

|||||||
解 説 特集「口腔内装置の有効性と製作方法について」
|||||||

放射線治療に用いる口腔内装置

新潟大学医歯学総合病院 歯科放射線科

勝良 剛詞

はじめに

2012年度に、歯科診療報酬改定で周術期口腔機能管理が保険導入された。それ以前から、頭頸部放射線治療において口腔粘膜炎などの口腔有害事象対策が重要であると認識されていたが、その対策は口腔衛生管理が中心であった。近年、放射線治療が進歩し高精度化されるにつれ、口腔有害事象対策として口腔内装置の重要性が高まり、2018年度に「放射線治療を行う際の周囲の正常組織の防御を目的とした放射線治療用特殊補綴装置が口腔内装置」として保険収載された。しかし、現在主流となっている外部照射に使用される口腔内装置は比較的新しい技術であり、適切な材質や設計など広く認知されていないのが現状であると思われる。そこで本論文では、外部照射による頭頸部放射線治療に用いる口腔内装置の基礎について根拠を示しながら解説する。

放射線治療

癌治療には、手術、放射線治療、化学療法がある。頭頸部領域は機能や形態が複雑であり、手術後の再建術は機能や形態を完全に回復させることが困難であることから、新規頭頸部癌患者の半数以上には機能や形態の温存に優れる放射線治療が行われている¹⁾。頭頸部放射線治療は、総線量 66 ~ 70 Gy が照射され、1日1回 2 Gy を 33 ~ 35 回に分けて行われる²⁾。したがって、放射線治療は毎日患者を同じ位置に固定すること（高い固定精度）が大切である。また、頭頸部放射線治療は総治療日数が延びると治療効果（生存確率）が低下することが知られている³⁾。この治療日数延長の理由の 1/3 は口腔粘膜炎であり⁴⁾、目標とする十分な治療効果を得るためには、固定精度の向上だけでなく、口腔粘膜炎対策も重要になる。

口腔内装置の目的

放射線治療に用いる口腔内装置には、1) キャリア、2) シールドリングステント、3) ポジション維持ステント、4) リコンツアリングステント、5) スペーサー、6) ディスプレッシングステントがある⁵⁾。本論文では、日本放射線腫瘍学会 放射線治療計画ガイドライン 2020 において²⁾、使用の検討または使用が推奨されているディスプレイッシングステントおよびスペーサーについて述べる。

ディスプレイッシングステントは正常粘膜を照射野の外または低線量領域に移動させたり、舌の動きを抑えたりすることを目的に使用される。それにより、放射線治療中の口腔粘膜炎や味覚障害の予防および軽減が期待される。スペーサーは、歯科用合金から発生する後方散乱線による口腔粘膜の悪化予防を目的にマウスピース型のスペーサーが使用される。これらの口腔内装置は、放射線治療中の患者の苦痛を軽減するだけでなく、目標とする治療効果を得るための重要な歯科技工技術であり、放射線治療は口腔内装置を装着しながら行われることから（図1）、放射線治療を理解し作製することが求められる。

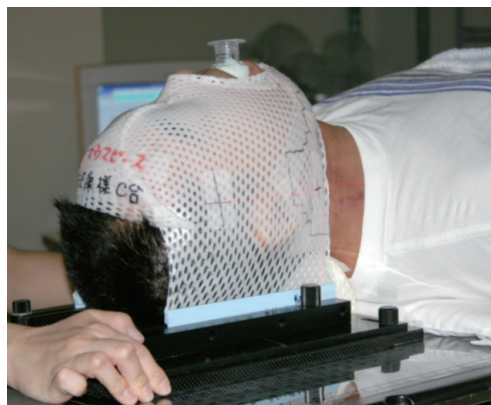


図1 実際の放射線治療前のセットアップ風景
頭頸部放射線治療は口腔内装置を装着した状態で患者を固定し行われる。

セットアップ：放射線治療前の患者固定を含めた準備。

後方散乱線とは

放射線が物質に照射されると、散乱線が発生する。散乱線のうち後方に散乱するものを、後方散乱線という。後方散乱線は照射される物質の原子番号が高いほど、密度が高いほど多く発生する。したがって、原子番号と密度が高い歯科用合金では多くの後方散乱線が発生する。基礎研究において、歯科用合金表面の線量は後方散乱線により、金合金、金銀パラジウム合金、銀合金、チタン合金で、それぞれ、64, 48, 47, 19%増加することが示されている(図2)。頭頸部放射線治療において、金属製のクラウンやブリッジ(以下、金属冠)に接した口腔粘膜に重篤な粘膜炎が発生することが知られており(図3)、歯科用合金からの後方散乱線が原因であると考えられている。

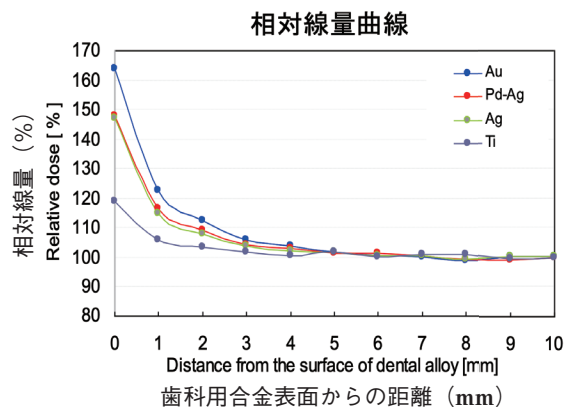


図2 各種歯科用合金の表面からの距離による線量変化
歯科用合金表面の線量は合金のない状態に比べ、金合金(Au)、金銀パラジウム合金(Pd-Ag)、銀合金(Ag)、チタン合金(Ti)でそれぞれ、64, 48, 47, 19%増加が認められ、合金表面から6 mm以上離れると線量の増加はほぼ認められない。

後方散乱線対策

金属冠からの後方散乱線の飛程は10 mm未満であることから^{6,7)}、日本放射線腫瘍学会では、放射線治療開始前の金属冠の除去または口腔内装置の作製を検討することを推奨している²⁾。一方、日本がんサポーターズ学会/日本がん口腔支持療法学会では、金属冠の除去は口腔粘膜炎予防として有効であるが、口腔内装置により粘膜線量の増加は予防でき、金属冠の除去にはさまざまな問題点があることから、除去はすべての症例に推奨できるレベルにはないとしている⁵⁾。また、金属冠の除去と口腔内装置の作製の医療費を推計し比較した研究で、口腔内装置を使用することにより年間約3.7億円の医療費削減が可能であることが示されており⁸⁾、口腔内装置の作製のほうが望ましいと思われる。

口腔内装置の材質と設計

口腔内装置の材質として、エチレン酢酸ビニルコポリマー(EVA)、熱可塑性オレフィンエラストマー(TPO)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリメチルメタクリレート(PMMA)がある。EVA, TPO, PET, PMMAの原子番号は、それぞれ6.40, 5.29, 6.46, 6.48であり材質による差は大きくないが、密度(g/cm^3)はそれぞれ1.0, 0.9, 1.4, 1.2であり差が大きい。口腔内装置の材質の密度が水や周囲組織の脂肪および筋と大きく異なると、正確な線量計算ができなくなる可能性がある。したがって、口腔内装置の材質は、水(密度 $1.0 \text{ g}/\text{cm}^3$)、脂肪(密度 $0.9 \text{ g}/\text{cm}^3$)、筋(密度 $1.1 \text{ g}/\text{cm}^3$)と同等であるEVAやTPOが望ましい。

後方散乱線対策としての口腔内装置の厚みは、 3 mm ⁷⁾、 $3 \sim 5 \text{ mm}$ ⁹⁾、 6 mm 以上⁶⁾と、論文やセミナー資料により若干の隔たりがある。近年、低線量域を含めると口腔全体が照射される強度変調放射線治療(IMRT)が行わ



図3 金属製クラウンやブリッジに一致した口腔粘膜炎の悪化

れることが多くなっており（図4）、口腔粘膜の平均線量が35 Gyを超えると粘膜炎が重篤化しやすくなることから¹⁰⁾、金冠周囲の口腔内装置の厚みは、6 mm 以上で挿入時に患者が苦痛を訴えない程度に厚くすることが望ましいと考えられる。また、天然歯表面の線量は後方散

乱線により11～16%増加するため¹¹⁾、天然歯からの後方散乱線の飛程についての報告はないが、当施設では3 mmの厚みを付与している。

口腔内装置には、スペーサーとしての役割のほかに、ディスプレイシングステントとしての役割もある。上記の材質と厚みに加えて、口腔内の挿入時にバイトブロックなどで開口させたり、舌圧排板を付与したり、舌側や頬側の厚みをさらに厚くしたりすることで、正常組織を照射野外または低線量領域に移動させたり、舌の動きを制限したりすることが可能となる（表1）。

口腔内装置の効果（図5）

スペーサーやディスプレイシングステントとしての口腔内装置を使用することで、医療用麻薬が必要な強い疼痛を伴う口腔粘膜炎を減らせたとする報告^{12,13)}や、口内痛、体重減少、栄養サポートの介入頻度を少なくできたとする報告がある¹⁴⁾。われわれの施設においても、口腔内装置を使用することで、金属冠周囲の中等度以上の口腔粘膜炎の発生率を100%から43%に低下させることが可能であった¹⁵⁾。

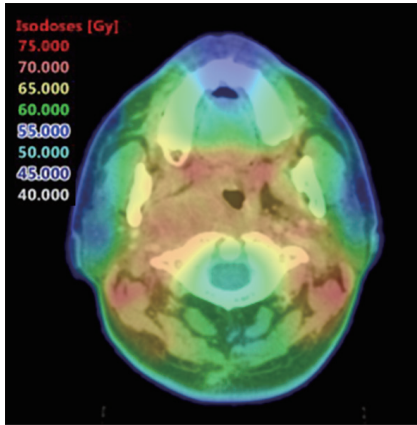


図4 頭頸部強度変調放射線治療の低線量域を含めた線量分布
口腔全体が照射されており、外側に行くほど線量が低くなっている。

表1 日本放射線腫瘍学会 放射線治療計画ガイドライン 2020 を参考にした設計

設計での工夫	
口腔癌（舌以外）	・ 下顎歯肉・歯槽，口腔底の照射時は硬口蓋を照射野から外す工夫 ・ 上顎歯肉・歯槽，硬口蓋の照射時は舌や下顎骨への照射領域を軽減する工夫
舌癌	・ 舌の動きを抑える工夫
上顎洞癌	・ 舌を下方に圧排し照射野から外す工夫
照射野に 金属クラウンやブリッジ	・ 散乱線を防護する工夫（厚みの付与） * ガイドラインでは言及されていないが、筆者は強度変調放射線治療（IMRT）が行われリンパ節領域も照射される頭頸部癌では必要と考える。

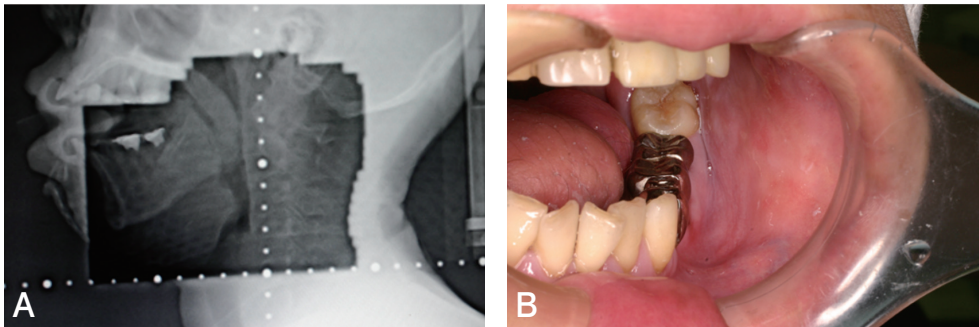


図5 口腔内装置を装着して放射線治療を行った中咽頭癌患者

A：ライナックグラフィー。色の濃い領域が照射野。

B：60 Gy の時点の口腔内。金属製クラウンからの後方散乱線による口腔粘膜炎の悪化は認められない。

現在の口腔内装置の問題と将来的な展望

口腔内装置の作製には、印象採得、技工操作、口腔内での最終調整と、完成までに多くの時間が必要であり、特に技工操作に長い時間を必要とする点が問題視されている¹⁶⁾。また、日本歯科医師会の調査によると¹⁷⁾、全国に8,437の病院があるが、そのなかで歯科診療科がある病院は1,745施設しかないだけでなく、歯科診療科のある病院の常勤歯科技工士数は0.5人と半数は歯科技工士が不在である。すなわち、歯科診療科のある病院は病院全体の29%しかなく、歯科診療科があってもマンパワー不足から口腔内装置作製への対応に難渋している施設が多いと思われる。これは、多くの病院でガイドライン等で推奨されている口腔内装置なしで放射線治療が行われていることを示し、放射線治療の最適化や安全性のうえで問題である。

現在、既製品の口腔内装置がいくつか販売されている。これらを利用することで、歯科診療科がない病院でも口腔内装置が利用でき、技工操作にかかる時間やマンパワーの問題が解決可能と思われるが、高額であり材質や設計の要点を十分満たしているとはいえない。これらの問題を解決するには、歯科診療科のある病院を増やし、かつ常勤歯科技工士の数を増やすことが一番である。しかし、歯科技工士数は減少傾向にあり就業率も低いことから¹⁸⁾、歯科技工士養成施設の入学希望者を増やす対策や待遇の改善などさまざまな方面からの対策が必要と考えられ、時間を要し現実的ではない。したがって、就業歯科技工士の7割が在籍する歯科技工所での外注対応が現実的な対応策であり、将来的には、口腔内スキャンでの光学印象データをクラウドで歯科技工所に送信し、歯科技工所で最適な設計の口腔内装置をPC上でデザインし、3Dプリンターなどで最適な材質を使用し作製するようなシステムの構築や、現在市販されている口腔内装置の問題点を改善した口腔内装置の製品化が望まれる。

文 献

- 1) 頭頸部癌学会：全国登録2019年初診症例報告書，http://www.jshnc.umin.ne.jp/pdf/HNCreport_2019.pdf (参照 2023-10-31)。
- 2) 日本放射線腫瘍学会 編：放射線治療計画ガイドライン 2020年版，金原出版，東京，2020。
- 3) Angela LM, et al. : Duration of radiation therapy is associated with worse survival in head and neck cancer, *Oral Oncol* 108 : 104819, 2020.
- 4) Trotti A, et al. : Mucositis incidence, severity, and associated outcomes in patients with head and neck can-

- cer receiving radiotherapy with or without chemotherapy : a systematic literature review, *Radiother Oncol* 66 : 253-262, 2003.
- 5) 日本がんサポーターブケア学会 / 日本がん口腔支持療法学会 編：がん治療に伴う粘膜障害マネジメントの手引き 2020年版，金原出版，東京，2020。
- 6) Katsura K, et al. : A study on a dental device for the prevention of mucosal dose enhancement caused by backscatter radiation from dental alloy during external beam radiotherapy, *J Radiat Res* 57 : 709-713, 2016.
- 7) Kamomea T, et al. : Dosimetric impact of dental metallic crown on intensity-modulated radiotherapy and volumetric-modulated arc therapy for head and neck cancer, *J Appl Clin Med Phys* 17 : 234-245, 2016.
- 8) Katsura K, et al. : A cost-minimization analysis of measures against metallic dental restorations for head and neck radiotherapy, *J Radiat Res* 62 : 374-378, 2021.
- 9) 2018 Update on Radiation Treatment for Head/Neck Cancer, https://www.astro.org/uploadedFiles/_MAIN_SITE/Meetings_and_Education/ASTRO_Meetings/2018/Annual_Refreshers/Content_Pieces/2018RefreshersHeadNeck.pdf (参照 2023-10-30)。
- 10) Hansen CR, et al. : Prediction of radiation-induced mucositis of H & N cancer patients based on a large patient cohort, *Radiother Oncol* 147 : 15-21, 2020.
- 11) 和田真一：口腔領域の高エネルギー光子放射線治療における高原子番号物質による後方散乱電子の線量分布に及ぼす影響の検討，*歯科放射線* 35 : 125-136, 1995.
- 12) Verrone JR, et al. : Benefits of an intraoral stent in decreasing the irradiation dose to oral healthy tissue : dosimetric and clinical features, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 118(5) : 573-578, 2014.
- 13) Schratte-Sehn AU, et al. : The prevention of mucosal lesions during oropharyngeal irradiation with a dental-filling shield, *Strahlenther Onkol* 168 : 35-38, 1992.
- 14) Perch SJ, et al. : Decreased acute toxicity by using midline mucosa-sparing blocks during radiation therapy for carcinoma of the oral cavity, oropharynx, and nasopharynx, *Radiology* 197 : 863-866, 1995.
- 15) 勝良剛詞，他：放射線口腔粘膜炎の悪化を予防するデンタルデバイス—その製作方法と臨床効果，*デンタルダイヤモンド* 6 : 156-160, 2014.
- 16) Johnson B, et al. : Fabrication of customized tongue-displacing stents, *J Am Dent Assoc* 144 : 594-600, 2013.
- 17) 日本歯科医師会 日本歯科総合研究機構：病院における医科・歯科連携に関する調査，https://www.jda.or.jp/jda/research_organization/pdf/kikou_chousa_20180316.pdf?180409 (参照 2023-10-31)。
- 18) 歯科技工士の養成・確保に関する検討会報告書，<https://www.mhlw.go.jp/content/10804000/000616585.pdf> (参照 2023-10-31)。