



Title	肺腫瘍の病巣線量算定に関する一考察
Author(s)	前田, 盛正; 小林, 孝俊; 中塚, 次郎 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1963, 23(6), p. 773-777
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16760
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

肺腫瘍の病巣線量算定に関する一考察

京都府立医科大学放射線医学教室（指導：金田弘教授）

前田盛正 小林孝俊 中塚次郎
山田親久 浦野宗保

(昭和38年6月22日受付)

On the Estimation of Tissue Dose in the Treatment of Pulmonary Tumor

By

Morimasa Maeda, Takatoshi Kobayashi, Jiro Nakatsuka,

Chikahisa Yamada and Muneyasu Urano

Kyoto Prefectural University of Medicine, Department of Radiology
(Director, H. Kaneda)

The estimation of tissue dose is very important in the treatment of lung cancer. The clinical aspects of this problem have not been solved yet although many studies have been reported.

F.W. Spiers described a method of calculation using absorption coefficients, which is a precise and reasonable method but is hardly applicable for clinical use.

We measured depth doses with phantoms of sawdust-paraffin ($\rho=0.45$) and cork ($\rho=0.21$), and found that the slopes of their depth dose curves were proportional to their densities, in Co^{60} -irradiation. In the experiments with a chest phantom consisting of sawdust-paraffin and Mix-DP ($\rho=1.0$), the depth dose in each material showed the same slope as that in a phantom of each homogeneous material on semi-logarithmic graph paper.

We can, therefore, estimate the density of lung tissue, when the exit dose is measured and the depth dose in water at the same physical conditions is quoted from the Standard Depth Dose Table.

We can also estimate the tumor dose with the same method, when the exit dose through the tumor is measured.

The principle of this method is as rational as that of Spiers and very easy to apply clinically.

肺癌に対する放射線治療の成績は、篩照射法を用いることにより、また Co^{60} 遠隔照射法の普及により、さらに超高压レ線を使用することにより著しく改善されつつあるが、外科的手術による成績と比較するとかなりの開きがある。外科手術による5年生存率を見るに、20%以上を示すものがあるのに比し、放射線治療では10%以下である。こ

れは放射線治療の対象となる症例の多くが、すでに手術の適期を過ぎた末期のものが多いことによるものであるが、照射方法ならびに照射線量についても検討すべきものが少くない。一般に肺癌の適正線量は5000～6000r（5～6週間）と考えられているが、組織像によりかなりの差があり、未分化癌が最も感受性が高く、扁平上皮癌これに次

が腺癌が最も低い。問題は腫瘍線量をいかにして算定するかである。

言うまでもなく、肺は筋肉、脂肪等の軟部組織とは異なり、密度が低く、したがつて放射線の吸収が少ないので、一般に広く用いられているGrebe u. Wiebe または Johns の深部線量表より算定することはできない。また一率にある一定のいわゆる組織率を乗することにも疑問がある。何となれば肺内における腫瘍の位置により、大きさにより、また肺の含気度の差により組織率は異つてくるからである。

この問題については、これまでいくつかの方法が考案されている。F.W. Spiers(1946)¹⁾(1951)²⁾は軟部、肺および骨の減弱係数を求め、各組織の厚みに対応して減弱曲線を描いている。

R.O. Kornelsen(1954)³⁾は射出線量を測定し、これから減弱係数 μ を求め、 $D_x = e^{-\mu x}$ の式からXcm深部の腫瘍線量を算出すると報告している。また J.R. Nahon (1954)⁴⁾ は仔牛の肺を用い、その深部減弱曲線が比重 0.5 の Plywood フアントームの減弱と一致することを認め、胸部フアントームとして Plywood フアントームを使用することをすすめている。後二者の考え方は胸部の各組織の密度の違いを平均化しているものである。Co-60 遠隔照射ではこの問題は非常に簡単化され、L.E. Jacobson (1956)⁵⁾ は肺フアントームとして比重 0.27 のコルクを用いた実験から、Co-60 遠隔照射の 2 門以上の照射法では、Correction factor は 1.15 であるという。

これらの方法は、それぞれの長所をもつているが、その反面たがいに他の方法のもつている長所を見逃がしているという缺点がある。

肺内腫瘍の病巣線量算定には、次の諸点が考慮されなければならない。

- a . 胸壁、肺、腫瘍による減弱係数の変化
- b . 肺の比重、胸壁の厚みの個体差
- c . 腫瘍の位置及び大きさ
- d . 放射線源、距離、照射野の大きさ

言うまでもなく、算定にはこれらの諸因子を充分に検討すべきであるが、同時にこれを臨床的に応用するには、できるだけ簡便であることが望ま

しい。我々はこの点について従来の方法を改良、かつ総合し、Co-60 遠隔照射法における肺の腫瘍線量の算定法として一試案を得たのでここに報告する。

1. 密度と減弱曲線

放射線の減弱は $e^{-\mu x}$ として示される。物質の元素構成が同じであれば、密度 ρ の異なる場合も $\mu/\rho = \text{constant}$ と考えられる。例えば密度 0.5 の減弱係数を μ_1 とし、密度 1 のものを μ_2 とすれば $\mu_1 : \mu_2 = 0.5 : 1$ となる。深部減弱曲線に於ての μ を論ずる場合には、距離二乗による減弱と、浅層に於ける減弱曲線の非直線性を考慮しなければならないが、我々がここに問題にしたいのは深層に於ける直線部分の減弱係数である。

そこで第 1 図の如く、半対数グラフに Co⁶⁰ 遠隔照射法にて、距離 50cm、照射野 10 × 10cm² の場合として距離二乗則による直線と、水の減弱曲線の

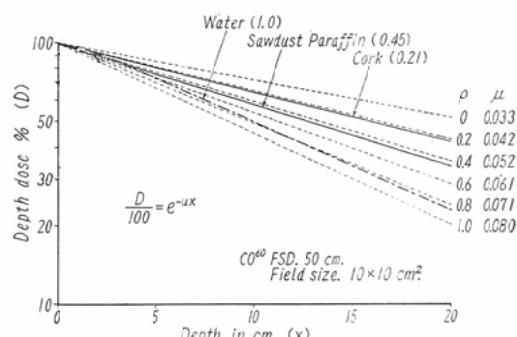


Fig. 1 Relation between density and absorption-coefficient

直線部分に平行に原点より直線を引き、前者を密度 0 の場合、後者を密度 1 の場合の減弱曲線とすると、両者の間を等間隔に区分した直線はそれぞれの密度の減弱曲線を示すものと考えてよい。

われわれは試みに密度 0.21 のコルクと密度 0.45 の鋸屑パラフィンフアントームを用いて深部減弱曲線を求めたが、この値はさきの理論値ときわめてよく一致することを知り得た。この際、これらの低密度のフアントームを用いて測定した場合には、浅層に於いても直線的に減弱する傾向が認められたが、これは散乱線が少ないとによるものと考えられる。

2. 胸部ファントームに於ける深部減弱曲線と射出線量

肺の密度は0.2—0.78ともいわれ、また0.32との報告もあるが、われわれの測定法では後述の如く安静呼吸時には約0.4と考えられるので、当教室において鋸屑2、パラフィン1の割合にて作製した比重0.45の鋸屑パラフィンをもつて肺ファントームとした。

胸壁は軟部と見做し、比重1.0のMix-D.P⁶⁾の2.5cm及3.0cmの厚めのものを、それぞれ前及び後胸壁とした。また各々のファントームは20cm×30cmの面積をもつ板状のものである。標準の胸厚として18cmを仮定し、鋸屑パラフィンファントームの一枚の厚さは2.5cmであるので、これを5枚重ねて肺ファントームとし、これに前後両壁としてMix-D.Pファントームを加え胸部ファントームとした。

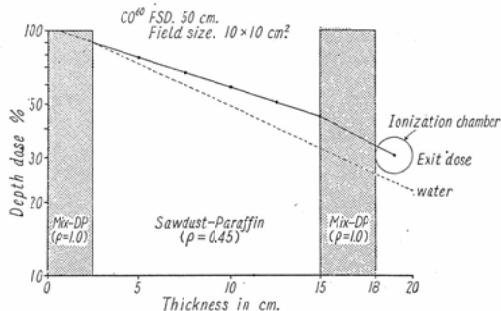


Fig. 2 Depth dose and exit dose with a chest phantom

照射条件は前述と同じで、線量計は島津製直示型線量計B-421を使用した。この電離槽の直径は約2cmである。これを射出側ファントームに接置せしめて測定した。

深部線量及び射出線量の測定結果をグラフの上に描いたものが第2図である。これを見ると胸壁の部分は密度1の、肺の部分は密度0.45の減弱曲線の傾斜度によく一致している。

3. 人体胸部の呼吸による射出線量と肺の密度の変化

肺に異常陰影を認めない症例について胸部の射出線量を測定し、胸壁の厚みは断層像によって求め、第3図の如く、グラフ上に測定された射出線

量を求め、この点より後胸壁の部分は密度1すなわち水の減弱曲線に平行線を描き、次いで肺内は直線にて前胸壁の水の減弱曲線に移行せしめる。安静呼吸時、深吸気時および深呼気時の胸厚と、それぞれの場合の射出線量を測定し作図し、これらの肺の減弱曲線の傾斜度を第1図に示した各密度による傾斜度とを比較すると、それぞれの場合

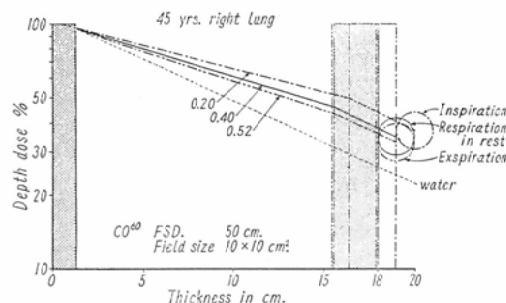


Fig. 3 Respiratory change of lung density in a normal subject

の肺の密度を推定することができる。この症例では図に示すごとく安静呼吸時には0.4吸気時には0.2、呼気時には0.52の値を得た。これらの値はもとより個人により若干の差はあるが、われわれが健康人の多数例について測定した結果では、ほぼこれに近い値を示すものが多かつた。

またこの人体における測定値では、肋骨による吸収を考慮しなければならないが、レ線の場合はさて置き、Co-60では殆んど無視してよいと考える。

4. 肺内腫瘍を想定した胸部ファントームにおける深部線量率と射出線量

前述の鋸屑パラフィンならびにMix-D.Pにて構成された胸部ファントーム内に想定腫瘍として5×5×5cm³のMix-D.Pを入れて同様に測定した。

第4図に示す如く、腫瘍部は水の減弱に一致し、他の肺野は密度0.45の減弱を示している。従つてこの測定法を肺腫瘍患者に応用する場合には、予め健康側の肺について胸厚ならびに前後胸壁の厚さを断層像より求め、射出線量を測定し、半対数グラフ上に減弱曲線を求めておき、つぎに患側肺について同様に胸壁、肺、腫瘍の厚さを求

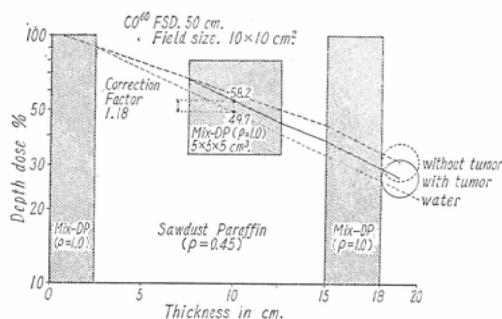


Fig. 4 Depth dose and exit dose in a chest phantom with a simulated tumor

め、またその射出線量を測定すれば、半対数グラフ上に射出線量を起点して胸内各部の密度に比例した減弱曲線を描くことができ、この曲線より肺内腫瘍における病巣線量を算出することが可能となる。

なおこのファントム実験では腫瘍の中心における腫瘍線量と、標準深部線量との比すなわち Correction factor は1.18となる。この値は図から判る様に腫瘍までの肺の厚みが大きいほど大きい。

5. 肺腫瘍患者における病巣線量の算定

以上の結果から、肺腫瘍の患者の深部線量曲線は、胸壁、肺、腫瘍の厚みと位置を胸厚実測値と断層像（又は横断像）より求め、治療時の条件（線源、距離及び照射野）にて射出線量を測定すれば、同様にして描くことが出来る。

この際、軟部の減弱曲線は、標準深部線量表の当該の距離及び照射野のものを撰んで作図する。

健康肺の減弱曲線の傾斜度は、同じ照射条件にて測定出来る肺野（例えば反対側）が得られればよいが、若し得られなければ小照射野で測定し、第1章の原理にて肺の密度を求め、次いで治療時の照射条件に同じ原理にて修正して求めなければならない。

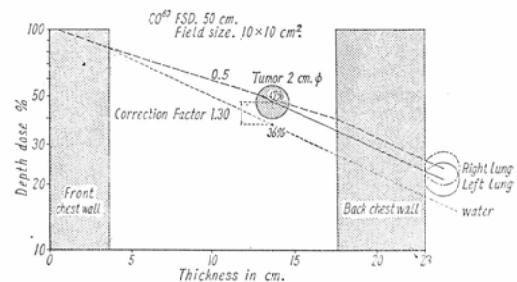


Fig. 5 Estimation of depth dose in a patient with cancer of right lung

本法の臨床的応用に際しての操作の順序を第一表に示した。われわれは既に10数例について、この方法による病巣線量を求めており、測定誤差のために、必ずしも完全に上述の法則通り描けるとは限らないが、ほぼ満足し得る結果を得ている。

第5図に測定の一例を示した。図の如く前方より照射したとすれば、Correction factor は1.30と甚だ大きい値となる。

6. 考 察

われわれの方法は胸内各組織の密度と厚みによって減弱曲線を描く点に於いて F.W. Spiers の

Table 1. Clinical Method of Estimation of Pulmonary Depth Dose

1. Measure the thickness of the chest and take tomogram, to determine the true thickness of the chest wall, lung and tumor.
2. Measure the exit dose in the healthy lung under the same physical conditions as in radiation therapy, and draw the depth dose line of the normal lung on semi-logarithmic graph paper.
(At the chest wall, the line must be drawn parallel to the slope of water at the same physical conditions.)
3. Measure the exit dose through the tumor under the same physical conditions as above. Starting at the point of exit dose, draw the curve of the depth dose so that the part representing lung tissue is parallel to that of the normal side, and that representing soft tissue (chest wall, tumor) is parallel to that of water.
4. Read the depth dose of tumor from the curve.

方法と原理的に同じで、最も精密な方法である。しかし彼の方法は組織の μ の値から計算し、入射点から描いていくものであり、しかも散乱線について煩雑な考慮を必要としている。

また、H.E. Johns⁷⁾ は Co⁶⁰ 固定照射法の臨床的な算定法として、focussing chamber を用いて equivalent thickness を求め、これより射出線量を算出し、半対数グラフに作図している。

われわれは射出線量を治療時の条件で測定することにより、計算による誤差を除き、照射条件や肺の密度や腫瘍の位置大きさをも考慮しうる簡単な作図法を用いたので、臨床的に広く応用しうるものと考える。

T.E. Burlin⁸⁾ は密度の異なる物質を透過するとき、その物質固有の減弱曲線に達するのに数cm を要するという。われわれも密度0.21のコルクを使用した胸部ファントムでは同様の現象を認めたが、密度0.45の鋸屑パラフィンを用い、射出線量を測定した場合には、第2.4図に示すごとく、特にこの現象による修正の必要を認めなかつた。しかも安静呼吸時の肺の密度は後者のファントムに近いものと考えられる。

7. 結論

肺腫瘍の病巣線量をできるだけ正確に計測しようとして、まず鋸屑パラフィンと Mix-DP. により構成される胸部ファントムを用いて検討し、Co-60 遠隔照射法に於いては胸内減弱曲線は各部分の密度に一致した減弱を示すことを確認した。この法則を応用して、断層像と射出線量から半対数グラフ上に作図することによって、比較的容易に、しかも従来の方法より一段と正確に、肺内の病巣線量を算定しうる方法を案出した。

文獻

- 1) Sipers F.W.: Brit. J. Radiol., 19 (1946) 52.
- 2) Spiers F.W.: Brit. J. Radiol., 24 (1951) 365.
- 3) Kornelsen R.O.: Brit. J. Radiol., 27 (1954) 289.
- 4) Nahon J.R. and Hawkes J.B.: Amer. J. Roentgenol., 72 (1954) 819.
- 5) Jacobson L.E. and Knauer I.: Radiology, 66 (1956) 70.
- 6) 尾内能夫、楠本五郎：日本医学会誌19巻5号1012頁（昭和34年8月）。
- 7) Johns H.E.: The Physics of Radiology 11nd Edition, Charls C. Thomas Publisher, Springfield, Illinois
- 8) Burlin T.E.: Brit. J. Radiol., 30 (1957) 543.