Brady LW, Lippincott-Raven, Philadelphia, 387-404, 1998
- 4) Fukumoto S, Shirato H, Shimizu S, Ogura S, Onimaru R, Kitamura K, Yamazaki K, Miyasaka K, Nishimura

- M, Dosaka-Akita H : Small-volume image-guided radiotherapy using hypofractionated, coplanar, and noncoplanar multiple fields for patients with inoperable Stage I nonsmall cell lung carcinomas. *Cancer* 95 : 1546-1553, 2002
- 5) 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 : 1062-70, 1998
- 6) Nagata Y, Negoro Y, Aoki T, Mizowaki T, Takayama K, Kokubo M, Araki N, Mitsumori M, Sasai K, Shibamoto Y, Koga S, Yano S, Hiraoka M : Clinical outcomes of 3D conformal hypofractionated single high-dose radiotherapy for one or two lung tumors using a stereotactic body frame. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 52 : 1041-1046, 2002
- 7) Libshitz HI, Shuman LS. Radiation-induced pulmonary change : CT findings. *J Comput Assist Tomogr* 8 : 15-19, 1984
- 8) Forrest LJ, Mahler PA, Vail DM, Mackie TR, Ladd WM, Kinsella TJ : Computed tomographic evaluation of radiation pneumonitis in canine model. *Radiation Oncology Investigations* 6 : 128-134, 1998
- 9) 白土博樹他 : リニアックによる定位放射線照射 定位放射線治療の臨床的評価. *臨床放射線*, 44 : 1609-1615, 1999
-