

胸部惡性腫瘍의 放射線治療計劃에 있어서 電算化斷層撮影의 利用에 관한 研究

서울大學校 醫科大學 放射線科學教室

李柱赫 · 高京煥 · 河星煥 · 韓萬育

- Abstract -

Radiotherapy Treatment Planning with Computed Tomography in Malignant Tumors of the Chest—Comparison of various techniques

Joo Hyuk Lee, M.D., Kyoung Hwan Koh, M.D.,
Sung Whan Ha, M.D., Man Chung Han, M.D.

Department of Radiology, College of Medicine,
Seoul National University

To evaluate the usefulness of computed tomography (CT) in radiotherapy treatment planning in malignant tumors of thoracic cage, the computer generated dose distributions were compared between plans based on conventional studies and those based on CT scan.

22 cases of thoracic malignancies, 15 lung cancers and 7 esophageal cancers, diagnosed and treated in Department of Therapeutic Radiology of Seoul National University Hospital from September, 1982 to April, 1983, were analyzed.

In lung cancers, dose distribution in plans using AP, PA parallel opposing ports with posterior spinal cord block and in plans using box technique both based on conventional studies were compared with dose distribution using AP, PA and two oblique ports based on CT scan.

In esophageal cancers, dose distribution in plans based on conventional studies and those based on CT scans, both using 3 port technique were compared.

The results are as follows:

1. Parallel opposing field technique were inadequate in all cases of lung cancers, as portion of primary tumor in 13 of 15 cases and portion of mediastinum in all were out of high dose volume.
2. Box technique was inadequate in 5 of 15 lung cancers as portion of primary tumor was not covered and in every case the irradiated normal lung volume was quite large.
3. Plans based on CT scan were superior to those based on conventional studies as tumor was demarcated better with CT and so complete coverage of tumor and preservation of more normal lung volume could be made.
4. In 1 case of lung cancer, tumor localization was nearly impossible with conventional studies, but after CT scan tumor was more clearly defined and localized.

본 논문은 1982년도 서울대학교 병원 특진 연구비 보조로 이루어 졌음.

5. In 1 of 7 esophageal cancers, the radiation volume should be increased for marginal coverage after CT scan.
6. Depth dose correction for tissue inhomogeneity is possible with CT, and exact tumor dose can be calculated.

As a result radiotherapy treatment planning based on CT scan has a great advantage over that based on conventional studies.

I. 緒 論

放射線治療에 있어서腫瘍에 効果的인 線量を照射하고 주위 正常組織의 損傷을 줄이기 위해서 病巢의 正確한 位置와 浸潤범위, 주위 正常組織과의 상관 關係를 아는 것은 重要하며, 電算化斷層攝影(이하 CT로 略稱)은 그 診斷的인 價値이외에도¹⁻⁴⁾, 病巢와 正常組織과의 位置關係를 쉽게 알 수 있고, 線量計算이 용이하여 放射線 治療計劃의 수립에 많이 利用되어 왔으나, 그 效用性에 관한 文獻들이 國外에 散發的으로 報告되어 있을 뿐⁵⁻¹⁶⁾ 國內에는 아직 報告된 바 없다.

著者들은 最近 9 個月간 서울大學校病院 治療放射線科에서 放射線 治療計劃을 수립하기 위하여 CT를 試行했던 肺癌 15 例, 食道癌 7 例, 總 22 例에서 CT를 除外한 放射線學的 檢査등 각종 所見을 利用한 治療計劃시의 深部線量分布와 CT를 利用한 治療計劃의 深部線量分布를 比較, 分析, 檢討한 結果 몇가지 知見을 얻었으므로 이에 報告하는 바이다.

II. 對象 및 方法

1982 年 8 月부터 1983 年 4 月까지 서울大學校 病院 治療放射線科에서 根治的 放射線 治療를 시행한 肺癌 15 例, 食道癌 7 例를 對象으로 하였다.

CT를 除外한 각종 放射線檢査등을 기본으로 하여 透視 및 照準攝影을 利用한 治療計劃을 수립하였으며, 이때의 照射野의 中央을 中心으로 上下 3 내지 5 部位의 CT를 시행하였다. 이때 CT는 General Electric 社製 CT/T 8800 을 利用하였으며, 切片두께는 5 mm 로, 하였고, 身體表面地點 확인을 위하여 血管造影用 카테타 (Red KIFA 7F) 를 피부에 부착하였다.

CT像을 擴大機 (Fujimoto Model 450 M-S Enlarger) 를 利用하여 人體實物크기로 擴大한 후에 이를 기본으로 하여 다시 治療計劃을 修正하였으며 CT 시행 前後 治療計劃 시의 深部線量分布는 治療計劃用 컴퓨터 (Art-

ronix PC-12) 를 利用하여 구하였다.

肺癌의 경우 CT, 試行 前의 治療計劃에 있어서는 後面의 脊髓遮蔽를 包含하는 前後方 兩側對門照射法 (AP PA, parallel opposing field) 와 箱子照射法 (box technique) 을 利用하였으며, CT 試行 後에 있어서는 前後方 兩側對門照射法으로 3600 내지 4500 rad 照射 後에 楔濾過器 (wedge filter) 를 利用한 斜側門 (oblique port) 을 使用하였다.

食道癌의 경우에는 바리움으로 食道를 造影한 상태에서 照準攝影을 하여 前面 및 兩後斜面의 3 門 照射法을 利用한 治療計劃을 수립하였으며 CT 後 이 計劃의 適合性을 檢討하고 必要時 修正하였다.

以上の 治療計劃에서 腫瘍 및 淋巴節의 治療部位內 完全包含 여부와 肺 및 脊髓 등 주위 正常組織의 放射線 照射野內 包含 여부 및 그 범위와 吸收線量을 比較, 檢討하였다.

III. 結 果

肺癌의 경우 15 例중 10 例 (66.7%) 에서 肺門 주위 에 位置하였고 (Fig. 1a), 5 例 (33.3%) 에서 肺後部 에 位置하였다 (Fig. 2a).

食道癌의 경우에는 1 例 (14.3%) 에서 頸部食道에, 胸部食道의 上部에 1 例 (14.3%), 中部에 5 例 (71.4%) 가 位置하였으며 下部에 位置한 경우는 없었다.

肺癌에 있어서는 後面의 脊髓遮蔽를 包含하는 前後方 兩側對門照射法을 利用할 때에 後面脊髓遮蔽로 인한 身體中心部의 線量減少가 있었으며 15 例중 13 例 (86.6%) 에서 原發腫瘍의 一部가 低線量部位에 包含되었고, 또한 全例에서 縱隔洞淋巴節중 身體中心線에 位置한 部分이 低線量部位에 包含되었다 (Fig. 1 b).

箱子照射法은 前部 및 中部에 位置한 原發腫瘍 및 縱隔洞 淋巴節을 充分히 包含할 수 있으나, 放射線 照射野에 包含되는 正常肺組織의 범위가 큰 단점을 가지고 있음을 알 수 있었으며 (Fig. 2c), 原發腫瘍이 後部에 位置한 5 例 (33.3%) 에서는 脊髓가 完全히 包含되므로 이를 適用할 수 없었다.

CT 撮影後 前後方 兩側對門照射法 및 楔濾過器(wedge filter)를 利用한 斜側門(oblique port)을 使用하여 수립한 治療計劃에서는 全例에서 腫瘍을 充分히 包含하여 效果的인 線量을 照射함을 물론 正常肺組織과 脊髓의 線量을 減少시킬 수 있었다 (Fig. 1d, Fig. 2b).

15例중 1例(6.6%)에서 胸部 後前 및 側面사진上 原發腫瘍의 位置를 正確히 알기 어려웠으며 CT 試行後 이를 確認할 수 있었다.

食道癌의 경우에 7例중 1例(14.3%)에서 CT를 試行하기 前의 治療計劃에서의 照射野가 腫瘍을 充分히 包含하지 못하였기 때문에 照射野의 크기를 늘릴 必要가 있었으나, 6例(85.7%)에서는 特別한 도움을 주지는 못하였다.

또한 肺組織의 非均一에 따른 深部線量의 차이를 CT를 利用하여 修正할 수 있었다.

IV. 考 察

放射線 治療에 있어서 治療失敗의 가장 큰 原因의 하나인 幾何學的인 錯誤(Geographic miss)를 피하기 위하여 治療面積을 넓게 하려는 시도와 正常組織을 保護하기 위하여 治療面積을 적게 하려는 시도는 相反된 것으로서 보다 效果的인 治療를 위하여는 腫瘍의 3次元的인 주위 組織과의 상관관계를 아는 것은 必須的이다.

CT가 腫瘍의 位置와 浸潤범위를 正確히 알려준다는 診斷的인 價値는 이미 알려져 있고¹⁻⁴⁾, 治療할 때의 患

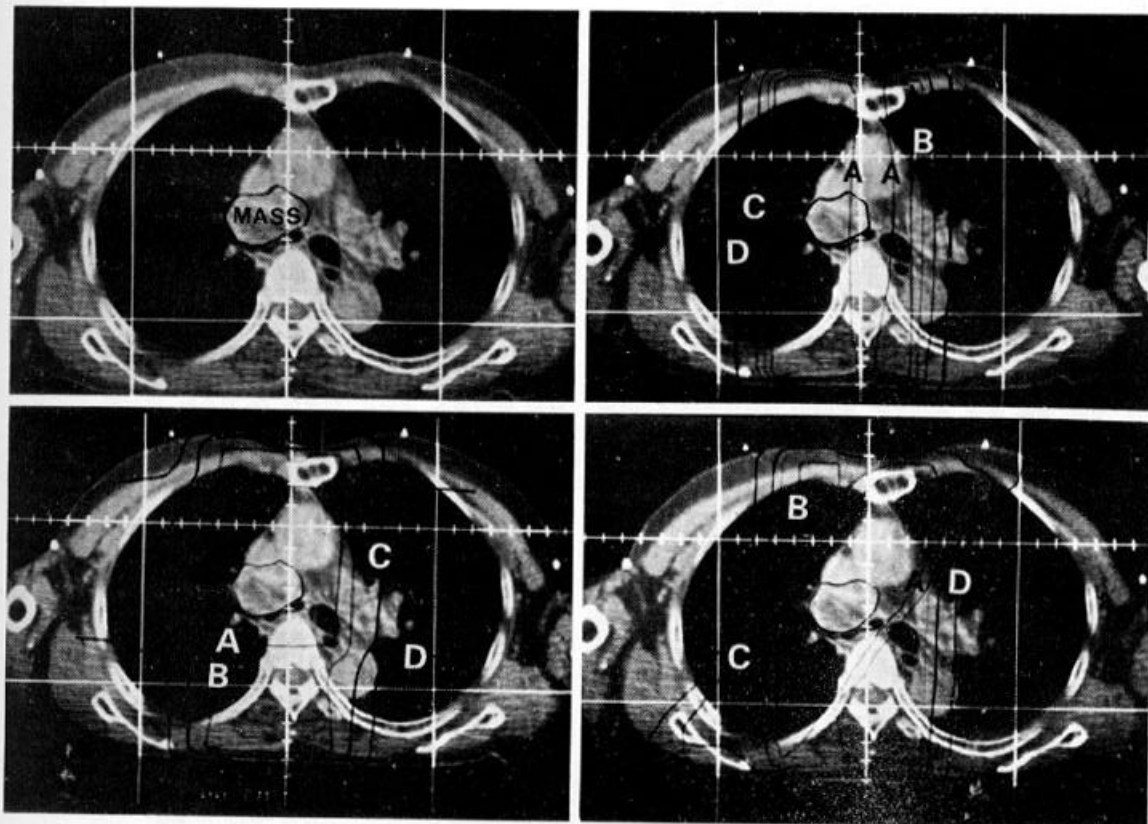


Fig. 1. Dose distributions in various radiation technique for lung cancer located in perihilar area.

a. CT showing the primary tumor. b. Parallel opposing AP, PA ports with posterior cord block. Portion of primary tumor and mediastinum is out of high dose volume. c. Box technique. Irradiated normal lung volume is quite large. d. Treatment planning based CT scan. Complete coverage of tumor and preservation of more normal lung volume can be made.

*A : 5500 rad, B: 4000 rad, C: 2000 rad, D: 5000 rad.

MASS : Primary tumor

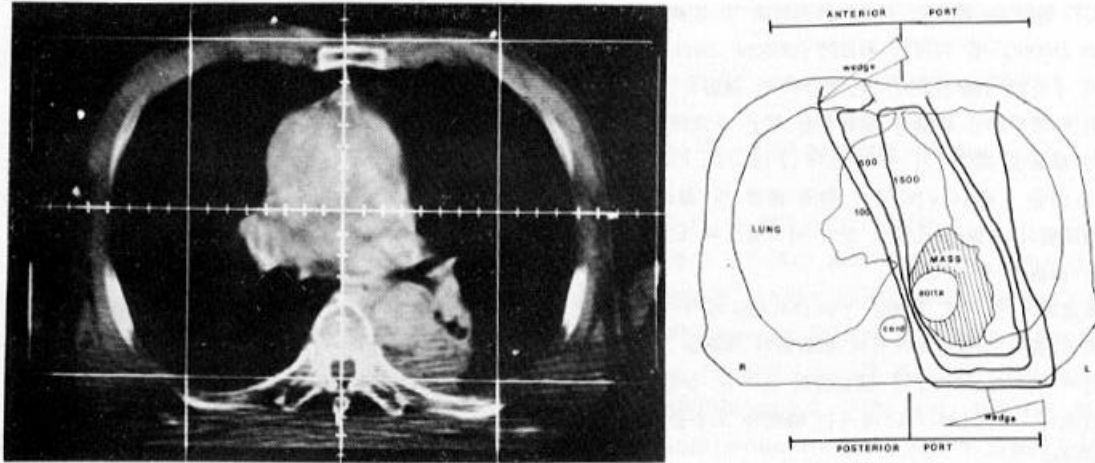


Fig. 2. Radiotherapy treatment plan in lung cancer.

a. CT at the level of tumor, located in posterior portion near the vertebrae. b. Dose distribution of treatment planning after CT scan. AP, PA parallel opposing ports was used upto 4500 rad, then 1500 rad was given with 2 oblique ports using wedge filter.

자의 體位를 維持하면서 스캔을 할 수 있고, 線量計算이 용이하다는 장점때문에 腫瘍을 充分히 包含시키면서 正常組織을 保護할 수 있는 方法으로 CT를 利用한 治療計劃의 適用이 시도되었다^{5-11,16)}.

CT는 上記 장점 이외에도, 腫瘍의 位置를 정하고 病期分類가 可能한 뿐 아니라 放射線 治療에 適合한 患者의 體位를 정할 수 있고, 放射線 照射方法의 선택은 물론 실제 治療時에 利用되는 體型을 만들 수 있고, 治療도중 腫瘍의 變化를 認知할 수 있으며 線量計算 그리고 組織의 不均一에 따른 線量の 補償이 용이하다는 점에서도 有用하다¹¹⁾.

Munzenrider⁹⁾ 등은 75명의 患者중 CT를 試行하기 이전의 治療面積으로 腫瘍이 充分히 包含되지 않았던 경우가 20%, 腫瘍이 照射野의 邊에 너무 가까이 位置한 경우가 27%임을 관찰하여 CT가 放射線 治療計劃을 세우는 데에 있어서 必須인 경우가 55%이고, 도움을 주었던 경우가 31%라고 하였고, Ragan¹⁰⁾ 등은 45명의 患者중 25%에서 CT가 治療計劃을 세우는 데에 있어서 "의미있는 進歩" (significant improvement)를 보였고, 49%에서 "약간 進歩" (some improvement)를 보였다고 報告하였고, Hobday¹⁶⁾ 등은 CT를 試行하여 50명의 患者중 18%에서 治療方法의 修正을 보였고, 48%에서 放射線 照射方法의 修正을 했다고 하였으며, Emami⁸⁾ 등은 肺癌환자 32명중 53%에서 CT가 治療計劃을 세우는 데에 必須의이라고 報告하였다.

著者들의 경우에 肺癌에 있어서, 後方脊髓遮蔽를 包含한 前後方 兩側對門照射를 利用하여 照射할 시에 身體中心部에 線量減少가 있었으며 15例중 13例(86.6%)에서는 原發腫瘍의 一部가 低線量 部位에 包含되었고, 또한 全例에서 縱隔洞 淋巴節중 身體中心線에 位置한 部分이 低線量部位에 包含되었다.

箱形照射法은 前部 및 中部에 位置한 原發腫瘍 및 縱隔洞 淋巴節을 充分히 包含할 수 있으나 放射線 照射野에 包含되는 正常肺組織의 범위가 큰 단점을 가지고 있음을 알 수 있었으며 原發腫瘍이 後部に 位置한 5例(33.3%)에서는 脊髓가 完全히 包含되므로 이를 적용할 수 없었다.

反面에 CT 撮影 後에 前後方 兩側對門照射 및 楔遮蔽器(wedge filter)를 利用한 斜側門(oblique port)을 使用하여 수립한 治療計劃에서는 全例에서 腫瘍을 充分히 包含하여 效果的인 線量を 照射함은 물론 正常組織과 脊髓의 線量を 減少시킬 수 있었다.

또한 肺癌 15例 중, 胸部 後前 및 側面 사진上 原發腫瘍의 位置를 正確히 알 수 없던 1例(6.6%)에서 CT로 이를 확인할 수 있었다.

또한 食道癌의 경우 CT를 試行하여 수립한 治療計劃으로 照射面積이 커진 경우가 1例(14.3%) 있었다.

그리고, 肺組織의 不均一에 따른 線量의 차이를 CT를 利用하여 修正할 수 있었으며, 실제 治療 時에 利用되는 體型을 CT를 利用하지 않고 石膏를 使用하여 만

들 경우에 5~10 mm의 誤差가 있었으나 CT를 利用하여 體型을 만들 경우에 誤差를 5 mm 以下로 줄일 수 있었다.

결국 前後方 兩側對門照射와 楔形濾器 (wedge filter)를 利用한 斜側門을 使用하여 照射하는 方法이 後方脊椎 遮蔽를 包含하는 前後方 兩側對門照射法이나 箱子照射法보다 腫瘍에 效果的인 線量을 照射하고 正常組織을 保護한다는 면에서 우월하며 이를 위하여 CT를 利用하여 治療計劃을 수립하는 것이 유익하다.

V. 結 論

著者들은 1982年 8월부터 1983年 4월까지 서울大-學校病院 治療放射線科에서 放射線 治療計劃을 수립하기 위하여 CT를 試行했던 肺癌 15例, 食道癌 7例, 總 22例에서 CT를 除外한 放射線學的 檢査등 각종 所見을 利用한 治療計劃 시의 深部線量分布와 CT를 利用한 治療計劃시의 深部線量分布를 比較, 分析, 檢討한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 後面 脊椎遮蔽를 包含한 兩側對門照射法은 肺癌의 경우에 15例중 13例 (86.6%)에서 照射野가 腫瘍을 充分히 包含하지 못하고, 全例에서 縱隔洞 淋巴節중 身體中心線에 位置한 部位가 低線量部位에 包含되어서 腫瘍을 充分히 包含하고 正常組織의 線量을 減少시키기에는 不適合하다.

2. 箱子照射法은 肺癌의 경우에 15例중 5例 (33.3%)에서 照射野가 原發腫瘍을 充分히 包含하지 못하고, 全例에서 正常肺組織의 照射범위가 넓기 때문에 腫瘍을 充分히 包含하고 正常組織의 線量을 減少시키기에는 부적합하다.

3. CT를 利用하여 治療計劃을 세울 경우, 全例에서 腫瘍의 正確한 位置와 浸潤범위는 물론 腫瘍을 充分히 包含하면서 效果的인 線量을 照射하고 正常組織을 保護할 수 있어서 兩側對門照射法이나 箱子照射法보다 우월하다.

4. 肺癌 15例중 胸部 後前 및 側面사진상 原發腫瘍의 位置를 正確히 알 수 없던 1例 (6.6%)에서 CT로 이를 確認할 수 있었다.

5. 食道癌 7例중 1例 (14.3%)에서 CT를 試行하기 전의 照射野가 腫瘍을 充分히 包含하지 못하여, CT를 試行한 후 腫瘍을 充分히 包含하기 위하여 照射面積이 넓어졌다.

6. CT를 利用하여 放射線 治療計劃을 수립하여 肺組織의 不均一에 따른 深部線量이 차이를 修正할 수 있었다.

REFERENCES

1. Sagel S, Stanley RJ, Evans RG : *Early clinical experience with motionless whole body computed tomography*, *Radiology* 119:321-330, 1976.
2. Stanley RJ, Sagel SS, Levitt RG : *Computed tomography of the body; early trends in application and accuracy of the method*, *AJR* 127:53-67, 1976.
3. Jost RG, Sagel SS, Stanley RJ et al : *Computed tomography of the thorax*, *Radiology* 126:125-136, 1978.
4. 강익원, 장기현, 박재형 등 : 흉부질환의 전산화 단층촬영에 관한 고찰. 대한방사선의학회지. 18(4) :703-709, 1982
5. Chernak BS, Rodriguez-Antunez A, Jeldin GL et al : *Computed tomography for radiation therapy treatment planning*, *Radiology* 117:613-614, 1975.
6. Jelden GL, Chernak ES, Rodriguez-Antunez A et al : *Further progress in CT scanning and computed radiation therapy treatment planning*, *AJR* 127:179-185, 1976.
7. Laughlin JS, Chu F, Simpson L et al : *Radiation treatment planning*, *Cancer* 39:719-728, 1977.
8. Emami B, Melo A, Carter B et al : *Value of computed tomography in radiotherapy of lung cancer*, *AJR* 131:63-67, 1978.
9. Munzenrider JE, Pilepich M, Rene-Ferrero JB et al : *Use of body scanner in radiotherapy treatment planning*, *Cancer* 40:170-179, 1977.
10. Ragan DP, Perez CA : *Efficacy of CT-assisted two-dimensional treatment planning; analysis of 45 patients*, *AJR* 131:75-79, 1978.
11. Goitein M, Wittenberg J, Mendiondo M et al : *The value of CT scanning in radiation therapy treatment planning; a prospective study*. *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.* 5:1787-1798, 1979.
12. Stewart RJ, Hicks JA, Boone MLM et al : *Computed tomography in radiation therapy*, *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 4:313-324, 1978.
13. Schlager B, Asbell SO, Baker AS et al : *The use of*

- computerized tomography scanning in treatment planning for bladder carcinoma, Int. Radiation Oncology Biol. Phys., 5:99-103, 1979.*
14. Goitein M : *The utility of computed tomography in radiation therapy: an estimate of outcome, Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., 5:1799-1807, 1979.*
15. Hendee WR : *Computed tomography in radiation therapy treatment planning, Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., 4:539-540, 1978.*
16. Hobday, PA, Husband JE, Parker RP et al : *Initial clinical experience using a whole body CT scanner directly linked to a treatment planning computer, J. Comput. Assist. Tomogr. 2:525, 1978.*
-