

Title	CTを用いた食道癌腔内照射時の粘膜表面線量の解析
Author(s)	野末, 政志; 西村, 哲夫; 金子, 昌生
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1999, 59(1), p. 20-26
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17113
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

CTを用いた食道癌腔内照射時の粘膜表面線量の解析

野末 政志 西村 哲夫 金子 昌生

浜松医科大学放射線医学教室

CT Analysis of Mucosal Surface Dose in Intraluminal Irradiation for Esophageal Cancer

Masashi Nozue, Tetsuo Nishimura
and Masao Kaneko

【Purpose】Balloon applicators are generally used in intraluminal irradiation for esophageal cancer. CT exhibits a distortion of the applicator during treatment. Because little attention has been paid to dose non-uniformity in the esophageal mucosa, we analyzed mucosal surface dose using CT. **【Materials and Methods】**Eleven patients with esophageal cancer treated with a double-lumen balloon applicator (balloon length: 15cm, diameter: 20mm) were evaluated. Reference dose was prescribed at 5mm under the mucosal surface. Mucosal surface points were determined from CT images, and relative surface dose to reference dose was calculated. Hot and cold spots were defined respectively, as dose points receiving at least 200% and less than 100% of the reference dose.

【Results】The mean mucosal dose ranged from 138% to 174%. Mucosal dose was distributed widely from 100% to 199% in 94% of all patients. Hot and cold spots accounted for 5.3% and 0.7% of mucosal dose points, respectively.

【Conclusion】1) CT analysis exhibited the inhomogeneity of esophageal mucosal dose in intraluminal irradiation. 2) At present, it is acceptable to prescribe the reference dose at 5mm under the esophageal surface. 3) Balloon applicators should be improved to achieve dose uniformity in the esophageal mucosa.

Research Code No. : 605.3

Key words : Esophageal cancer, Brachytherapy, Dose evaluation, CT

Received Aug. 28, 1998; revision accepted Oct. 26, 1998

Department of Radiology, Hamamatsu University School of Medicine

はじめに

食道癌に腔内照射が有用であるとする報告はこれまでに多くみられる¹⁾⁻¹²⁾。その理由は、外照射単独に比べ食道周囲正常組織の耐容線量を考慮した上で原発巣に多くの線量を集中できると考えられるからである。高線量率腔内照射では1個の線源を食道腔内で直線状に移動させるため、得られる線量分布は基本的には線源移動軸に対して同心円となる。従って線量は線源からの距離に大きく依存し、線量勾配は線源に近いほど急峻となる。食道に対する線量を均一にするためには、線源と食道の位置関係をなるべく等距離にし、かつできるだけ距離を離すことが必要となる。

現在我が国では食道癌腔内照射のために専用のアプリケーション^{13),14)}が広く使用されている¹⁵⁾。このアプリケーションは二重バルーン構造となっており、線源バルーン表面(食道粘膜表面と一致と考える)距離をなるべく一定に保つと同時に、食道壁内の線量勾配を小さくするためにある程度の大きさに膨らませることができる。

しかしながらこれまでの腔内照射ではバルーンアプリケーションの規格にしたがって線量評価点を設定するだけで、バルーンアプリケーションの膨らみ方や食道壁の線量についてはあまり留意されていなかった。一方Computed Tomography (CT)はアプリケーションと周囲臓器の双方を高精度の空間分解能で観察できる。実際の使用においてバルーンの膨らみ方は症例毎にさまざまであり、これが食道粘膜表面線量の値に大きな影響を与えると考えられる。そこで食道癌の腔内照射施行例についてCTを使って線源と食道壁を確認し、食道粘膜表面線量を算出し解析を行ったので報告する。

対象および方法

1992年7月から1997年9月までの期間に当科で腔内照射が行われた食道癌は55例あり1987年UICC分類¹⁶⁾によるTis-2N0M0の新鮮胸部食道癌は15例であった。このうち直径20mmのバルーンアプリケーションを使用しCT撮影が行われた11例を対象とした。全例男性で年齢は54~80歳であった。食道癌取り扱い規約¹⁷⁾による腫瘍の局在はImが6例と最も

Table 1 Patient characteristics

Case	Age (years)	Tumor site	T stage	Treatment length (mm)
1	80	lm	T2	60
2	56	lm	T2	80
3	72	lm	T2	80
4	61	lm	T1	55
5	65	Ei	T2	75
6	56	lu	T1	70
7	58	lm	Tis	65
8	57	lm	T1	70
9	54	lu	T2	70
10	77	Ei	T1	110
11	70	lu	T2	60

lu: upper intrathoracic; lm: middle intrathoracic; Ei: lower intrathoracic.

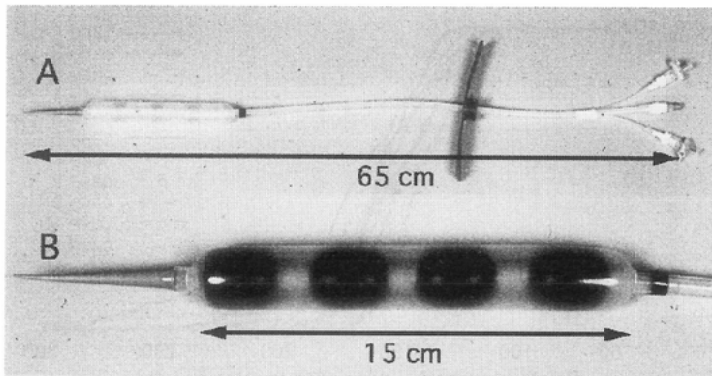


Fig.1 Balloon applicator (MS type) used in this study. A: 20mm diameter applicator, B: a close-up picture of the tip of applicator (four inner balloons are visible with coloring material).

多く次いでIuであった。腫瘍深達度はT2が6例と最も多かった。腔内照射での治療長は55mmから110mmにわたっていた。T1症例では44 Gy/22回/4.4週、T2症例では60 Gy/30回/6週の外照射が腔内照射に先立って行われており、腔内照射時には内視鏡や上部消化管造影で腫瘍は消失していた (Table 1)。

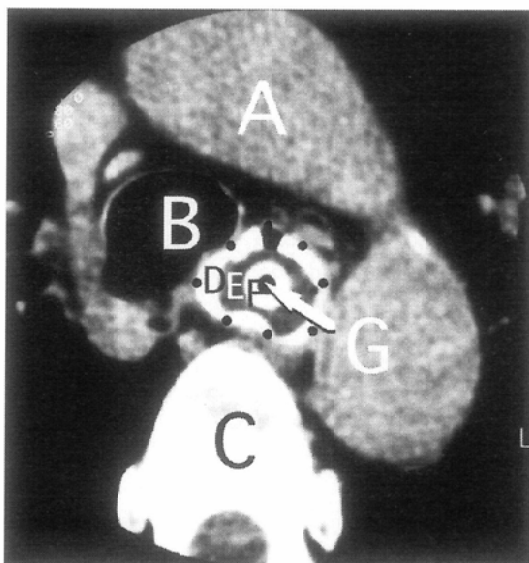


Fig.2 Dose calculation points at the mucosal surface of esophagus indicated as black dots. A: aorta, B: trachea, C: vertebral body, D: contrast medium in the outer balloon, E: water in the inner balloon, F: shaft of balloon applicator, G: lumen of the shaft (arrow).

使用した治療装置はオランダNucletron社製micro-Selectron-HDRである。治療計画及び線量計算は治療計画装置PLATOによった。アプリケータは全例にバルーン外径20mmのクリエートメディック社製土器屋式4連二重バルーンアプリケータ (MS型食道用腔内照射用アプリケータ) を使用した^{13),14),18),19)} (Fig.1)。

CT撮影はそれぞれの患者に各1回ずつ腔内照射直後に行った。バルーンアプリケータを挿入・拡張させたままの状態ストレッチャーにてCT室に搬送し撮影した。スライス厚は1.0mmないし1.5mm、スライス間隔は10mmで撮影した1例を除き7mmとした。

食道粘膜表面の線量計算点は、腔内照射での治療域の全CTスライスで線源を中心として腹側の方向を0度として時計回りに45度おきに8点を設定した (Fig.2)。CTで設定した線源及び線量計算点をPLATOに入力して三次元的に再構成し、実際に行われた治療計画を再現した。

実際の治療は正側2方向の確認X線写真を用いて計画した。正面確認X線写真で、治療域中央でのバルーンアプリケータの直径の半分を線源食道粘膜表面距離とし、線量評価点を粘膜下5mmに設定した。すなわち線源食道粘膜表面距離に5mmを加えたものを線源線量評価点距離とした。線源線量評価点距離は全ての部位で均等と仮定した。線量評価点を線源の湾曲内側方向に治療域全体にわたって複数個設定しdose point optimization method²⁰⁾により最適化計算を行った。線源停留範囲は治療域の口肛側に10mmずつ余分に設定し、最適化計算によって粘膜表面線量が過線量にならないようにした (Fig.3)。

線量評価点の線量を100とした場合の食道粘膜表面の線量計算点の相対値を算出し、これを粘膜表面線量とした。また評価点線量未満の線量域をcold spot、評価点線量の2倍以上の線量域をhot spotと定義し解析した。

結 果

11例の粘膜表面の線量計算点の数は64~120 (中央値80)であった。粘膜表面線量の最大値が199以下であったものが4例、200以上が7例であった。最小値は99以下が2例、他の9例は101~128の範囲に含まれた。中央値は141~166、平均値は138~174であった (Table 2)。

11例の粘膜表面線量を累積曲線として示した (Fig.4)。ほとんどの症例で曲線は100から199の間でなだらかに下降し、粘膜表面線量はこの範囲で広くばらついていた。また一部の症例では200を大きく超える値が見られhot spotが生じていた。

線量を99以下・100~149・150~199・200以上の4群に分けてその割合を示したところ、cold spotを示したものは2例のみでそれぞれ2%と6%であっ

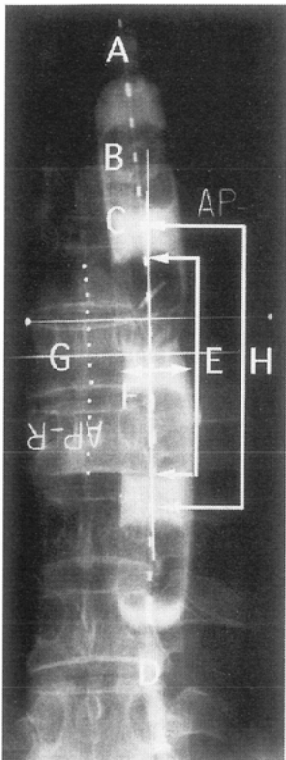


Fig.3 Treatment planning method.
A: dummy source, B: inner balloon (lucent with water), C: outer balloon (visible with contrast medium), D: catheter tip, E: target area, F: diameter of balloon applicator, G: reference dose points, H: dwell positions set 1 cm beyond target area.

Table 2 Relative mucosal surface dose to reference dose at 5 mm under the mucosa

Case No.	Number of calculation point	Maximum dose	Minimum dose	Median dose	mean dose	S.D.
1	64	220	128	158	159	19.2
2	88	169	109	141	138	14.7
3	88	202	97	143	145	24.1
5	64	239	112	150	155	29.0
6	80	338	111	166	174	44.2
7	72	190	113	149	148	18.6
8	80	248	118	159	164	24.4
9	80	240	110	158	157	24.6
10	120	172	101	142	142	13.9
11	72	270	85	151	155	35.0

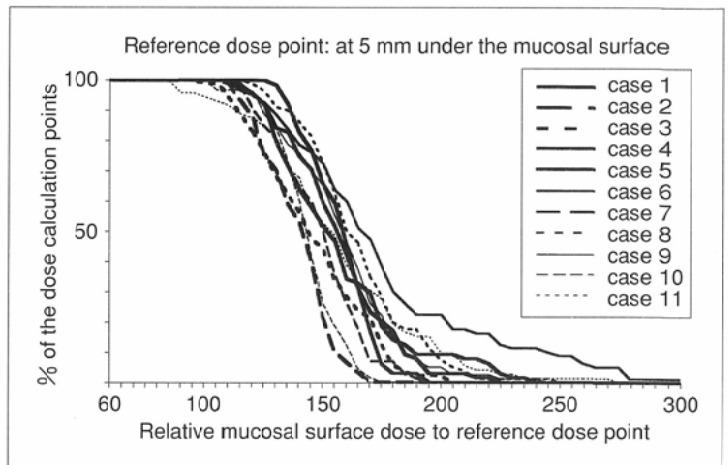


Fig.4 Dose-point (%) histogram. Reference dose points were set at 5mm under the mucosal surface. The value of dose calculating points relative to reference points is considered to represent the dose of mucosal surface.

た(Fig.5). これに対しhot spotを示したものは7例あり、この内10%を超えたものは2例あった。11例の粘膜表面線量を総計してみるとcold spotは0.7%・hot spotは5.3%となり、粘膜表面の94%は100~199の線量範囲に含まれていた。

Fig.6に11例の治療範囲及びhot spot, cold spotの発生部位を示した。hot spotはIuからImの大動脈弓や左主気管支と接する部位とImからEiにかけての心臓に接する部位の2つの領域に観察された。一方cold spotを示した部位はわずかであったが、hot spotの近くで観察された。hot spotを示した7症例のうちその割合の多かった症例6及び11のCT像を示す(Fig.7)。またcold spotを示した症例3及び11のCT像を示す(Fig.8)。粘膜表面線量のばらつきは周囲正常組織による圧排や線源軸の偏心といったバルーンアプリータの歪みによっていた。

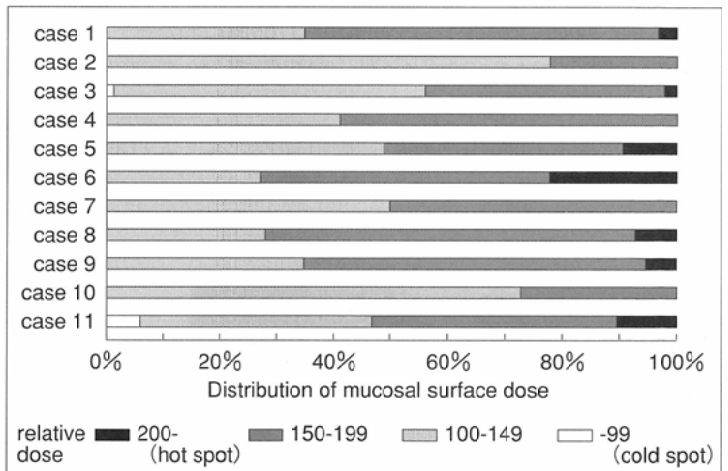


Fig.5 Ratio of hot/cold points is shown, when reference points are set at 5mm under the mucosal surface. Dose 99 or less (defined as cold spot) are found in case 3 and 11. Dose 200 and more (defined as hot spots) are found in case 1, 3, 5, 6, 8, 9 and 11.

考 察

食道癌の腔内照射は1925年にGuisez²¹⁾が報告した。国内では1968年に金田ら²²⁾が腔内照射の報告を行い、1976年に阿部ら²³⁾は外照射に併用してバルーンアプリータを用いた高線量率腔内照射を報告した。1983年に菱川²⁾は多くの症例に対して高線量率腔内照射を施行しその有用性を報告した。その後も腔内照射を有用とする多数の報告が続いたが、症例の多くは進行癌であって腔内照射の目的は主として外照射後のboostであった^{1),2),4),5),8)-12)}。また、狭窄の著しい症例に対して症状の早期改善や効果

の持続期間の延長を計ることで、患者のQOLを向上させる姑息・対症療法としての有用性も述べられてきた^{8),24),25)}。

しかし近年早期食道癌が増加し、医学的に手術適応が無い場合や臓器温存の立場から放射線治療を第一選択とする場合もみられ、腔内照射の併用により食道周囲正常組織の線量を減らして根治的治療が可能と考えられるようになって

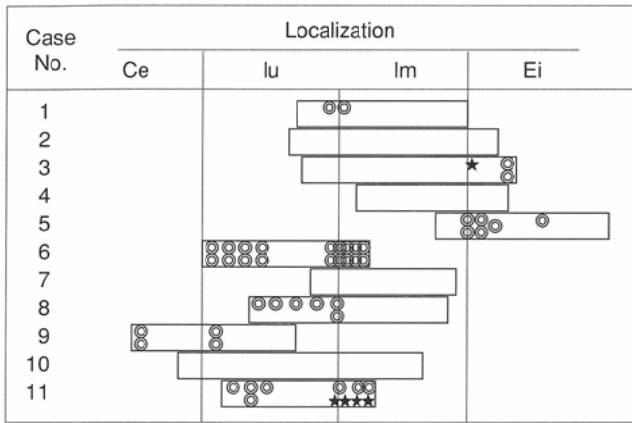


Fig.6 Treatment portion and location of hot and cold points. Double open circle and black star indicate hot and cold spots, respectively. Open square bars indicate treatment portion in each patient.

た^{3)-8),26)-28)}。しかし腔内照射に際して、ある程度腫瘍が存在したり狭窄が強い進行癌と、腫瘍が非常に小さくて食道腔内が十分拡張可能な早期癌を同じ手技で照射することにはいくつかの問題がある。

問題の1つはアプリケータの選択である。これまでアプリケータとして直径10mmのチューブを利用した報告が多く^{2),7),24),29)}、それより細いチューブを使用した報告も見られた^{30),31)}。しかし細いチューブでは食道腔内の線源の位置が不安定で、また線量勾配の点で食道に照射される線量がかなり不均一と考えられる。初めてバルーンアプリケータを使用した阿部ら²³⁾は直径20mmとし、線源を食道腔内のなるべく中心に位置させることと、粘膜下5mmに線量評価点を設定した場合の線量勾配による粘膜表面との線量の差をなるべく少なくすることを目標とした。土器屋ら^{13),14),18)}は食道腔内照射用アプリケータを開発する際、Marinelloら³²⁾のhyperdose sleeveの考え方などから粘膜下5mmの線量評価点に対する粘膜表面線量の格差を200%以内に抑えるべくバルーンの直径を15mmとし、加えて線源をバルーンの中央に保持させるために二重バルーン構造とした。

アプリケータの選択に関しては、線源の食道内腔中心での保持(センタリング)と線量勾配の影響を重要視し、バルーンアプリケータの使用を支持するものが多い^{23),33)-39)}、一方では食道腔を拡張させることの危険性を重要視するものもある^{31),40)}。われわれの施設では土器屋式のバルーンアプリケータの挿入及び拡張に伴う合併症は見られておらず、線量分布を考慮するとバルーンアプリケータを用いることは特に早期癌では必須と考えられる。

食道の腔内照射において、治療計画は模擬線源挿入状態での正側2方向のX線写真から三次元的に線源のみ再構成して行うことが基本である。バルーンアプリケータはX線用造影剤を混ぜた生理食塩水等で膨らませるため、以前はバルーンアプリケータの拡張状況は確認用X線写真のみでおおよそ推測できると考えられていた。しかし実際にCTを

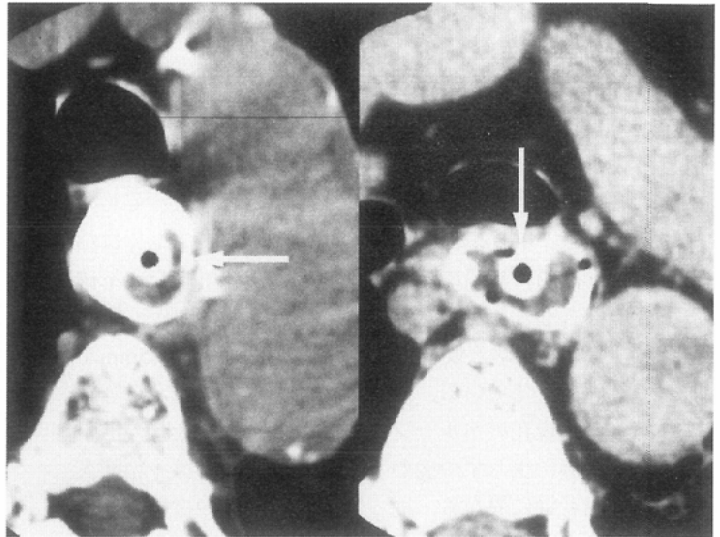


Fig.7 Examples of hot spot, caused by the compression of the aortic arch and the left main bronchus.

Left: case 11, mucosal dose at 90 degree point is 270% relative to reference dose (arrow).

Right: case 6, mucosal dose at 0 degree point is 338% relative to reference dose (arrow).

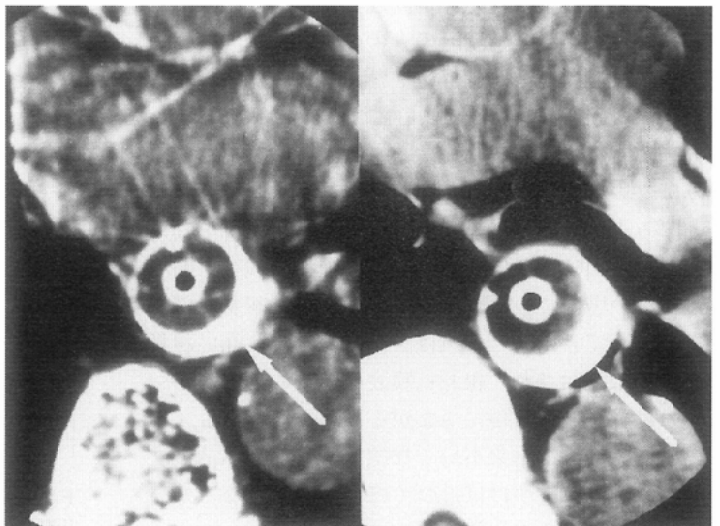


Fig.8 Example of cold spot, caused by the shift of inner balloon and unusual stretching of outer balloon.

Left: case 3, mucosal dose at 135 degree point is 97% relative to reference dose (arrow).

Right: case 11, mucosal dose at 135 degree point is 85% relative to reference dose (arrow).

撮影してみると円筒状に膨らんだはずのバルーンアプリケータが歪み、食道腔の中心にあるべき線源が偏心している状況を多くの症例ではっきりと認識することが出来た。今回の検討によれば粘膜表面線量は粘膜下5mmを100とした場合、140~170を中心にして100~199の広い範囲に分布していた。また200以上のhot spotが生じることも分った。このばらつきとhot spotは放射線治療における腔内照射の比重が高まる場合、すなわち早期癌などで外照射線量を控えたり腔内照射単独の治療を行う場合には非常に重要な問題と考えられる。

2つ目の問題点は線量評価点を粘膜表面から5mm離れた

点に設定することである。この根拠について阿部ら²³⁾は術前外照射で効果のあった症例では残存腫瘍細胞はその多くが粘膜下5mm以内であったからと述べている。菱川²⁾も同様の意見のもと粘膜下5mm(アプリータ表面から5mm)を採用している。これに対し「粘膜下」という設定をしないでアプリータの太さに関わらず線源からの距離をもってして線量評価点としている報告もある³¹⁾。これは粘膜もしくは粘膜下という標的が実際の治療計画の上で確認できない不確定なものであることが要因である。われわれは粘膜下5mmを「想定」して等距離と仮定した線源粘膜表面距離に5mmを加えて計画を立てている。その点においては線源から等距離であるが、現在のバルーンアプリータは挿入時の拡張具合が患者毎に少しずつ変わってしまうため、線源粘膜表面距離も患者毎に異なる。従って全患者共通の指標として粘膜下5mmという表現にした。こういった線量評価点の決定方法については今後バルーンアプリータの改良と、共通のアプリータの使用によって患者毎の線源粘膜表面距離が一定となれば解決されると考えている。次いで特に食道壁が薄い早期癌の場合には粘膜下5mmに線量評価点を設定することの是非が問題となる。西尾ら⁴¹⁾は表在癌などでは食道壁そのものの厚みが1~3mmしかないと述べ、粘膜下5mmに線量評価点を設定することに疑問を投げかけている。われわれのCTによる経験でもバルーンアプリータ挿入時の食道壁の厚みはせいぜい1~2mmで、精密なスキャンにても殆ど厚みとして認識し難い場合もあった。当科では外照射の併用により腔内照射前には腫瘍の残存が明らかでない場合にも粘膜下5mmを想定して線量評価点を設定してきた。この事は評価点線量より高い線量が食道に照射され、線源粘膜表面距離の不均等が一層の高線量域の出現につながる事を予想させる。

小線源治療は本来不均一な線量分布を持つ治療法であり線源に近づけば近づくほど高線量となるが、問題は線量とその体積である。例えばMarinelloら³²⁾のごとく標的内の線量を評価点線量の200%程度まで認めようとするものや、Sawら⁴²⁾のごとく高線量率の腔内照射ではさらに厳しくしなければならないとするものもある。今回われわれは土器屋式バルーンアプリータの開発コンセプト^{13),14),18)}に基づき200%以上をhot spotとみなして検討を行った。その結果では2例のみで評価点線量未満の線量計算点(cold spot)があり、その割合も2及び6%と僅かだった。逆に7例で評価点線量の2倍以上の線量計算点(hot spot)があり2例ではhot spotが10%を超えていた。同じ11例について粘膜表面(粘膜下0mm)を線量評価点として計算し直してみると、hot spotは出現しない代わりに粘膜表面の半分は評価点線量未満の線量となっていることが分かった(Fig.9, 10)。つまり粘膜下5mmに線量評価点を設定して初めて評価点線量以上の線量が照射されるが、この場合一部にhot spotが生じると

いう事である。

食道潰瘍の発生についてhot spotの定義や大きさに関しては未だ明らかではない。Hishikawaら^{3),4),43)-46)}は腔内照射による早期の食道粘膜潰瘍はほとんどの症例に生ずるが、もともと癌による潰瘍が無いなどの症例を選べば問題は無いこと、しかし長期生存例では狭窄等が問題になることがあるので注意が必要と述べた。副島ら³⁹⁾は線源と粘膜面との距離が近いものや粘膜表面の線量が大きい程潰瘍が重症化すると述べた。Calaisら³⁶⁾は合併症をひき起こしやすい条件としてアプリータの太さの他治療長・化学療法併用について言及した。

バルーンアプリータを使った腔内照射において、線源中心粘膜表面距離が不均等になる要因にはいくつか考えられる(Table 3)。患者側の要因としては食道周囲正常組織による圧排や食道自体の変形・湾曲があげられる。また嚥下や蠕動運動による粘膜表面とバルーン表面との解離、心大血管系の拍動によるバルーンの変形なども要因と考えられる。一方アプリータ側の要因として市販されている製

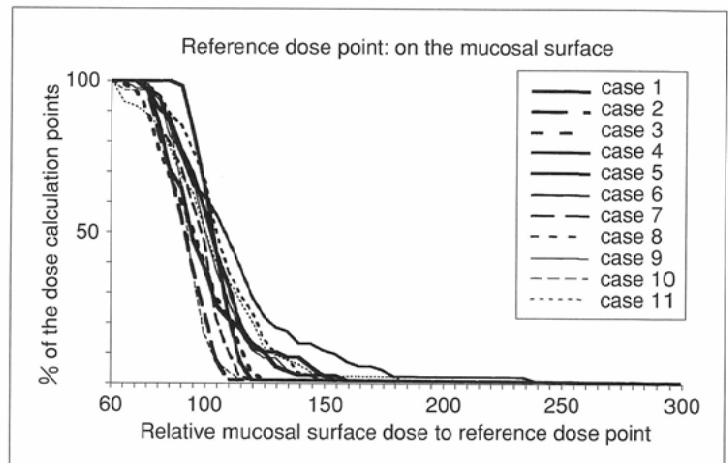


Fig.9 Dose-point (%) histogram. Reference dose points were set on the mucosal surface. The value of dose calculating points relative to reference points is considered to represent the dose of mucosal surface.

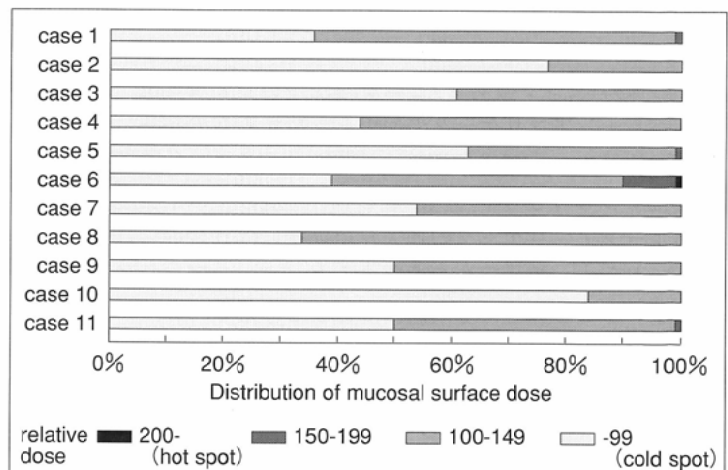


Fig.10 Ratio of hot/cold points is shown, when reference points are set on the mucosal surface. Dose 99 or less (defined as cold spot) are found in all cases. Dose 200 or more (defined as hot spots) is found in case 6.

Table 3 Factors causing unequal distance from the source to the mucosal surface of the esophagus un intraluminal irradiation using balloon applicator

I patient factor	
(1) compression by surrounding organs	1. aortic arch 2. descending aorta 3. trachea 4. main bronchus 5. heart 6. vertebral body
(2) bending of esophagus	
(3) physiological movement	1. swallowing 2. peristalsis 3. cardio-vascular beat
II applicator factor	
(1) easy to be distorted	1. softness of outer balloon 2. stretching of outer balloon
(2) uncertain centering	1. setetching of inner balloon 2. bending of shaft

品の歪みやすさもあげられる。

バルーンアプリーケーターによる食道腔内の拡張は線量勾配の面で明らかに有利で、二重バルーン構造はセンタリングの面で有用と考えられる。しかし今回の検討に用いたバルーンアプリーケーターは充分その機能を果たしているとは言い難い。すなわち食道周囲正常組織の圧排に充分拮抗するようにはバルーンは硬くならず、バルーンを膨らませようとするほど圧排の少ない部分が一層拡張し線源粘膜表面距離の格差をより拡大させる。また食道の湾曲に対してはバルーンアプリーケーターは比較的良く追従するものの、線源は湾曲によって偏心する傾向がありセンタリングは充分に得られなかった。

われわれの検討ではhot spotが発生しやすい部位は2つあった。その1つはIuからImにかけての大動脈弓や左主気管支と接する部位である。大動脈弓や気管支はバルーンアプリーケーターの拡張に対して抵抗性で、結果的に食道を強く圧排し線源粘膜表面距離が小さくなりhot spotをきたした。他の1つはImからEiにかけての心臓に接する部位である。心臓の圧排は比較的弱かったが食道が緩やかに湾曲することもあり、線源がバルーンアプリーケーターに対して偏心しやすくなることによると考えられた。cold spotを示した部位はわずかであったが、これも圧排による変形やouter balloonの過

度の拡張とセンタリングが不十分なことによると考えられた。さらにhot spotとcold spotが同じCT断面もしくはその近傍で観察されることはバルーンアプリーケーターが大きく歪んでいることを表わしていた。

今回われわれが対象とした症例は深達度がTis-2であった。腔内照射を用いて根治的放射線治療が望める症例は未だ多くはなく、またCT撮影及び再構成と線量計算は簡単ではないため今回は11例による検討に留まった。しかし症例数は限られてはいるものの現行のバルーンアプリーケーターの問題点と粘膜表面線量の不均等性が充分確認できたと考えられる。われわれはこれらの問題点及び注意点を十分認識した上で良い治療に結びつけなければならない。具体的には、現在は食道粘膜表面線量のばらつきやhot spotが認識されてもこれを補正できない。従って歪みの少ないアプリーケーターの開発が急務である一方、外照射を併用したり1回線量を小さくして腔内照射による粘膜表面線量の不均一性が合併症につながらないようにする事が重要と思われる。加えて腔内照射に際してCTを撮影することは、各症例の治療がどのように行われたかを認識しその後の経過観察に生かす上でも重要と考えられる。今後同一患者での繰り返し治療における再現性や、hot spot・cold spotの出現と潰瘍・再発との関係など更なる検討も必要である。

結 論

1. Tis-2の胸部食道癌11例について腔内照射時の食道粘膜表面線量を調べた。CTを用いることによって初めて粘膜表面線量にばらつきが大きいことが判った。
2. 線量評価点を粘膜下5mmに設定した場合、粘膜表面の一部にhot spotが認められたがcold spotは認められなかった。従って現状では粘膜下5mmに線量評価点を設定することは妥当だと考えられた。
3. ばらつきやhot spotへの対策としてバルーンアプリーケーターの改良は急務である。また腔内照射単独の治療を避けたり、1回線量を少なくすることも重要である。

この研究は厚生省がん研究助成金山下班(7-32)、及び土器屋班(9-27)によった。

本研究の一部は第8回日本放射線腫瘍学会(1996, 神戸)及び第9回国際小線源会議(1997, 米国)において発表した。

文 献

- 1) 西尾正道, 桜井智康, 酒匂 健, 他: Ra腔内照射を併用した食道癌の放射線治療. 癌の臨床 24: 1099-1105, 1978
- 2) Hishikawa Y: Radiation treatment of esophageal carcinoma using a high-dose-rate remote afterloader. Radiat Med 1: 273-244, 1983
- 3) Hishikawa Y, Tanaka S, Miura T: Early esophageal carcinoma treated with intracavitary irradiation. Radiology 156: 519-522, 1985
- 4) 菱川良夫: 高線量率腔内照射法による食道癌治療に関する研究. 日本医放会誌 46: 16-26, 1986
- 5) 西尾正道, 堀川よしみ, 森田皓三, 他: 食道癌に対する密封小線源による腔内照射併用の意義. 癌の臨床 34: 261-268, 1988

- 6) Hishikawa Y, Kurisu K, Taniguchi M, et al: High-dose-rate intraluminal brachytherapy (HDRIBT) for esophageal cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 21: 1133-1135, 1991
- 7) Hareyama M, Nishio M, Kagami Y, et al: Intracavitary brachytherapy combined with external-beam irradiation for squamous cell carcinoma of the thoracic esophagus. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 24: 235-240, 1992
- 8) 土器屋卓志, 萬 篤憲: 食道癌治療の進歩. 癌と化学療法 22: 863-868, 1995
- 9) Bottrill DO, Plane JH, Newaishy GA: A proposed afterloading technique for irradiation of the esophagus. *Br J Radiol* 52: 573-574, 1979
- 10) George FW: Radiation management in esophageal cancer; With a review of intraesophageal radioactive iridium treatment in 24 patients. *Am J Surg* 139: 795-804, 1980
- 11) Hyden EC, Langholz B, Tilden T, et al: External beam and intraluminal radiotherapy in the treatment of carcinoma of the esophagus. *J Thoracic Cardiovasc Surg* 96: 237-241, 1988
- 12) Micaily B, Miyamoto C, Valicenti RK, et al: Intracavitary brachytherapy for squamous cell carcinoma of the esophagus. *Am J Clin Oncol* 17: 170-174, 1994
- 13) 土器屋卓志: 食道癌に対する腔内照射(バルーン法). 臨放 34: 619-620, 1989
- 14) 土器屋卓志, 萬 篤憲, 栗林 徹, 他: 食道癌に対する高線量率腔内照射—アプリケーションの試作と線量評価—. 日放腫会誌 7: 213-219, 1995
- 15) 西村哲夫, 野末政志, 山下 孝: 高線量率イリジウム線源による食道癌の腔内照射方法の調査報告. 臨放 42: 897-903, 1997
- 16) UICC: TNM Classification of Malignant Tumors (Fourth, Fully Revised Edition). Springer-Verlag, Berlin, 1987
- 17) 食道疾患研究会編: 臨床・病理 食道癌取り扱い規約(改訂第6版), 1987, 金原出版, 東京
- 18) 土器屋卓志, 西口 郁, 塚本信宏, 他: 食道腔内照射の線量評価と成績. 日放腫会誌 2, Suppl.2 放治システム研究: 175-178, 1990
- 19) 広川 裕, 榎本和樹, 赤木由紀夫, 他: Ir-192高線量率リモートアフターローディング装置を用いた食道癌の腔内照射法. 日放腫会誌 4, Suppl.2 放治システム研究: 67-72, 1992
- 20) Laarse R, Prins TPE: Introduction to HDR brachytherapy optimisation. (In) Mould RF, Battermann JJ, Martinez AA, et al: Brachytherapy from Radium to Optimization. pp331-351, 1994, Nucletron International BV, Veenendaal
- 21) Guisez J: Malignant tumors of the esophagus. *J Laryngol Otol* 40: 213-232, 1925
- 22) 金田浩一, 岡野滋樹, 五島英迪, 他: 中部食道癌の放射線治療成績. 癌の臨床 14: 860-870, 1968
- 23) 阿部光延, 石垣武男, 中村 峻, 他: 高線量率小線源による食道癌の腔内照射. 日本医放会誌 36: 111-120, 1976
- 24) Fleischman EH, Kagen R, Bellotti JE, et al: Effective palliation for inoperable esophageal cancer using intensive intracavitary radiation. *J Surg Oncol* 44: 234-237, 1990
- 25) Pakisch B, Juttner-Smolle FG, Kohek P, et al: Iridium-192 high-dose-rate intracavitary brachytherapy with and without external-beam irradiation in unresectable oesophageal cancer. *Reg Cancer Treat* 3: 202-205, 1990
- 26) 西尾正道: 食道癌M0症例の放射線治療の全国集計. 日癌治会誌 27: 912-924, 1992
- 27) Okawa T, Tanaka M, Kita M, et al: Radiotherapy for superficial esophageal cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 30: 959-964, 1994
- 28) Hishikawa Y, Kurisu K, Taniguchi M, et al: Small, superficial esophageal carcinoma treated with high-dose-rate intracavitary irradiation only. *Radiology* 172: 267-270, 1989
- 29) Chatani M, Matayoshi Y, Masaki N: Radiation therapy for the esophageal carcinoma; External irradiation versus high-dose rate intraluminal irradiation. *Strahlenther Onkol* 168: 328-332, 1992
- 30) Burt PA, Notley HM, Stout R, et al: A simple technique for intraluminal irradiation in esophageal tumors using the high-dose-rate microelectron. *Br J Radiol* 62: 748-750, 1989
- 31) Gaspar LE, Qian C, Kocha WI, et al: A phase I/II study of external beam radiation, brachytherapy and concurrent chemotherapy in localized cancer of the esophagus (RTOG 92 07): Preliminary toxicity report. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 37: 593-599, 1997
- 32) Marinello G, Pierquin B, Grimard L, et al: Dosimetry of intraluminal brachytherapy. *Radiother Oncol* 23: 213-216, 1992
- 33) Lederman M: Carcinoma of the esophagus, with special reference to the upper third. *Br J Radiol* 39: 193-204, 1966
- 34) Ell C, Hochberger J, Fietkau R, et al: New bougie applicator system for intraluminal "high dose rate" afterloading radiotherapy of esophageal carcinoma. *Endoscopy* 25: 236-239, 1993
- 35) 根本建二, 山田章吾, 高井良尋, 他: 表在型食道癌の放射線治療成績. 日本医放会誌 53: 443-450, 1993
- 36) Calais G, Dorval E, Louisot P, et al: Radiotherapy with high dose rate brachytherapy boost and concomitant chemotherapy for stage 2B and 3 esophageal carcinoma; results of a pilot study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 38: 769-775, 1997
- 37) Schraube P, Fritz P, Wannenmacher MF, et al: Combined endoluminal and external irradiation of inoperable oesophageal carcinoma. *Radiother Oncol* 44: 45-51, 1997
- 38) 三枝智恵子, 押谷高志, 廣田佐栄子, 他: 食道癌高線量率腔内照射時のアプリケーションに関する検討. 日放腫会誌 5: 11-18, 1993
- 39) 副島俊典, 廣田佐栄子, 岡本欣晃, 他: 食道癌に対する高線量率腔内照射施行後の晚期食道潰瘍. 日放腫会誌 7: 289-294, 1995
- 40) Gaspar LE, Nag S, Herskovic A, et al: American Brachytherapy Society (ABS) consensus guidelines for brachytherapy of esophageal cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 38: 127-132, 1997
- 41) 西尾正道, 桜井智康, 加賀美芳和, 他: 腔内照射を併用した食道癌放射線治療の線量について. 癌の臨床 33: 242-248, 1987
- 42) Saw CB, Korb LJ, Cano ER, et al: Dosimetric considerations of commercially fabricated esophageal applicators. *Radiother Oncol* 31: 184-186, 1994
- 43) Hishikawa Y, Tanaka S, Miura T, et al: Esophageal ulceration induced by intracavitary irradiation for esophageal carcinoma. *AJR* 143: 269-273, 1984
- 44) Hishikawa Y, Tanaka S, Miura T, et al: Esophageal fistula associated with intracavitary irradiation for esophageal carcinoma. *Radiology* 159: 549-551, 1986
- 45) Hishikawa Y, Kamikonya N, Tanaka S, et al: Esophageal stricture following high-dose-rate intracavitary irradiation for esophageal cancer. *Radiology* 159: 715-716, 1986
- 46) Hishikawa Y, Kurisu K, Taniguchi M, et al: High-dose-rate intraluminal brachytherapy for esophageal cancer; 10 years experience in Hyogo College of Medicine. *Radiother Oncol* 21: 107-114, 1991