The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	食道癌高線量腔内照射の適応決定における超音波内視鏡の有用性
Author(s)	青木, 学; 山下, 孝; 仲澤, 聖則
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1996, 56(6), p. 411-417
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15032
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

食道癌高線量率腔内照射の適応決定における超音波内視鏡の有用性

青木　学[1),2)]　山下　孝[2)]　仲澤　聖則[3)]

1）東京慈恵会医科大学放射線科
2）癌研究会附属病院放射線治療科　3）自治医科大学放射線科

Usefulness of Endoscopic Ultrasonography in Deciding Indication for High Dose Rate Intracavitary Brachytherapy for Esophageal Carcinoma

Manabu Aoki[1),2)], Takashi Yamashita[1)] and Masanori Nakazawa[3)]

We retrospectively analyzed 20 patients with stage I-IV esophageal carcinoma treated by limited external radiotherapy (EXR) combined with high dose rate intracavitary brachytherapy (ICBT) using ^{60}Co as boost therapy. In 10 of 20 patients treated by combined therapy, we used endoscopic ultrasonography (EUS) before ICBT and measured the thickness of the residual tumor following external beam therapy. Of the patients treated by combined therapy, the local control rate of esophageal carcinoma with a thickness under 10 mm before ICBT was significantly better than that with a thickness over 10 mm (confidence limit 95%). Therefore, when administering high dose rate intracavitary brachytherapy after EXR, we should measure the thickness of esophageal carcinoma with millimeter unit precision. One of the most precise methods currently available for measuring thickness is EUS. Our results indicate that esophageal carcinoma under 10 mm in thickness after EXR is the most favorable indication for ICBT.

Research Code No. *: 605.3*

Key words *: Esophageal carcinoma, High dose rate intracavitary brachytherapy, Endoscopic ultrasonography*

Received Mar. 20, 1995 ; revision accepted Jun. 7, 1995

1) Department of Radiotherapy, Cancer Institute Hospital
2) Department of Radiology, Jikei University, School of Medicine
3) Department of Radiology, Jichi Medical School, School of Medicine

はじめに

食道癌に対する放射線治療はいままで多くの施設で行われ，治療法の改善が行われたにもかかわらず5年生存率で10%前後と極めて低い報告が多い[1)-7)]．これは局所再発[8)-11)]やリンパ節転移の頻度が高率に認められるほかに，手術適応のない進行癌や全身状態の悪い患者が放射線治療の対象に多いことなどが主な理由と考えられる．1985年頃より土器屋式バルーンアプリケーターが普及するとともに高線量率腔内照射(RALS)が可能となり，腫瘍そのものに短時間で比較的均一に高線量が投与できるようになった．これによって，食道癌に対する腔内照射併用例が増加し，その有効性についての報告もみられるようになった[12)-14)]．しかし，腔内照射の適応および外照射と組み合わせた場合の腔内照射の至適線量などについては未だ議論の残る所である[13)]．今回，外部照射後の残存腫瘍に対する高線量率腔内照射の適応決定について，超音波内視鏡(EUS)を使用した症例を中心に検討を行った．

対象および方法

癌研究会附属病院に土器屋式バルーンアプリケーターが導入された1989年2月頃より高線量率腔内照射(^{60}Co)の併用を行った20症例のうち，特に腔内照射前後に超音波内視鏡による食道壁厚の測定を行った10症例を中心に検討した．

外照射と腔内照射併用による治療群－20症例(男性－19，女性－1)，平均年齢69.3歳で各背景因子はTable 1の通りである．

治療はまず食道造影，内視鏡，CTなどの結果から照射野を腫瘍の辺縁から上下3cm広く含め，リンパ節転移が疑われた例ではそのリンパ節を含んだ通常T字型の照射野で，前後対向2門で40～45Gyまで照射した．その後，対向斜入2門照射または回転照射に変更し脊髄の照射線量を減らして平均55.8Gyまで照射し，その1～2週間後から1～2回／週の割合で粘膜下5mmの線量で平均12.3Gy/2.9frの腔内照射を行った．粘膜下5mmにおける総線量は平均68.1Gyであっ

た．治療線量についてはTable 2に示した．外照射終了後から腔内照射を始めるまでの間に，食道造影とともに20例中10例では超音波内視鏡を行い，食道の壁厚および残存腫瘍を測定した．治療終了後の評価は食道造影，CTとともに超音波内視鏡，内視鏡を施行し，残存腫瘍の壁厚を含め評価を行った．

今回われわれが用いた超音波内視鏡(EUS)はラジアルセレクタ型のもので，360°の全周性の画像が得られ，内視鏡を軸方向に移動させることにより三次元的理解が可能となる．プローベは内視鏡の先端に付き，挿入後バルーン内に脱気水を注入させ消化管と密着させるバルーン法である．EUSは側視鏡に近い斜視鏡であり，食道内の内視鏡観察は困難であるため，直視鏡で得られた情報を基にし切歯からの距離を参考にしながら病変部を超音波画像で探すことになる．従ってプローベが病変部位を通過できることが必要となる．

Table 1 Patients characteristics of esophageal carcinoma

		RALS (N=20)
SEX	male	19
	female	1
AGE	～59y	3
	60～69y	6
	70～79y	8
	80～89y	3
Tumor site	Ce	1
	Iu	6
	Im	12
	Ei	1
Tumor Type	tumorous	3
	serrated	1
	spiral	14
	funnelled	0
	superficial	2
Stage	I	4
	II	3
	III	6
	IV	7

RALS : Remote After Loading System
(Intracavitary Brachytherapy using High Dose Rate ^{60}Co)

Table 2 Results of Dose of Radiotherapy

EXR+ICBT (N=20)	Ave.
Total dose of EXR	55.8Gy
Dose per fraction	2.01Gy
Total dose of ICBT	12.3Gy
Number of fraction of ICBT	2.9fr
ICBT dose	4.24Gy
Total dose at the point 5mm deep from surface of mucosa	68.1Gy

EXR: External Radiotherapy
ICBT: Intracavitary Brachytherapy using High Dose Rate ^{60}Co

Table 3 Mean survival (month), 1-year and 3-year survival rate by stage.

	mean survival time	survival rate (1 year)	survival rate (3 years)
ICBT (total)	9	41.8	14.9
Stage I-II	16	83.3	41.7
Stage III	9	33.3	0
Stage IV	7	14.3	0

ICBT: Intracavitary Brachytherapy using High Dose Rate ^{60}Co

以上諸検査および治療についてまとめると以下のようになる．

(1) 外部照射：10MV X線，T字型前後対向二門40～45Gyで斜入対向二門などへ変更
1.8～2.0Gy/日，週5回照射

(2) 検査
外部照射前：食道造影，内視鏡，胸部CT，
超音波内視鏡(EUS)
外部照射終了後：食道造影，EUS
腔内照射時：胸部CT
腔内照射終了後：食道造影，内視鏡，EUS

(3) 超音波内視鏡
機種：GF UN2，ラジアルセレクタ型
装置：EU－M3(Olympus)
周波数：7.5MHz，バルーン接着法

(4) 腔内照射
外部照射終了後約1～2週間で開始
一回線量3～6Gy，2～6回
reference pointは粘膜下5mmで線量計算，線源移動距離1.0cm，主に10点移動により施行

(5) 腔内照射用バルーンアプリケーター：土器屋式

一方，通常reference pointとなっている粘膜下5mmにおける線量およびその周囲の線量が，線源移動軸からの距離とどのような関係にあるかを検討するため，まず線量分布の作成を行った．そこで，われわれが通常使用しているToshiba Tosplan RAL-40Aを用いて線源移動間隔別の線源移動軸からの線量分布を作成し，線源移動軸からの距離による線量比を求めた．そして，これらの結果から深部線量曲線を作成するとともに，バルーンの直径別に粘膜面を100%としたときに線量が50%となる点の分布を作成した．

結　　果

stage別および全症例の生存期間中央値，生存率をTable 3に示した．腔内照射併用群間の治療成績では，stage I－IIとIVとの間に有意差を認めたが，その他のstage間では有意差は認められなかった．Fig.1は全症例における生存率曲線を示したものである．Fig.2は各stage別の生存率曲線を示したものだが，stage III，IVではほとんど差がないことがわかる．

次に，超音波内視鏡を使用した10症例について，腔内照射前後の壁厚について検討してみた．Table 4は腔内照射併用前後における超音波内視鏡所見の結果を示したものである．外照射後で腔内照射前の壁厚が超音波内視鏡にて10mm以上の場合，Table 4に示す通り腔内照射後も全周性に腫瘍の残存を認めた症例が4例中2例，腔内照射前に部分的に

10mm以上の最大壁厚を呈し，腔内照射後もほぼそのまま残存した症例が4例中2例で，評価としては4例ともPRに至らないNCであった．これらを表にまとめたものがTable 5である．

一方，腔内照射前の壁厚が10mm未満の場合，6例中4例でCR，1例でPR，1例でNCとなり壁厚10mm以上の場合に比べ高率にCRとなった．壁厚10mm以上と10mm未満の局所の奏功率は，χ^2検定における結果では95％の信頼度で有意差を認めた．腔内照射後腫瘍消失例3例はいずれも表在型で，壁厚肥厚例2例は腫瘤型のみであった．さらに，ラセン型ではいずれも腫瘍の残存を認めた．

次に，Toshiba Tosplan RAL-40Aを用いて作成した線源移動間隔別の線量分布をFig.3, 4に示す．Fig.3, 4の線源移動距離はそれぞれ1.0cm，3.0cmである．両者を比較してみると，線源移動間隔の延長とともに線量分布が特に線源移動軸周囲で不均一になっていくことがわかる．Fig.5は線源移動間隔をそれぞれ1.0cm，1.5cm，2.0cmとした場合，線源移動軸からの距離を横軸に，線源移動軸から1.0cmの点の線量を1とし線量比で表したものを縦軸にし，深部線量比曲線を表したものである．Fig.5において，線源から粘膜面までの距離を1.0cmと仮定し，粘膜面の線量を100％としたときの深部線量曲線を示したものがFig.6である．これによると，線源移動間隔を1.0cmとした場合，粘膜面から1.0cm離れた点での線量は，粘膜面のおよそ50％以下まで低下していることがわかる．さらに，線源移動間隔1.0cmと3.0cmとを比較した場合，同じ深さで約15％程度の線量の差が生じていることがわかる．次にバルーンの直径別に線量が50％となる点を示したものがFig.7である．バルーンの直径が25mmのとき，50％線量となる点までの距離は9.5mmで，直径15mmのときに比べ約26％，直径20mmのときに比べ約10％粘膜面からの距離の延長が可能になり，これに応じて粘膜面からより深い点まで照射が可能となる．

Table 4　Results of EUS before and after RALS for esophageal carcinoma

Pt number	Stage	Tumor type	After EXR thickness of esophageal tumor	After RALS
1	I	superficial	6mm	despair (CR)
2	III	spiral	16mm	remained (NC)
3	I	superficial	despair	despair (CR)
4	II b	tumorous	7mm	partially remained (NC)
5	IV	tumorous	5mm	wall thickness (CR)
6	I	superficial	4mm	despair (CR)
7	II a	spiral	10mm	partially remained (NC)
8	IV	spiral	13mm	remained (NC)
9	IV	sumorous	8mm	wall thickness (PR)
10	II b	spiral	12mm	partial remained (NC)

EXR: External Radiotherapy
RALS: Remote After Loading System (Intracavitary Brachytherapy using High Dose Rate ^{60}Co)

Table 5　Relationship between esophageal wall thickness before RALS and effect after RALS

Esophageal wall thickness	Effect after RALS		
	CR	PR	NC
10mm＞	4/6	1/6	1/6
10mm≦	0/4	0/4	4/4

RALS : Remote After Loading System
(Intracavitary Brachytherapy using High Dose Rate ^{60}Co)

考　察

今まで食道癌に対して外照射による治療が長い間行われ，本邦を始め外国でも数多くの報告がなされてきたが，その成績は決して良いものではなかった[1)-7)]．外照射による局所制御が困難な理由として，60Gy以上の投与が必要とされている[8), 15)-18)]一方で，解剖学的理由から食道周囲の臓器の耐容線量を越えずに治療線量を投与することが困難であるといわれている[19)]．そして，これを解決する方法として腔内照射が併用されるようになった．現在，放射線治療側から見た腔内照射の局所条件とされているものは成書[20), 21)]によると，

1．食道造影による腫瘍陰影が5cm以下

2．腫瘍型は表在型または腫瘤型(すなわちem～sm，A0～2, N0～1)

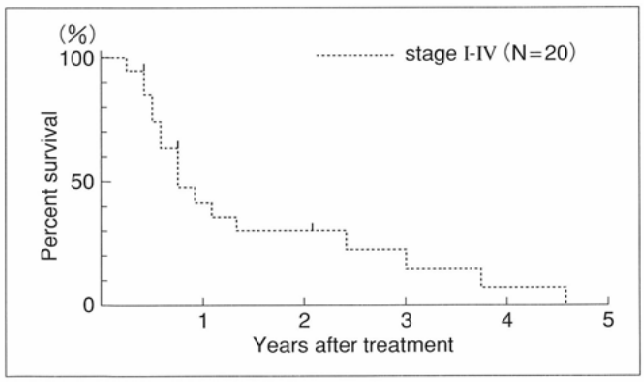


Fig.1　Overall survival curves of combined therapy

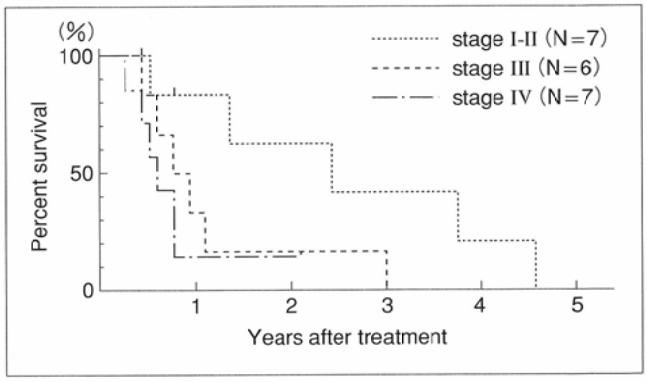


Fig.2　Cummulative survival curves by stage treated by external radiotherapy combined with RALS
RALS : Remote After Loading System (Intracavitary Brachytherapy using High Dose Rate ^{60}Co)

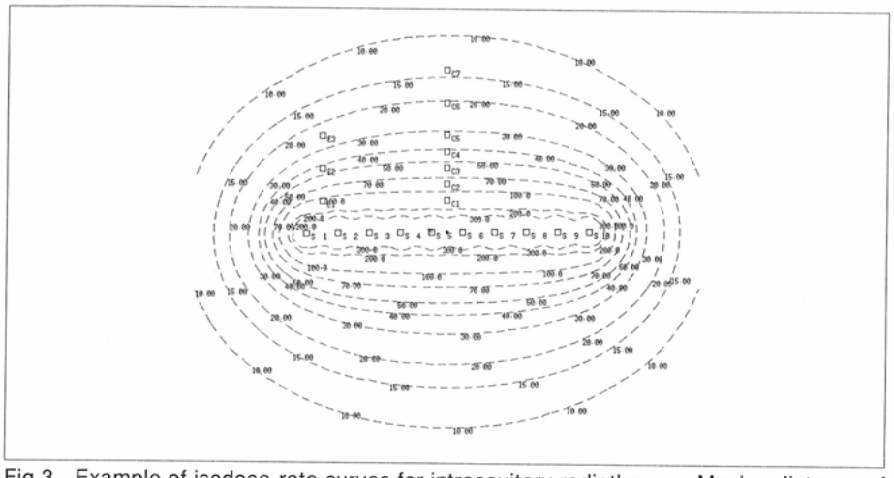


Fig.3 Example of isodose-rate curves for intracavitary radiotherapy. Moving distance of source is 10mm. Isodose-rate curves surrounding source is relatively equal.

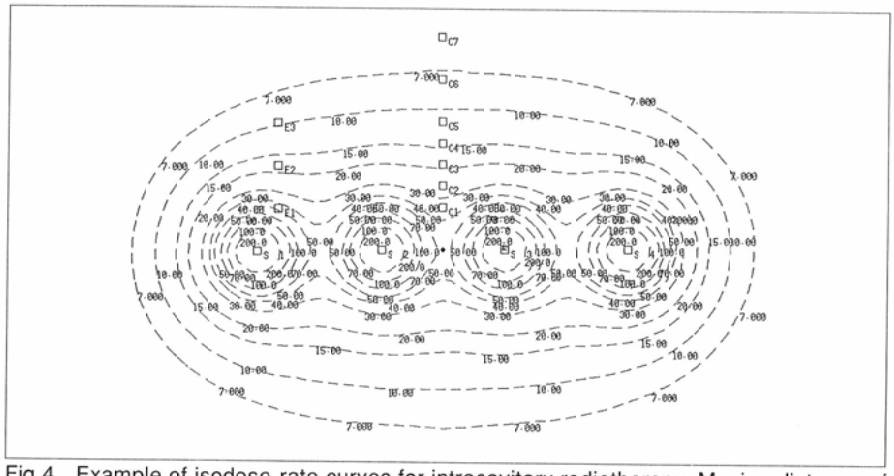


Fig.4 Example of isodose-rate curves for intracavitary radiotherapy. Moving distance of source is 30mm.
Isodose-rate curves surrounding source is unequal compared with the case that moving distance of source is 10mm.

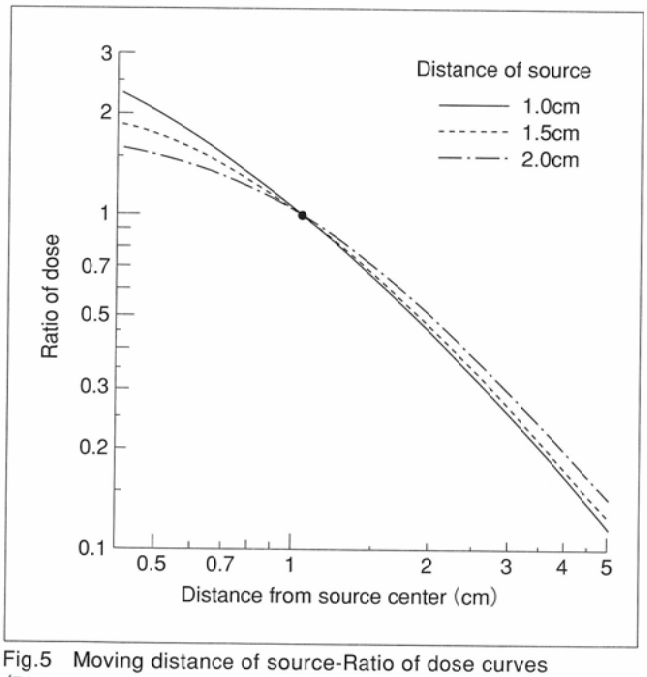


Fig.5 Moving distance of source-Ratio of dose curves (Distance from mucosa and moving distance of source : 1cm) The ratio of dose at various depth relative to the dose at 1cm depth, the ratio of which is considered as one.

3．狭窄が強い場合，深い潰瘍がある場合や大きなリンパ節がある場合は適応外

4．深い腫瘍が残っている場合は適応外(比較的病巣が小さく，外部照射後の効果がCRまたはnearly CRの場合)となっている．

これらは，病期が早期病変のとき腔内照射の併用が有用であることを示唆している．しかし，局所条件のうち深い所の腫瘍が残っている場合とは具体的にどの程度を指すものか，またその評価法はどのような手段で行うべきかなどについて言及した報告[22]は少ない．

われわれが用いた超音波内視鏡は外科手術における術前診断法として開発され，病変の深達度やリンパ節転移の診断に応用され優れた診断法として利用されている．超音波内視鏡は粘膜下の層構造まで描出可能で，この層構造の破壊を調べることによって癌浸潤の深達度を正確に診断できる．超音波内視鏡は食道癌の放射線治療症例においては未だ十分に活用されているとは言えないが，その正診率は食道癌切除例で病理学的検討を行った報告では全症例で 87.5%，A1～A2 で 97.6%，A3 で83.3%と優れた結果が得られている[23)-26)]．われわれが腔内照射前後の壁厚測定の手段として超音波内視鏡を用いたのもその正診率の高さによるものであったが，超音波内視鏡では連続的に腫瘍を観察することができ，かつその最大壁厚を選択的に測定することが可能である．一方CTでは壁厚測定が可能となるためには，ある一定以上の大きさが必要であり，ミリ単位の精度での壁厚測定は期待できない(Fig.8(A, B))．超音波内視鏡を用い腔内照射前後で壁厚測定を行った10症例における結果ではTable 4に示す通り，CR例は表在型 3 例，腫瘤型 1 例で，PR例は腫瘤型 1 例であったが，Table 5に示すようにこれらがいずれも壁厚10mm未満であり，壁厚10mm以上との間に局所の奏功率において有意差を認めることから，われわれは局所制御の点から壁厚(即ち残存腫瘍の厚み)10mmが腔内照射適応の一つの基準になるのではないかと考えた．次に，この壁厚10mm(粘膜下10mm)が線量分布上どのような点にあるかを検討するためToshiba Tosplanにて作成した深部線量曲線に当てはめてみた．通常reference pointは粘膜下5mmとされ，この点における線量が目標の投与線量となるが，Fig.6より粘膜下10mmの線量は粘膜下5mmの線量に比べ約20%程度減少していることがわかる．すなわち，粘膜下10mmはreference pointにおける線量

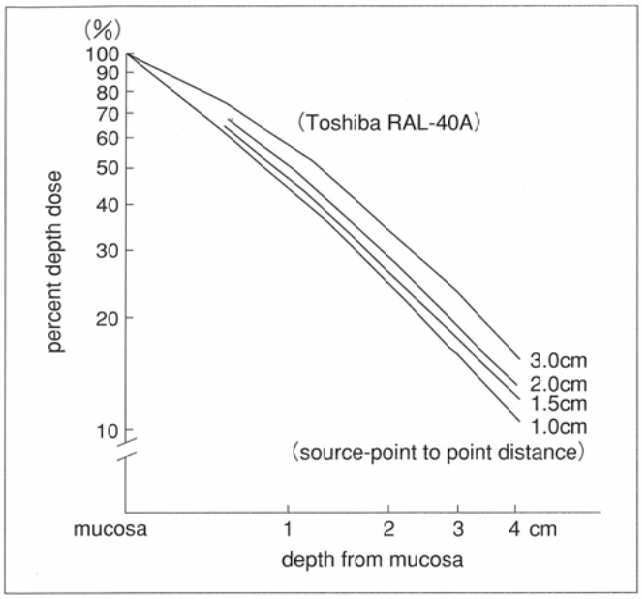


Fig.6　Depth Dose Curves for RALS
(Distance from source center to mucosa : 1cm)
The dose at 1cm depth from mucosa decreases by approximately 20% compared with the dose at 5mm depth. At the point 1cm depth, the dose given when moving a source every 3cm increases approximately 15% compared with the dose when every 1cm.

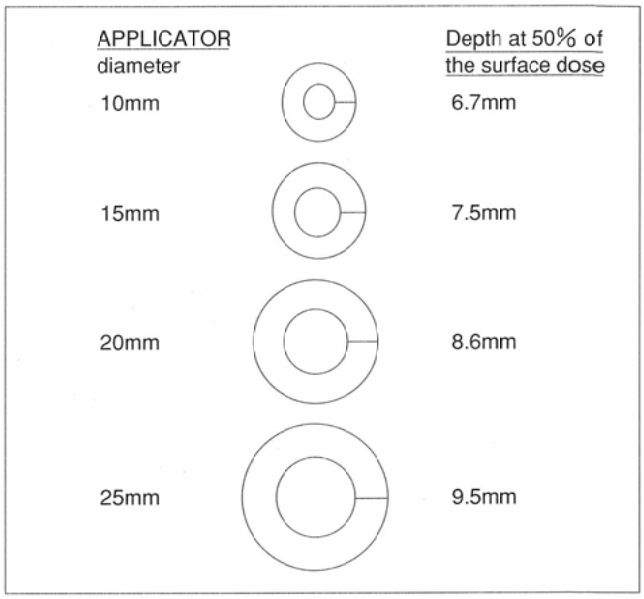
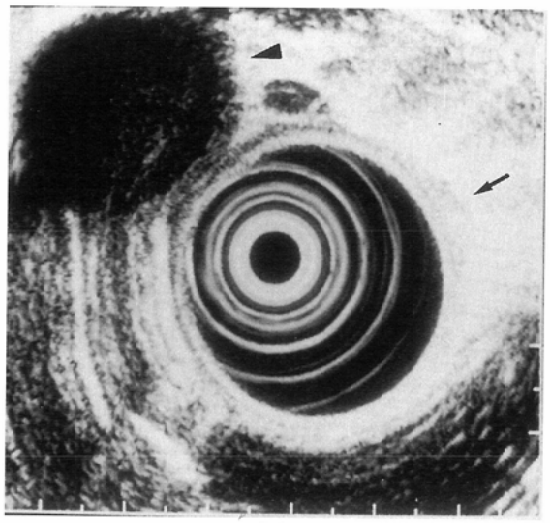


Fig.7　Inner circle indicates diameter of applicator (left side). Outer circle indicates distance from surface to the point at 50% of surface dose (right side). Depth at 50% of surface dose increases in proportion to diameter of applicator.

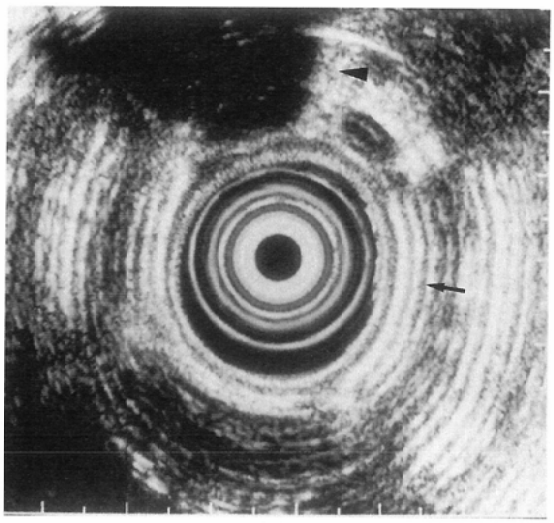
の80%領域を示していることになる．治療すべき病変領域には目標となるreference pointの線量の少なくとも80%程度の線量が投与されるべきだと考えられるため，粘膜面から10mmを越える腫瘍では目標とする治療線量の80%を投与することが困難となり，局所制御率低下の危険性が生じる．そこで，まず線源移動間隔を変化させることによって，粘膜下10mmを越える深い点まで局所制御に必要とされる一般的な治療線量が投与可能か検討してみた．Fig.6の深部線量曲線より，線源移動間隔を1.0cmから3.0cmまで拡げることで，最大15%程度の線量の増加が期待できることになり，これに応じてreference doseの80%領域の範囲は拡がることになるが，一方線量分布はFig.3からFig.4のようになり，線源周囲の線量分布は不均一性が増してしまう．このため，投与線量と実際に照射された線量との間に隔差の存在する領域が生じてしまうため，線源移動間隔の延長による線量の増加に限界がある事が示唆された．Fig.3より腔内照射における線量分布が比較的均一となる線源移動間隔はおよそ1.0cm～1.5cm程度と考えられる．そこで，線源移動軸からの距離が長くなることによって生じる照射線量の低下を，照射時間を延長することによって代償させようとすると，今度は粘膜面における線量が過線量となる．例えば，われわれの粘膜下5mmでの平均腔内照射線量は12Gy程度であるが，仮に外照射後，EUSの結果から粘膜面から15mmの点まで治療が必要とすると，粘膜面より15mmの点に平均投与線量の80%を投与するには，線源移動間隔を1.0cmとした場合，深部線量曲線より粘膜下5mmでは約20.8Gy投与されることになる．平均外照射線量は55.8Gyであるので，粘膜下5mmにおける総線量は76.6Gyとなる．菱川ら[27), 28)]は腔内照射による線量が20Gyを越える場合，障害の発生頻度が高くなると指摘しており，また，いままで報告されている至適線量[13), 29), 30)]と比較すると，総線量の点からもこの線量が過線量となる可能性が生じる．さらに，森田は70Gy以上の照射でも治療成績の向上は期待できない[29)]としており，Reiderら[31)]もほぼ同様の報告をしている．過線量による障害としては狭窄，潰瘍，瘻孔，出血などがある[32)]が，筋繊維の萎縮によって起こるとされている狭窄[33)]では再発と同じ作用を起こすため特に注意されるべき障害といえる．したがって，障害を考慮に入れると粘膜面からの腫瘍の深さがわずか5mm深くなることで，われわれの平均的な治療線量が投与できなくなる可能性が生じる．以上よりわれわれは高線量率腔内照射においては，ミリ単位での粘膜面からの正確な壁厚測定が必要であり，これを行いうる方法として超音波内視鏡が極めて有効であると考えている．これまで述べた線量は，外照射と粘膜下5mmにおける高線量率腔内照射線量とを単純に加算して算出した値であるが，子宮頸癌におけるRalstronの使用経験から高線量率と低線量率との線量率効果比を算出した荒居[34)]によると，線量率効果比は1.7であった．この効果を考慮するとわれわれが投与してきた線量は低線量率線源(^{137}Cs)を用いた場合に比してさらに生物効果は高いものになると思われる．

次に，バルーンの直径を変化させることによって，より深く治療線量が投与可能か検討してみた．土器屋ら[14)]の報告においてもバルーンの直径を拡大させることによって，粘膜表面と深部との線量勾配が減少し，より深い点まで治療範囲が拡大できるとしているが，われわれはまず粘膜面の50%の線量となる距離の分布を作成してみた(Fig.7)．これによると，バルーンの直径が10mmのとき，線量が50%となる粘膜面からの距離は6.7mm，直径25mmのときは9.5mmと



(A)

Fig.8-A EUS before ICBT
Arrow indicates esophageal carcinoma. The thickness of esophageal carcinoma after EXR is 6mm and this carcinoma was not detected by CT scan. Arrow-head indicates aorta.



(B)

Fig.8-B EUS after ICBT
Arrow indicates where esophageal carcinoma had been before ICBT. In this study, esophageal carcinoma had despaired. The layer structure of esophagus showed normal image. We consider the effect of combined therapy as CR. Arrow-head indicates aorta.

なり，粘膜面から50％の線量となる点の距離が計算上約1.4倍近くまで延長可能となる．これをFig.5の線量分布に当てはめてみると，直径25mmのときreference doseの80％領域は粘膜下9mm程度となり，やはり粘膜下10mm以上は適応範囲を越えると考えられる．

一方，障害の点からみるとMarinelloら[35]はreference doseの２倍以上の線量が投与される領域に対しhyperdose sleeveという概念を導入し，この領域における障害の危険率の上昇を指摘している．Marinelloらは高線量率の^{192}Irを使用した場合，線線源の長さが3cmから20cmの間ではhyperdose sleeveの領域は線源からreference dose point までの距離の0.5～0.7倍(およそ0.6倍)であったと報告しており，土器屋ら[36]もこれに一致する経験を持つと述べている．これらの結果からhyperdose sleeveがアプリケーターの直径と一致する径，すなわち正常粘膜がhyperdose sleeveに含まれない直径は15mm[37]となる．この径より直径を拡大させると正常粘膜はhyperdose sleeve に含まれず障害の危険率は減少することになる．したがって障害の点からみると，バルーンの直径が15mm以上拡張できる症例が高線量率腔内照射のよい適応ということになる．実際には狭窄例も多く，また患者によってその狭窄度も異なることからすべての症例に適応できるものではないが，高線量率腔内照射におけるバルーンの直径の一つの目標値を示しており，治療前に障害の危険を知りうる点で大変有意義と思われる．

以上のことから，腔内照射にてreference pointの80％線量を投与できる粘膜面からの距離について，線源移動間隔やバルーンの直径を変化させることによってある程度の距離の延長が計れるものの，障害等を考慮に入れると外照射後の残存腫瘍が10mmを越えるような症例では高線量率腔内照射の適応外になると考えられる．残存腫瘍が10mmを越える場合は，肺機能や全身状態等に問題がなければ外照射による治療を優先させ，腔内照射時における残存腫瘍の腫瘍容積の減量を図ることが重要と思われる．一方，全身状態の悪い患者や呼吸機能の低下した患者においては外照射のみによる治療が完遂できないこともある．このような場合，外照射による線量を減らし腔内照射を併用することはしばしば経験することである．ただし，この場合照射野内の局所再発に対して腔内照射のみによる制御が無効で，可能なら手術をすべきだという報告[38]もあるため，外照射における照射法の一層の工夫が必要になると思われる．そして，外照射後の残存腫瘍の測定法として，ミリ単位の精度で測定が可能でかつ正診率の優れた超音波内視鏡による測定が極めて有用であると考えられる．現在，超音波内視鏡の測定部位は壁厚の最も厚い数カ所で施行しているが，腫瘍全体の容積と照射効果との関係などについての検討は行われておらず未だ不明である．今回は，外照射後に腔内照射を行う場合の適応として残存腫瘍の壁厚を中心に検討してみたが，外照射後に狭窄や深い潰瘍があれば腔内照射による局所制御が困難とする報告[12]もあり，障害を含めさまざまな面から腔内照射の適応について検討が望まれる．

最後に根治的な適応としてではないが，腔内照射は一時的ではあるが進行した症例においても嚥下可能な期間を延長させ，その結果としてQOLを高めることができる．したがって，外部照射が困難な症例では緩和療法としても腔内照射が適応になりうる可能性を付け加えたい．

ま と め

高線量率腔内照射は食道癌外照射後の追加治療として，より高線量を局所に限局して，しかも短時間で投与するこ

とができる極めて有用な方法であるが，いままでその適応について一致した結論は得られていない．今回われわれの検討結果では，外照射後の残存腫瘍が厚さ10mmを越える場合，高線量率腔内照射の適応外になるという結論を得た．そして，腔内照射の適応決定には外照射後の残存腫瘍をより正確に評価する必要があり，これを行いうる方法としてミリ単位の精度で測定可能な超音波内視鏡が極めて有用であると思われる．そしてこれらを応用することによって，より的確な治療法を選択することが可能となり生存率の向上が期待できる．

なお，当研究は著者が癌研究会附属病院在職中に行った研究であり，直接御指導いただいた山下部長に深く感謝するとともに，貴重なる御助言を頂いた癌研病院放射線科 北原　規先生，物理部 都丸 偵二先生および当教室 川上憲司主任教授に深く感謝いたします．

文　献

1) 筧　弘毅，有水　昇，大川治夫：胸部上中部食道癌の放射線治療．癌の臨床　11：667-685，1965
2) 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
3) 高岡　中，前田盛正，浦野宗保，他：食道癌の放射線治療について．日本医放会誌　27：1607-1621，1968
4) 阿部光幸，高橋正治，小野山靖人，他：食道癌の放射線治療，特にその根治的照射について．日本医放会誌　31：1264-1269，1972.
5) 酒井邦夫，北畠　隆，稲越英樹，他：食道癌の放射線治療．癌の臨床　18：448-452，1972
6) 森田皓三，母里知之，筧　正兄，他：食道癌の放射線治療の成績，癌の臨床 20：199-206，1974
7) 池田道雄，関口建次，田崎瑛生，他：食道癌と放射線治療，総合臨床　32：1579-1583，1983.
8) Peason JG : The value of radiotherapy in the management of esophageal cancer. AJR 105 : 500-513, 1969
9) Ross WM : Radiotherapy of carcinoma of the esophagus. Proc Roy Soc Med 67 : 395-398, 1974
10) 加藤敏郎，小池脩夫，新部英男，他：食道癌の放射線治療成績について．日本医放会誌　35：321-327，1975
11) 阿部光延，石垣武男，中村　皎，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
12) 菱川良夫：高線量率腔内照射による食道癌治療に関する研究．日本医放会誌　46：16-26，1986
13) 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について．癌の臨床　33：242-248，1987
14) 土器屋卓志，筒井竹入：食道癌に対する腔内照射法(バルーン法)．新しい密封小線源治療マニュアル，p.36-38，1989
15) Hishikawa Y : Radiation treatment of esophageal carcinoma using a high dose rate remote afterloader. Radiat Med 1 : 237-244, 1983
16) Peason JG : The present status and future potential of radiotherapy in the management of esophageal cancer. Cancer 39 : 882-890, 1977
17) Beaty JD, DeBoer G, Reider WD : Carcinoma of the esophagus; Pretreatment assessment, correlation of radiation treatment parameters with survival, and identification and management of radiation treatment failure. Cancer 43 : 2254-2267, 1979
18) 菱川良夫：高線量率腔内照射による食道癌の治療：多変量解析を用いての局所制御予測式の作成とその応用．日癌治 19：1425-1431，1984.
19) 菱川良夫，田中伸一，三浦貴士：照射容積内の要注意臓器の容積線量．放射線科　4：243-245，1984.
20) 大川智彦，喜多みどり：秦　一雄，大川智彦，他編：消化器癌の術前・術中・術後照射．p.93-100，1992，医学書院
21) 西尾正道：秦　一雄，大川智彦，他編：消化器癌の術前・術中・術後照射．手術と放射線の最適併用．p.100-107，医学書院，1992
22) Moss AA, Schnyder P, Thoeni FA, et al : Esophageal carcinoma: Pretherapy staging by computed tomography. AJR 136 : 1051-1056, 1981
23) 神津照雄：超音波内視鏡の現況．消化器内視鏡の進歩　37：27-32，1990
24) 神津照雄，有馬美和子，小出義雄，他：術前診断からみた食道癌のstep surgery．手術　46：1615-1620，1992
25) 村田洋子：超音波と内視鏡超音波による食道表在癌の進行度診断．日本消化器外科学会誌 22：195-204，1989
26) 有馬美和子，神津照雄，磯野可一，他：食道癌の深潤度診断における超音波内視鏡像と病理像の対応．日本超音波医学会総会論文集　59：85-86，1991
27) Hishikawa Y, Tanaka S, Miura T : Esophageal ulceration induced by intracavitary irradiation for esophageal carcinoma. Am J Roent 143 : 269-273, 1984
28) 菱川良夫，田中伸一，三浦貴士：食道癌腔内照射後にみられる食道潰瘍：多変量解析による分析．放治システム研究　2：137-141，1985
29) 森田皓三，母里知之，筧　正兄，他：食道癌の放射線治療成績．癌の臨床　20：199-206，1974
30) 池田道雄：食道癌の根治的照射法について．東京女子医科大学雑誌　4：403-412，1972
31) Reider WD, Mendoza D : Some opinions on treatment of cancer of the esophagus. AJR 105 : 514-517, 1969
32) Pakisch B, Juttner Smolle FG, Kohek P, et al : Iridium 192 high dose rate intracavitary brachytherapy with and without external beam irradiation in unresectable oesophagus cancer. Reg Cancer Treat 3 : 202-205, 1990
33) 副島俊典：高線量率腔内照射による食道障害の病理組織学的検討；家兎における実験的研究．日本医放会誌 52：1168-1176，1992
34) 荒居竜雄，森田新六：子宮頸癌の治療の実際とその成績.密封小線源治療；腔内・組織内照射法の実際．1版(重松　康編)，254-270，1980，篠原出版
34) Hishikawa Y, Tanaka S, Miura T : Recurrent esophageal carcinoma treated with intracavitary irradiation. Radiat Med 2 : 56-60, 1984
35) Marinello G, Pierquin B, Barret C : Dosimetry of intraluminal brachytherapy. Radiother Oncol 23 : 213-216, 1992
36) 土器屋卓志：食道癌－腔内照射の意義－．Karkinos 4：7-13，1991
37) 土器屋卓志，萬　篤憲，北村正幸，他：食道癌放射線照射の最適化に関する研究，日放腫会誌　6，Suppl.2 放治システム研究，133-134，1994
38) Hishikawa Y, Tanaka S, Miura T : Recurrent esophageal carcinoma treated with intracavitary irradiation. Radiat Med 2 : 55-60, 1984