

## 舌癌組織内照射における正常組織への線量低減効果に関する実験的及び臨床的検討

藤田 實, 玉本 光弘\*, 加藤 了嗣<sup>+</sup>  
妹尾 輝明<sup>++</sup>, 浜田 泰三\*, 和田 卓郎

### Experimental and Clinical Study of Dose-Reducing Effect of Normal Tissues in Interstitial Radiotherapy of the Tongue Carcinoma

Minoru Fujita, Mitsuhiro Tamamoto, Ryoji Kato, Teruaki Seo,  
Taizo Hamada and Takuro Wada

(平成4年3月31日受付)

#### 緒 言

口腔癌の治療にあたっては、形態及び機能温存の考えから、また手術と同等もしくはそれ以上の治療成績をあげることからしばしば放射線治療が第一選択とされることが多い。これは口腔が直達可能な領域であることから組織内照射を非常に効果的に用いることができるためである。組織内照射では、ラジウムを封入したラジウム針、あるいは放射化したイリジウムの針状線源を病巣を囲むように刺入配置することにより、腫瘍を制御するのに十分な放射線量を病巣部のみに局限して照射する。口腔癌の中で最も頻度の高い舌癌は放射線耐性の高い筋肉を主体とする臓器に発生することから、このような組織内照射の最も良い適応とされている。しかし、舌に接する口腔底、下顎歯肉、口峽咽頭部の粘膜や下顎骨は舌に比べて放射線耐容性が低い。舌癌を根治させるに十分な放射線量が治療中にこれら正常臓器組織に同時に照射されると、治療後に難治性の粘膜潰瘍や骨壊死が生ずることになる。特

に、放射線骨壊死は頻度は少ないものの強度の疼痛を伴い難治性であることから、最も避けなければならない放射線治療後障害の一つとされてきた<sup>1,2)</sup>。幸い、組織内照射では刺入された線源によって形成される高線量域は狭く、線源から1cm程度離れると線量は1/2以下に減弱する<sup>3)</sup>。したがって、病巣周囲の正常組織を線源から遠ざければ、やむなく照射される正常組織への線量は低く抑えられ、後障害を減少させることが可能となる。このような目的のためにスペーサーと呼ばれる放射線治療補助装置を使用するよう勧められている<sup>1,2)</sup>が、これによる放射線減弱効果について詳細に検討した報告はみあたらない。そこで本研究ではスペーサーの材質による線量減弱効果を実験的に明らかにするとともに、臨床例に用いた場合についても有効性を検討した。

#### 材料及び方法

実験的検討ではスペーサーの材料として縮重合型シリコン印象材コルテン社製コルトフラックス(パタタイプ)と床用加熱重合型レジン松風社製バイオレジン0番を用いた。これらの材料を100mm×100mmの板状に成形し、それぞれ2, 5, 10mmの厚さの試料を作製した。実験は図1に示すようにコンクリートの床上に300mm×300mmの板状で、100mm厚の軟組織等価物質であるMIX-DPを置き、その上に線源を配置した。さらに5mm厚のMIX-DPを重ね、その上に放射線量測定用の線量計を線源側及び反対側に貼付した試料を置いた。これらの上にさらに30mm厚

広島大学歯学部歯科放射線学講座(主任:和田卓郎教授)

\* 広島大学歯学部歯科補綴学第2講座(主任:浜田泰三教授)

+ 広島大学歯学部附属病院歯科技工室(室長:津留宏道教授)

++ 広島大学歯学部附属歯科技工士学校(校長:浜田泰三教授)

本論文の要旨は平成3年6月の第24回広島大学歯学会総会において発表した。

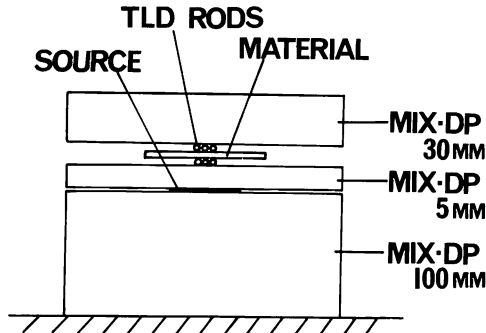


図1 放射線量減弱率を求めるための実験の模式図。

の MIX-DP 板を重ねた。線源としてはラジウム針状線源（以下ラジウム針と略）及びイリジウムヘアピン型線源（以下イリジウム針と略）を用いた。ラジウム針の場合、2mg 針 3本と 1mg 針 2本を、イリジウム針では 2本を用い、一平面配置とした。線量計はあらかじめ Co-60 によって校正を行った化成オプトニクス社製熱蛍光線量計（以下 TLD と略）MSO-S を用いた。TLD は線源面中央に一致する位置で、試料の線源側及び反対側に各々 6本ずつ計 12本を配置した。測定は試料厚 2, 5, 10, 15mm について各 3回ずつ行い平均値を求めたのち、非線源側線量/線源側線量×100(%) を線量減弱率として算出した。対照として試料を置かない場合についても同様に測定を行い、距離による放射線の減弱の程度を求めた。

一方、臨床的検討では、1990年5月から1991年4月までの間に組織内照射を行った舌扁平上皮癌新鮮例 16症例を対象として個別にスペーサーを作製し線量減弱率を求めた。スペーサーの材料には付加型シリコン印象材松風社製デントシリコーン V（パテタイプ）（6症例）もしくは床用加熱重合型レジン松風社製バイオ

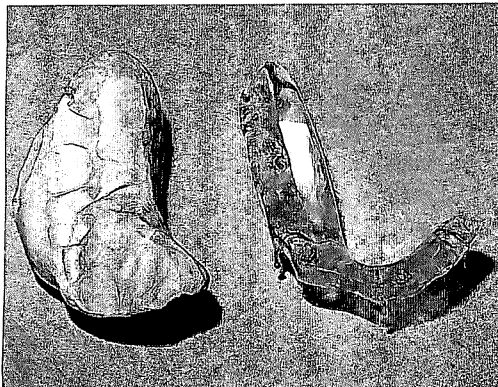


図2 2種類のスペーサー。  
左がシリコン印象材、右がレジンで作られている。

レジン 0 番（10症例）を用いた。スペーサーの作製はシリコン印象材（パテタイプ）では口腔内で直接行ったが、加熱重合型レジンの場合には通常のバイトプレート作製手順に準じて作業模型上でワックスアップを行い重合作製した（図2）。放射線量の測定にあたっては図3のように病巣部すなわち放射線源に一致したスペーサー表面（舌側）に TLD を貼付するとともに、それに対応したスペーサーの歯肉側面に凹部を設けこれに TLD を置いた。線量減弱率は実験の場合と同様に求めた。

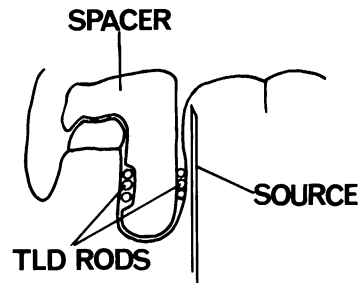


図3 臨床例での放射線量減弱率測定時の模式図。

## 結 果

ラジウム針及びイリジウム針を用いて実験を行った結果は表1及び2、図4及び5に示す通りである。ラジウム針の場合、2mm 厚の試料では線量は約60%に低減するが、10mm 厚では約30%前後に、さらに 15mm と試料が厚くなるに従って線量低減率は20%程度にまで低下した。試料の厚みが変わっても空気、レジンおよびシリコン印象材間での線量低減効果の差は変わらず、5%前後の差がみられた。試料厚 5, 10 及び 15mm でシリコン印象材は、空気での線量減弱率に対して 5%の危険率で有意差を示した。イリジウム針の場合でも試料の厚みが増すにつれて線量減弱率は下がり低減効果は大きくなったが、すべての試料の厚みでラジウム針を用いた場合よりも減弱程度は少なかった。また、全体に試料間の差がやや大きく数%程度の差を示した。試料厚 5 及び 15mm ではレジンが、また、5, 10 及び 15mm ではシリコン印象材がいずれも空気での線量減弱率に対して 5%の危険率で有意差を示した。

臨床例に対してスペーサーを用いた場合の線量低減率は図6に示している。臨床例では各症例ごとに1ケのスペーサーしか作製しなかったため測定数は十分とは言えないが、実験同様厚みが増すに従って線量減弱率は下がり、低減効果は増していた。線源別あるいはスペーサーの材質別での検討は測定数が少ないため今

表1 ラジウム針状線源での放射線量減弱率

試料 \ 厚み	2 mm	5 mm	10 mm	15 mm
AIR	62.66±3.21	49.67±1.94	32.97±0.96	24.97±1.25
RESIN	61.84±1.47	48.94±1.57	32.61±0.82	23.09±0.82
SILICON	60.25±2.16	42.70±2.61 <sup>+</sup>	29.04±2.58 <sup>+</sup>	20.24±1.16 <sup>+</sup>

AIR : 試料を置かなかった場合, (単位: %)  
 RESIN : 試料が床用加熱重合型レジンの場合,  
 SILICON : 試料がシリコン印象材 (パテタイプ) の場合,  
 + : AIR に対して5%の危険率で有意差あり.

表2 イリジウムヘアピン型線源での放射線量減弱率

試料 \ 厚み	2 mm	5 mm	10 mm	15 mm
AIR	73.38±3.94	58.56±2.10	42.58±1.92	32.44±0.49
RESIN	71.52±1.64	54.13±1.69 <sup>+</sup>	40.96±2.43	28.27±0.58 <sup>+</sup>
SILICON	68.25±1.10	51.07±2.89 <sup>+</sup>	34.12±1.25 <sup>+</sup>	24.15±0.54 <sup>+</sup>

AIR : 試料を置かなかった場合, (単位: %)  
 RESIN : 試料が床用加熱重合型レジンの場合,  
 SILICON : 試料がシリコン印象材 (パテタイプ) の場合,  
 + : AIR に対して5%の危険率で有意差あり.

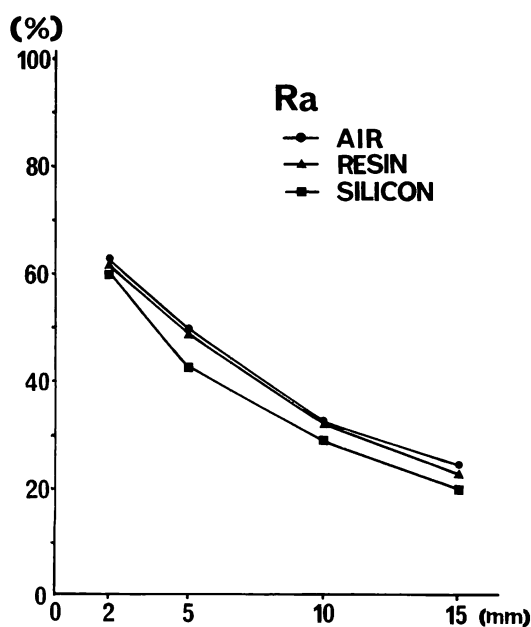


図4 ラジウム針状線源での放射線量減弱率。  
 縦軸は放射線量減弱率, 横軸は試料の厚みを示す。  
 AIR: 試料を置かなかった場合, RESIN: 試料が床用加熱重合型レジンの場合, SILICON: 試料がシリコン印象材 (パテタイプ) の場合

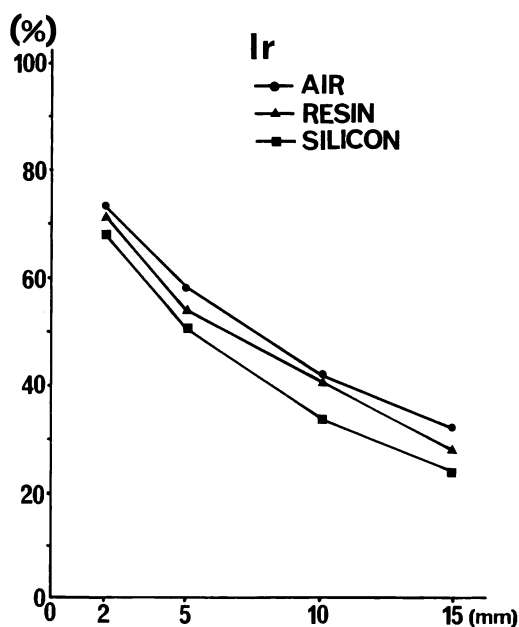


図5 イリジウムヘアピン型線源での放射線量減弱率。  
 縦軸は放射線量減弱率, 横軸は試料の厚みを示す。  
 AIR: 試料を置かなかった場合, RESIN: 試料が床用加熱重合型レジンの場合, SILICON: 試料がシリコン印象材 (パテタイプ) の場合

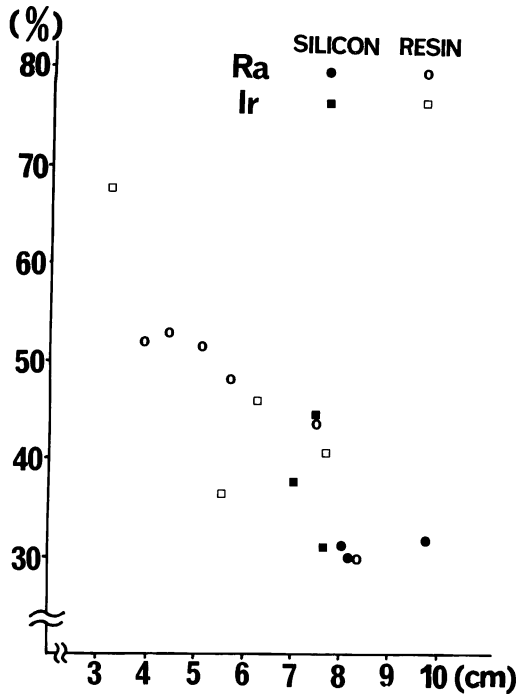


図6 臨床例でのスペーサーによる放射線量減弱率。

回は行なわなかった。

### 考 察

舌癌の組織内照射の際にスペーサーを用いれば骨壊死などの放射線治療後障害を減少させうるであろうことはかなり以前から知られていた<sup>1,2)</sup>。従来よりスペーサーは口腔内で使用されるため操作性や安全性の優れた歯科用材料を用いて作られることが多い。しかし、歯科医との綿密な協力が必要なため、放射線治療の現場でスペーサーを日常的に実用に供することはこれまでほとんどなかった。したがって、物理的な放射線減弱程度などについての詳細な報告はみあたらない。わずかに、放射線源を刺入した舌と歯肉あるいは口蓋粘膜との距離を離すための装置が一部の施設で経験的に用いられているにすぎなかった<sup>4-6)</sup>。1986年になって古川ら<sup>3)</sup>は、歯科用シリコンゴム系印象材を用いてスペーサーを口腔内で直接作製し臨床例に応用した結果、約1cmの厚みで50%以上の線量軽減効果があることを示した。これ以降、厚み1cmを目安にしてスペーサーを作製し臨床に用いる施設がみうけられるようになった<sup>7)</sup>が、スペーサーの材質及び厚みの変化、あるいは放射線源の差による線量低減効果の違いについて実験的に明かにした報告はない。そこで本研究では現在組織内照射の際に最も使用頻度の高いラジウム針及びイリジウム針を放射線源として選び、できる限

り臨床に近い状態を再現して実験を行った。すなわち、線源が舌表面より5mmの深さに刺入された状態を想定して、線源の上に組織等価物質であるMIX-DPを成形した5mm厚の板を置いた。その上に線量計を両面に貼付した試料を置いた。試料には、安全性、操作性、作製後の寸法安定性を考慮し、歯科用材料である加熱重合レジンとパテタイプのシリコン印象材を選んだ。測定結果は先に示した通りで、古川ら<sup>3)</sup>が1cmの厚みで50%以上の線量低減効果があると報告したように、10mm厚ではラジウム針で30%程度まで、イリジウム針では40%程度まで減弱していた。ラジウム針の場合よりもイリジウム針の方が全体に減弱程度が少なかったのは、相対的に線源強度が強かったことが原因と考えられる。いずれの線源でもレジンをを用いた場合空気との減弱率の差は少なく、またシリコン印象材を使用した場合にはその差が大きかったが、レジンの場合その組成が主として炭素、水素、酸素原子を主体とするのに対して、シリコン印象材では珪素や触媒に含まれる錫の他に、フィラー中に酸化物として亜鉛を多く含んでいること<sup>8)</sup>が大きな理由と考えられる。

また、空気とレジン及びシリコン印象材との線量減弱率の差は、イリジウム針の方がラジウム針に比べてやや大きかった。これはそれぞれの線源から放出される $\gamma$ 線エネルギーが異なるためと考えられる。すなわち、ラジウム-226の $\gamma$ 線エネルギーは平均0.78 MeVであり、イリジウム-192では平均0.35 MeVである<sup>9)</sup>が、シリコン印象材中には上記のように亜鉛などの原子番号の高い物質が存在するため $\gamma$ 線エネルギーの低いイリジウム針の場合に減弱程度がより大きくなったものと思われる。これに対して、レジン中には特に高原子番号の物質は含まれないが、空気よりは密度が高いために空気に比べてやや大きな減弱効果を示したものと思われる。

臨床例での測定からは、測定数の少なさもあって、スペーサーの厚みに対応して線量減弱効果が増すこと以外、特に線源別あるいはスペーサーの材質別の差は明かではなかった。しかし、全体に実験値と比較して、減弱率は上下にバラツキがみられるものの、臨床例での放射線の減弱率はおおむね実験結果を反映しているように思われた。バラツキの主な原因としては測定中の舌の動きによる線源の移動が考えられるが、より正確な測定のためには線量計の貼付位置にも慎重な配慮が必要と思われる。最近の報告<sup>6)</sup>にはスペーサーを用いたことによって放射線骨壊死が10数%から1%程度にまで減少したとするものもあり、スペーサーの利用は臨床に極めて有用と考えられる。本研究により

線源やスペーサーの材質及び厚みによる線量低減効果が明らかとなったことから、今後の課題として症例ごとに線量減弱程度を明らかにした上で、放射線骨壊死等の放射線治療後障害の減少程度とを対比検討していくことが臨床上必要と考えられる。

### ま と め

舌癌組織内照射時の正常組織への線量低減のために用いるスペーサーの放射線量低減効果について実験的ならびに臨床的検討を行った。

実験にはラジウム針状線源及びイリジウムヘアピン型線源の2種類の放射線源を使用し、試料として床用加熱重合型レジン及びシリコン印象材（パテタイプ）を用いた。いずれの試料を用いた場合でも放射線減弱効果は空気よりも大きく、またレジンよりもシリコン印象材の方がより大きな減弱効果を示した。これらの効果は、ラジウム針では試料が1 cm厚の場合約30%であったのに対してイリジウム針では約40%と、ラジウム針の方がより大きかった。

臨床例を対象に行った線量減弱程度の検討では測定値にバラツキはあるものの、実験値とよく対応し、おおむね実験で得られた値を反映していた。

### 参 考 文 献

- 1) 堀内淳一, 奥山武雄, 足立 忠, 猪俣宏史: 舌癌に対するラドンシード治療. 日医放, 28, 344-354, 1968.
- 2) Rahn, A.O. and Boucher, L.J.: Maxillofacial prosthetics. W.B. Saunders company, Philadelphia, pp. 49-82, 1970.
- 3) 古川惣平, 久保和子, 速水昭宗, 中村太保: 舌癌組織内照射時における顎骨, 歯肉への線量軽減の試みとその線量評価. 歯科放射線, 26, 85, 1986.
- 4) 下郷和雄: 口腔癌に対する組織内照射の際に使用するスペーサーの材質の検討. 日医放, 37, 409, 1977.
- 5) 白川正順, 長谷川秀行, 河合貴久, 菊池純子, 田辺晴康, 配島知裕: イリジウム ( $^{192}\text{Ir}$ ) 線源に対する放射線防護装置の検討. 顎顔面補綴, 7, 68-74, 1984.
- 6) 村尾豪之, 森田皓三, 伊藤善之, 不破信和, 横井基夫: 舌癌の放射線治療成績の検討. 第13回日本頭頸部腫瘍学会学術講演会予稿集, pp. 157, 1989.
- 7) 宮原隆雄, 荒木田郁夫, 長谷川裕, 谷口 尚, 大山喬史, 竹田正宗, 渋谷 均, 堀内淳一: 口腔癌に対する放射線治療補助装置の臨床. 頭頸部腫瘍, 16, 132-137, 1990.
- 8) 野口八九重, 住井俊夫, 吉田隆一, 土生博義: 別巻 歯科理工学医歯薬出版, 東京, pp. 25-27, 1990.