



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	頭頸部癌に対する放射線治療で使用したマウスピースの形態の違いによる固定精度の評価
Author(s)	鈴鹿, 正顕; 富田, 雅義; 中田, 明宏 他
Citation	北海道歯学雑誌, 45, 22-30
Issue Date	2024-09-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/93110
Type	journal article
File Information	45_06.pdf



原 著

頭頸部癌に対する放射線治療で使用したマウスピースの 形態の違いによる固定精度の評価

鈴鹿 正顕^{1,2)} 富田 雅義¹⁾ 中田 明宏¹⁾ 竹内 明子^{2,3)} 箕輪 和行²⁾

抄 録:

【緒言】頭頸部癌に対する放射線治療の際に、放射線治療時の位置誤差を減少させる目的でマウスピースやステントなどの口腔内装置を使用することがある。過去のマウスピースを用いた固定精度の報告で、使用されるマウスピースの形態の違いによる固定精度を議論した報告はないため、この観点から後向きに評価を行った。

【対象と方法】2017年10月から2023年6月までに日鋼記念病院放射線科で頭頸部癌に対して放射線治療を施行した17例を対象とした。全顎型マウスピース使用症例群と前歯部型マウスピース使用症例群で熱可塑性マスクとヘッドレストの装着時、放射線治療開始前のsystematic errorとrandom error, set up marginを比較した。測定項目は、anterior-posterior (AP), superior-inferior (SI), left-right (LR), yaw, roll, pitchとした。Set up marginは、算出したsystematic errorとrandom errorからvan Herkのマージン式を用いて算出した。また統計的検定としてマンホイットニーのU検定を行った。

【結果】Random errorは治療開始前のyawとpitch以外で全顎型マウスピース使用症例群の方が前歯部型マウスピース使用症例群よりも誤差が小さい傾向がみられた。Set up marginを算出した結果では、熱可塑性マスクとヘッドレストを装着したときのSIは、全顎型マウスピース使用症例群の方が前歯部型マウスピース使用症例群より0.91mm小さく、治療開始前のAPも、全顎型マウスピース使用症例群の方が前歯部型マウスピース使用症例群より0.61mm小さかった。マンホイットニーのU検定を行った結果、測定2回目のLRとyawで有意差がみられた。

【結語】2種類の形態の異なるマウスピースを使用した症例群で固定精度の評価を行い、全顎型マウスピースは誤差の減少が期待でき有用と考えられた。

キーワード: 頭頸部癌, 放射線治療, マウスピース, 固定精度

緒 言

放射線治療を行う際の治療位置は、治療計画時と同じ位置で行うことが理想である。しかし、放射線治療時の患者の体動や体位によっては放射線治療位置に誤差を生じる。放射線治療の位置誤差を減らすために、画像誘導放射線治療 (image guided radiation therapy: IGRT) による位置照合の利用やシェルなどの固定具が使用されている。放射線治療時に位置誤差を減少させることで設定マージン (set up margin: SM) を減少でき、それに伴って計画標的体積 (planning target volume: PTV) も縮小することが可能になる。その結果、正常組織への照射線量を減少させ

ることが可能となり¹⁾、放射線治療に伴う有害事象の軽減に寄与し、患者の生活の質 (Quality of life: QOL) の低下を予防できる可能性がある。放射線治療における位置誤差の成分は、照射中および治療期間中に生じる治療計画時からのずれの平均値である系統誤差 (systematic error) と、照射中および治療期間中にランダムに生じる治療計画時からのずれのばらつきである偶然誤差 (random error) に分類されている²⁾。Systematic errorは、経時的な腫瘍位置の変化や腫瘍サイズの縮小および増大などが影響する²⁾。Random errorは、照射中の体動や突発的な咳き込み、治療期間中の固定具の装着の仕方による日々の治療位置の変化が影響する²⁾。

¹⁾ 〒051-8501 室蘭市新富町1-5-13

社会医療法人 母恋 日鋼記念病院 放射線科 (富田 雅義 主任科長)

²⁾ 〒060-8586 札幌市北区北13条西7丁目

北海道大学大学院 歯学研究院口腔病態学分野 放射線学教室 (主任: 箕輪 和行 教授)

³⁾ 〒060-8638 札幌市北区北15条西7丁目

北海道大学大学院 医学研究院死因究明教育研究センター (センター長: 畠山 鎮次 教授)

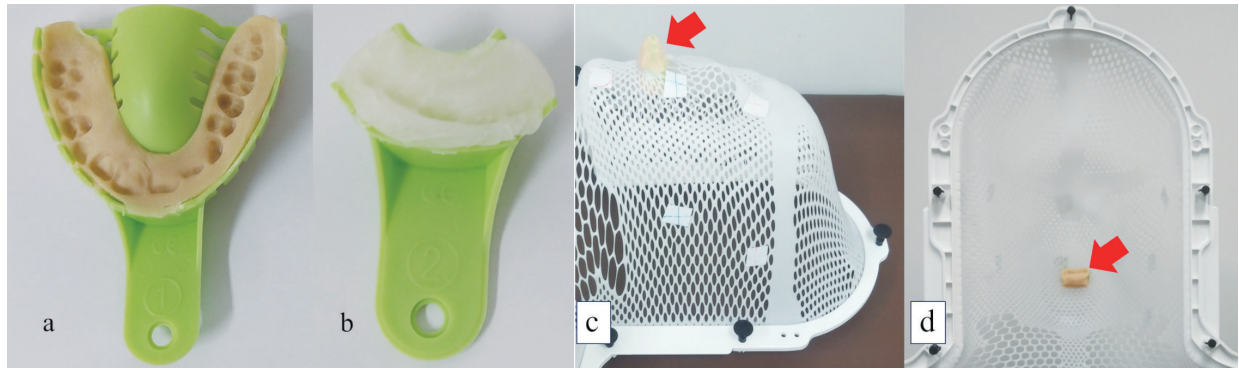


図1 a：全顎型マウスピースの一例。b：前歯部型マウスピースの一例。c：熱可塑性マスクに前歯部型マウスピースをユニファストで固定した一例。外側から見た写真で、赤い矢印は前歯部型マウスピース。d：熱可塑性マスクに前歯部型マウスピースをユニファストで固定した一例。外側から見た写真で、赤い矢印は前歯部型マウスピースを指す。

頭頸部癌に対する放射線治療の際には、マウスピースやステントなどの口腔内装置を使用することがある。口腔内装置の使用目的は2つあり、ひとつは正常組織を保護する事³⁻⁵⁾、もうひとつは放射線治療時の位置誤差を減少させる事である⁶⁻¹⁴⁾。

これまでのマウスピースを用いた固定精度の報告では、マウスピースの形態は歯列全体を覆うもの（以下「全顎型マウスピース」という。）が多く報告されているが^{7-10, 12)}、前歯部のみを噛ませる形態のマウスピース（以下「前歯部型マウスピース」という。）の報告も散見される^{11, 14)}。これらの報告は1種類の形態のマウスピースの固定精度を評価したもので、複数の形態の異なるマウスピースの固定精度を評価した報告はない。

また多くの報告では、マウスピースは頭部を固定する熱可塑性マスクに固定され放射線治療が行われており^{7-9, 11, 12)}、当院でもマウスピースは熱可塑性マスクに固定して放射線治療を行っている。

当院では、もともと全顎型マウスピースを作製していたが、マウスピースの装着時にマウスピースが患者の口角に当たり、マウスピースの装着が困難な症例がみられた。そのため、マウスピースの形態を前歯部型マウスピースに変更した。マウスピースと熱可塑性マスクを固定しない場合は、前歯部型マウスピースと比べて全顎型マウスピースの方がマウスピースを介して前歯および臼歯で噛むことができるため、固定精度が高くなると思われる。しかし、マウスピースと熱可塑性マスクを固定する場合は、固定されたマウスピースに歯を合わせるためマウスピースの形態違いによる固定精度に差はないと思われる。

そこで、本研究では全顎型マウスピースを使用した症例群と前歯部型マウスピースを使用した症例群のsystematic errorとrandom error、SMと統計的検定から、固定精度を評価した。

方 法

1. 対象

本研究は後ろ向き観察研究とし、日鋼記念病院倫理審査委員会の承認（承認番号：137号）を受けた。対象は2017年10月から2023年6月までの期間に日鋼記念病院放射線科で、頭頸部癌に対して放射線治療を施行し、治療の際にマウスピースと熱可塑性マスクのType-S（CIVCO Radiotherapy社製）、ヘッドレストのSilverman2（CIVCO Radiotherapy社製）を使用した症例とした。なお熱可塑性マスクType-Sの形態は頭部を固定する型を使用した症例とした。対象患者を全顎型マウスピース使用症例群と前歯部型マウスピース使用症例群に分けて評価した。

2. マウスピースの作製方法

エコトレー（Ci Medical Co., Ltd, Ishikawa, Japan）にユニファストⅡ（GC, Tokyo, Japan）を盛り、患者にエコトレーを噛ませてマウスピースを作製した。この際、全顎型マウスピースは臼歯まで噛むように設定し（図1 a）、前歯部型マウスピースは前歯部のみを噛むように設定した（図1 b）。作製したマウスピースは治療計画CTの撮影時に患者へ噛ませて、マウスピースと熱可塑性マスクをユニファストⅡで合体、固定した（図1 c, d）。放射線治療時はマウスピースを合体させた熱可塑性マスクを装着して放射線治療を施行した。

3. 使用機器とセットアップ誤差の測定

位置誤差の測定にはExacTrac X-ray（Brainlab AG, Munich, Germany）を使用した（図2 a）。床下に設置した2個の高電圧X線発生ユニットと天井に設置された2個のフラットパネルX線検出器で、斜入2方向のX線画像を撮影した。撮影したX線画像を治療計画用CT画像から再構築した画像と自動で位置照合を行った。

位置照合はPTVの重心を標的と設定した。しかし、照射

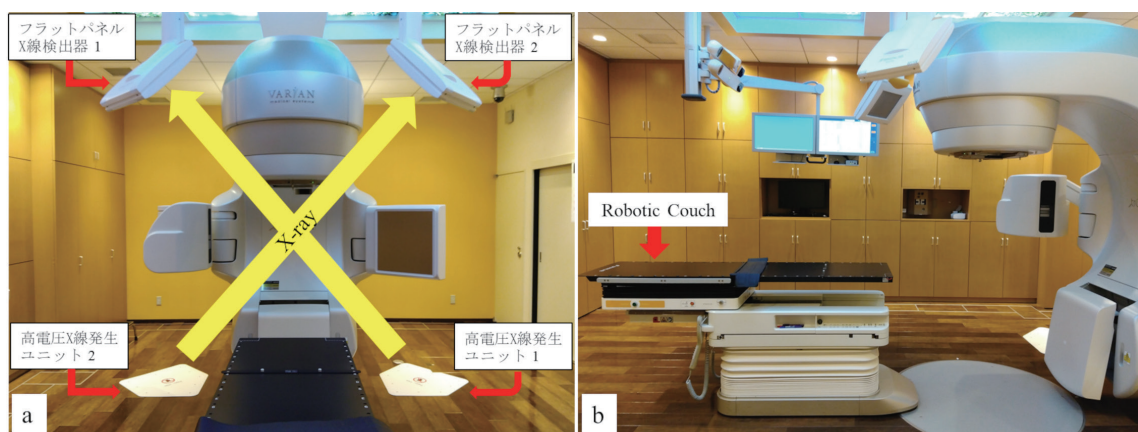


図2 a: 床下に設置した2個の高電圧X線発生ユニットと天井に設置された2個のフラットパネルX線検出器で、斜入2方向のX線画像を撮影する。b: ExacTrac Robotics Couchで6軸の位置誤差を修正する。

範囲が両側頸部を含むなどで広くなる場合にはPTVではなく、臨床的標的体積 (clinical target volume: CTV) の重心を標的と設定した。測定項目は、① anterior-posterior (以下, AP) (mm), ② superior-inferior (以下, SI) (mm), ③ left-right (以下, LR) (mm), ④ yaw (deg), ⑤ roll (deg), ⑥ pitch (deg) の6軸とした (図3)。

位置照合によって算出された誤差をExacTrac Robotics Couch (Brainlab AG, Munich, Germany) を使い、位置の修正を行った (図2b)。位置誤差の修正後に再度、位置誤差を算出し、誤差の距離 (AP, SI, LR) が1mm以内かつ誤差の角度 (yaw, roll, pitch) が1 deg以内であれば治療を行い、そうでない場合は再度位置の修正を行った。

放射線治療室に入室してから治療施行、退出までの流れを図4に示す。

位置誤差の測定は、それぞれの患者の放射線治療毎に、①熱可塑性マスクとヘッドレストの装着時 (測定1回目)、②治療開始前 (測定2回目) の計2回の測定を行った。それぞれの患者で位置誤差の平均と標準偏差を算出した。

4. 患者群におけるsystematic errorとrandom error, SMの算出

全顎型マウスピース使用症例群と前歯部型マウスピース使用症例群でそれぞれsystematic errorとrandom errorを算出し、固定精度を評価した。

患者群のsystematic error, random errorの算出は、systematic errorを Σ , random errorを σ とすると、

$$\text{systematic error} : \Sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\text{random error} : \sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\sigma_i)^2} \quad \text{とした}^{15)}.$$

(nは症例数, x_i は症例*i*の位置誤差の平均, $\bar{x}$ は症例群の位置誤差の平均, σ_i は患者*i*の位置誤差の標準偏差を表す。)

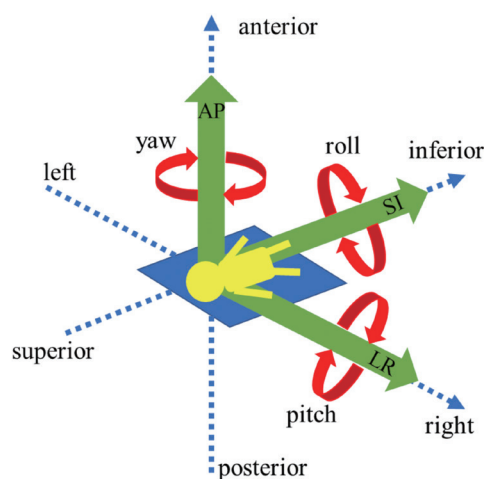


図3 位置誤差の測定は、① anterior-posterior (AP), ② superior-inferior (SI), ③ left-right (LR)の座標系の3軸と3軸を回転する④ yaw (deg), ⑤ roll (deg), ⑥ pitch (deg) の6項目。

算出した項目は① AP (mm), ② SI (mm), ③ LR (mm), ④ yaw (deg), ⑤ roll (deg), ⑥ pitch (deg) の6項目とした。

SMは上記で算出したsystematic errorとrandom errorから、最も多く用いられるマージン式であるvan Herkの式を用いて算出した¹⁶⁾。算出した項目は① AP (mm), ② SI (mm), ③ LR (mm) の3項目とした。

van Herkのマージン式は

マージン式 = $2.5 \Sigma + 0.7 \sigma$ を用いた。

5. 統計的検定による評価

全顎型マウスピース使用症例群と前歯部型マウスピース使用症例群で統計的検定を行った。測定1回目と測定2回目の患者ごとの①AP (mm) の平均, ②SI (mm) の平均, ③LR (mm) の平均, ④yaw (deg) の平均, ⑤roll (deg) の平均, ⑥pitch (deg) を用い、マンホイットニーのU検定を行った。

頭頸部癌に対する放射線治療で使用したマウスピースの
形態の違いによる固定精度の評価

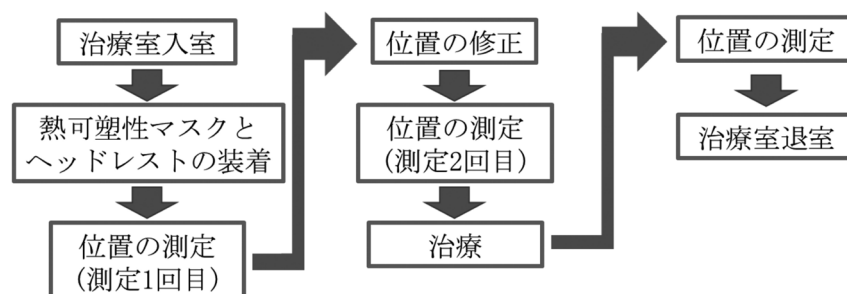


図4 位置誤差は2回測定した。1回目は熱可塑性マスクとヘッドレストを装着した後に測定をした。2回目は位置修正を行った後の放射線治療開始前に測定をした。

使用した統計ソフトはJMP version 16.1.0 (SAS Institute Inc, Cary, NC, USA) で、 $p < 0.05$ を有意とした。

結 果

1. 患者特徴

対象の症例は17例で、全顎型マウスピース使用症例群が10例、前歯部型マウスピース使用症例群が7例だった(表1)。放射線治療内容は両群とも術前照射(40 Gy/16回)の患者が多く、全顎型マウスピース使用症例群は7例、前歯部型マウスピース使用症例群は5例だった。放射線治療中または治療後に生じた放射線粘膜炎のグレードをCTCAE v5.0

の診断基準で調べた結果、症例群間で大きな差はみられなかった。対象症例の咬合支持域の残存状態を調べる目的でアイヒナー分類を用いた。その結果、全顎型マウスピース使用症例群ではA2が1例、A3が1例、B1が1例、B2が3例、B3が1例、C1が2例、C2が1例だった。前歯部型マウスピース使用症例群ではA3が1例、B1が1例、B2が1例、C1が1例、C2が1例、C3が2例だった。

2. 患者群におけるsystematic errorとrandom error, SMの算出

測定1回目と測定2回目における各症例群のsystematic errorとrandom errorの結果を示す(図5, 6)。

		全顎型マウスピース 使用症例群	前歯部型マウスピース 使用症例群
症例数		10 例	7 例
平均年齢		69.0 歳	76.6 歳
最少年齢		45 歳	55 歳
最高年齢		91 歳	94 歳
性別	男性	7 例	3 例
	女性	3 例	4 例
原発部位	下顎歯肉	4 例	上顎歯肉 2 例
	舌	2 例	舌 2 例
	その他	4 例	口腔底 2 例
			その他 1 例
病理	扁平上皮癌	9 例	扁平上皮癌 5 例
	腺癌	1 例	疣贅性癌 1 例 唾液腺導管癌 1 例
Stage 分類	I		1 例
	II	1 例	
	III	4 例	2 例
	IVA	3 例	2 例
	IVB	2 例	2 例
	IVC	0 例	
放射線治療内容	40Gy/16 回	7 例	40Gy/16 回 5 例
	60Gy/24 回	2 例	65Gy/26 回 1 例
	50Gy/20 回	1 例	50Gy/20 回 1 例
放射線粘膜炎 Grade (CTCAE v5.0)	1	1 例	1 例
	2	9 例	5 例
	3		1 例

表1 患者内訳

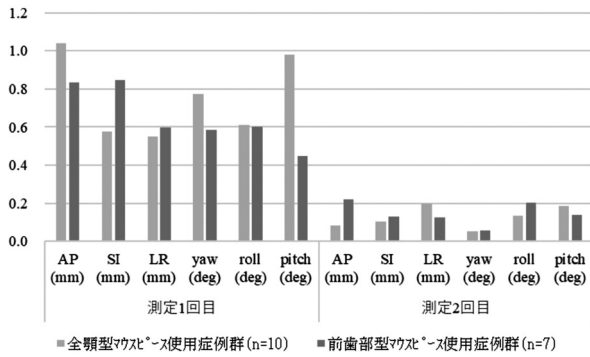


図5：各症例群のsystematic errorの結果

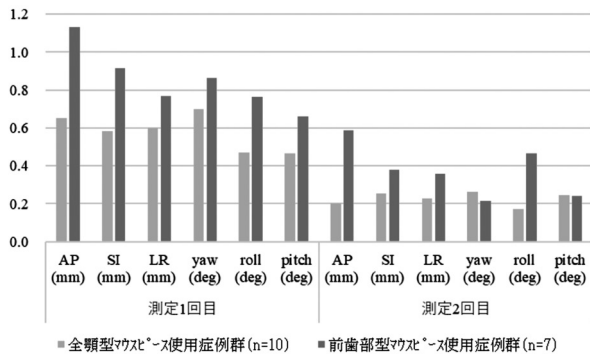


図6：各症例群のrandom errorの結果

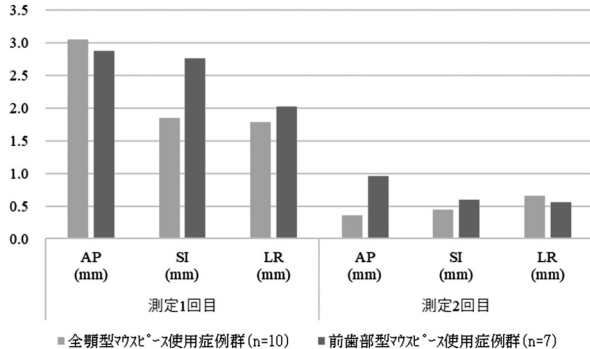


図7：各症例群のsetup marginの結果

測定1回目のsystematic errorにおいて、全顎型マウスピース使用症例群は前歯部型マウスピース使用症例群と比べて、SIとLRの誤差が小さい傾向であった。一方でAPとyaw, roll, pitchは誤差が大きい傾向であった。特にpitchは0.53 degの差であった。測定2回目のsystematic errorにおいて、全顎型マウスピース使用症例群は前歯部型マウスピース使用症例群と比べて、APとSI, yaw, rollの誤差が小さい傾向であった。

測定1回目のrandom errorにおいて、全顎型マウスピース使用症例群は前歯部型マウスピース使用症例群と比べて、全ての項目で誤差が小さい傾向であった。APは0.48 mm, SIは0.33 mm, rollは0.29 degの差であった。測定2回目のrandom errorにおいて、全顎型マウスピース使用症例群は

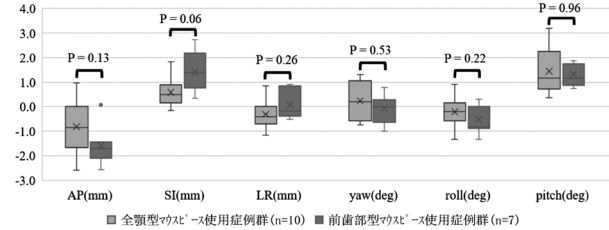


図8：測定1回目の各症例群の箱ひげ図とマンホイットニーのU検定結果

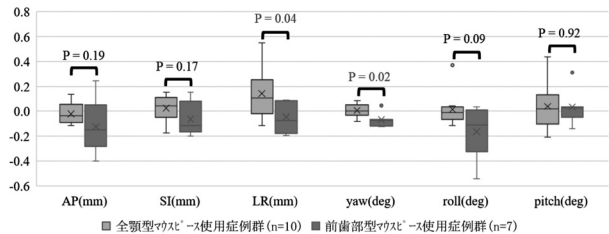


図9：測定2回目の各症例群の箱ひげ図とマンホイットニーのU検定結果

前歯部型マウスピース使用症例群と比べて、APとSI, LR, rollの誤差が小さい傾向であった。

算出したSMを図7に示す。全顎型マウスピース使用症例群は前歯部型マウスピース使用症例群と比べて、測定1回目のSIとLR、測定2回目のAPとSIのマーキングが小さい結果となった。測定1回目のSIにおいて2群の差は0.91 mm、測定2回目のAPにおいて2群の差は0.61 mmであった。

3. 統計的検討による評価

測定1回目と測定2回目の各症例群の箱ひげ図を示す(図8, 9)。2群間でマンホイットニーのU検定を行った結果、測定2回目のLRとyawで有意差がみられた(図8, 9)。

考 察

今回の研究は、2種類の形態の異なるマウスピースを使用した症例群で固定精度の評価を行った。Systematic errorを算出した結果では、測定1回目のpitchで前歯部型マウスピース使用症例群が全顎型マウスピース使用症例群より0.53 deg小さかった。Random errorを算出した結果では、測定2回目のyawとpitch以外で全顎型マウスピース使用症例群の方が前歯部型マウスピース使用症例群よりも誤差が小さい傾向がみられた。SMを算出した結果では、測定1回目のSIは全顎型マウスピース使用症例群の方が0.91 mm小さく、測定2回目のAPも全顎型マウスピース使用症例群の方が0.61 mm小さかった。2群間でマンホイットニーのU検定を行った結果、測定2回目のLRとyawで有意差がみられた。

これまでのマウスピースを使用した固定精度の報告で、Sakamotoら¹⁴⁾は前歯部型マウスピースを使用する事で、未使用の場合より患者の頭部の動きを抑えるのに有用と報

告していた。また、Tryggestadら⁷⁾とTomiharaら¹²⁾は全顎型マウスピースを使用する事で、未使用の場合より固定精度が向上したと報告していた。一方で、Shafai-Erfaniら¹¹⁾は前歯部型マウスピースを使用した場合と未使用の場合で固定精度に変化がなかったと報告していた。以上より、過去の報告からマウスピースの使用は固定精度の向上に寄与すると考えられる。

また過去の報告で、Tryggestadら⁷⁾とWangら⁹⁾がsystematic errorとrandom errorを算出して固定精度を検討していた。TryggestadらとWangらはどちらも使用したマウスピースは、Precise Bite (CIVCO Radiotherapy社製)という全顎型のマウスピースを使用していた。本研究の全顎型マウスピース使用症例群の測定1回目の結果とTryggestadらの結果およびWangらのpre-correctionの結果を比べると、Tryggestadらのsystematic errorのSIが1.2 mm, random errorのSIが1.0 mm, Wangらのsystematic errorのSIが1.1 mm, random errorのSIが1.3 mmであり、本研究の方が小さい結果であった。その他の項目に関しては大きな差はみられなかった。また全顎型マウスピース使用症例群の測定2回目の結果とWangらのresidual setup errorの結果の比較では、全ての項目で大きな差はみられなかった。以上より、今研究で使用した全顎型マウスピースはPrecise Biteと比べてSI方向への誤差を縮小し、それ以外でもPrecise Biteと同等の固定精度の向上に寄与する可能性があると考えられる。

一方で、前歯部型マウスピース使用症例群の測定1回目の結果とTryggestadらの結果およびWangらのpre-correctionの結果を比べると、Tryggestadらのsystematic errorのpitchが0.9 deg, Wangらのsystematic errorのpitchが0.8 degであり、本研究の方が小さい結果であった。その他の項目に関しては大きな差はみられなかった。また前歯部型マウスピース使用症例群の測定2回目の結果とWangらのresidual setup errorの結果の比較では、Wangらのrandom errorのAPが0.3 mm, rollが0.2 degで本研究の方が高い結果であった。その他の項目に関しては大きな差はみられなかった。以上より、random errorは固定具の装着の仕方による治療位置の変化が影響するため、今研究で使用した前歯部型マウスピースはPrecise Biteより、固定具の装着の仕方による治療位置が変化しやすい可能性が考えられる。

全顎型マウスピース使用症例群と前歯部型マウスピース使用症例群を比較した結果、systematic errorでは、測定1回目のpitchで前歯部型マウスピース使用症例群が全顎型マウスピース使用症例群より0.53 deg小さかった。これは全顎型マウスピースを臼歯部で噛む際に、歯が歯型に正しく嵌合している場合はpitchの誤差は小さくなると考えられる。しかし、正しく嵌合していない場合は歯がマウスピースを干渉し、その結果として治療位置の誤差が生じたと

考えられる。

Random errorでは、測定2回目のyawとpitch以外で全顎型マウスピース使用症例群の方が前歯部型マウスピース使用症例群よりも誤差が小さい傾向がみられた。Random errorは固定具の装着の仕方による治療位置の変化が影響するため、前歯および臼歯部でマウスピースを噛む方が治療位置の安定に寄与すると考えられ、全顎型マウスピースを使用する事が有用と考えられる。一方で、放射線治療を行う患者の口の大きさが全顎型マウスピースよりも小さい場合、マウスピースの装着困難に伴う放射線治療へのストレスの増加やマウスピースの装着時にマウスピースが口角に接触することで疼痛が生じる可能性がある。また放射線治療を行うと舌や頬粘膜に放射線粘膜炎が生じ、その部位にマウスピースが当たると更なる疼痛を生じる可能性がある。その場合には固定精度が低下する可能性があるが、前歯部型マウスピースを使用する方が良いと考えられる。

SMを算出した結果では、最大値は測定1回目の全顎型マウスピース使用症例群のAPで3.05 mmだった。それ以外は全て3 mm以下で、測定2回目の結果は全顎型マウスピース使用症例群と前歯部型マウスピース使用症例群ともに1 mm以下だった。放射線治療計画ガイドラインではPTVマージンはCTVに3～5 mmと記載されている¹⁷⁾。測定1回目の全顎型マウスピース使用症例群のAPが3.05 mmと3 mmを超えているが、放射線治療は治療位置を修正した測定2回目の数値で行っているため大きな問題はないと考える。測定1回目のSIは全顎型マウスピース使用症例群の方が0.91 mm小さく、測定2回目のAPも全顎型マウスピース使用症例群の方が0.61 mm小さかったため、このことから全顎型マウスピースを使用する方が有用と考えられる。

2群間でマンホイットニーのU検定を行った結果、測定2回目のLRとyawで有意差がみられ、その他の項目では有意差はみられなかった。測定2回目のLRは前歯部型マウスピース使用症例群の平均誤差の方が小さい結果であった。このことから前歯部をきちんと嵌合できれば、臼歯部を嵌合しなくても位置誤差が小さくなると考えられる。一方で平均誤差の値は全顎型マウスピース使用症例群が0.14 mm, 前歯部型マウスピース使用症例群が-0.05 mmで、PTVマージンよりも小さいため、臨床的にはどちらの形態のマウスピースを使用しても問題はないと考えられる。

測定2回目のyawは前歯部型マウスピース使用症例群の平均誤差が小さい結果であった。このことから臼歯部を嵌合する事でAP方向への回転が小さくなると考えられる。

今回の研究にはいくつかの限界がある。第一に本研究は後ろ向き研究であり、マウスピース使用する患者または使用しない患者に偏りが生じている可能性があり、固定精度にも影響を及ぼしている可能性がある。第二に症例数が少ないため患者の残存歯数や残存咬合支持域数を分類し、固定精度を検討する事が出来なかった事である。全顎型マウ

スペース使用症例群の方が、咬合支持域の数が多く残っている傾向があった。その結果、全顎型マウスピース使用症例群の位置誤差が小さくなった可能性は否定できないため、今後は症例数を増やして残存歯数や残存咬合支持域数を分類し、固定精度を検討したいと考える。

結 論

今回の研究は、2種類の形態の異なるマウスピースを使用した症例群で固定精度の評価を行い、全顎型マウスピースは誤差の減少が期待でき有用と考えられる。一方で、全顎型マウスピースを使用することでマウスピース装着時の困難や疼痛を生じる可能性がある場合は、固定精度が低下する可能性があるが、前歯部型マウスピースを使用する方が良いと考えられる。

参 考 文 献

- 1) van Kranen S, Hamming-Vrieze O, Wolf A, Damen E, van Herk M, Sonke JJ. Head and Neck Margin Reduction With Adaptive Radiation Therapy: Robustness of Treatment Plans Against Anatomy Changes. *International journal of radiation oncology, biology, physics*; 96 (3) :653-60, 2016.
- 2) 上本賢司, 山下祐美恵. 放射線治療初学者のための放射線治療技術学 みんなで考えるセットアップ. *日本放射線技術学会雑誌*; 77 (4) :389-96, 2021.
- 3) Bodard AG, Racadot S, Salino S, Pommier P, Zrounba P, Montbarbon X. A new, simple maxillary-sparing tongue depressor for external mandibular radiotherapy: a case report. *Head & neck*; 31 (11) :1528-30, 2009.
- 4) Johnson B, Sales L, Winston A, Liao J, Laramore G, Parvathaneni U. Fabrication of customized tongue-displacing stents: considerations for use in patients receiving head and neck radiotherapy. *Journal of the American Dental Association* (1939); 144 (6) :594-600, 2013.
- 5) Ikawa H, Koto M, Ebner DK, Hayashi K, Takagi R, Tonogi M, Nomura T, Tsuji H, Kamada T. The Efficacy of a Custom-Made Mouthpiece With Spacer to Reduce Osteoradionecrosis in Carbon-Ion Radiation Therapy for Tongue-Base Tumor. *Advances in radiation oncology*; 4 (1) :15-9, 2019.
- 6) Oita M, Ohmori K, Obinata K, Kinoshita R, Onimaru R, Tsuchiya K, Suzuki K, Nishioka T, Ohsaka H, Fujita K, Shimamura T, Shirato H, Miyasaka K. Uncertainty in treatment of head-and-neck tumors by use of intraoral mouthpiece and embedded fiducials. *International journal of radiation oncology, biology, physics*; 64 (5) :1581-8, 2006.
- 7) Tryggstad E, Christian M, Ford E, Kut C, Le Y, Sanguineti G, Song D. Y, Kleinberg L. Inter- and intrafraction patient positioning uncertainties for intracranial radiotherapy: a study of four frameless, thermoplastic mask-based immobilization strategies using daily cone-beam CT. *International journal of radiation oncology, biology, physics*; 80 (1) :281-90, 2011.
- 8) Naoi Y, Kunishima N, Yamamoto K, Yoda K. A planning target volume margin formula for hypofractionated intracranial stereotactic radiotherapy under cone beam CT image guidance with a six-degrees-of-freedom robotic couch and a mouthpiece-assisted mask system: a preliminary study. *The British journal of radiology* ; 87 (1041) :20140240, 2014.
- 9) Wang H, Wang C, Tung S, Dimmitt A. W, Wong P. F, Edson M. A, Garden A. S, Rosenthal D. I, Fuller C. D, Gunn G. B, Takiar V, Wang X. A, Luo D, Yang J. N, Wong J, Phan J. Improved setup and positioning accuracy using a three-point customized cushion / mask / bite-block immobilization system for stereotactic reirradiation of head and neck cancer. *Journal of applied clinical medical physics*; 17 (3) :180-9, 2016.
- 10) Doi H, Tanooka M, Ishida T, Moridera K, Ichimiya K, Tarutani K, Kitajima K, Fujiwara M, Kishimoto H, Kamikonya N. Utility of intraoral stents in external beam radiotherapy for head and neck cancer. *Reports of practical oncology and radiotherapy*; 22 (4) :310-8, 2017.
- 11) Shafai-Erfani G, Willoughby T, Ramakrishna N, Meeks S, Kelly P, Zeidan O. Effectiveness of base-of-skull immobilization system in a compact proton therapy setting. *Journal of applied clinical medical physics*; 19 (3) :261-7, 2018.
- 12) Tomihara J, Takatsu J, Sugimoto S, Shikama N, Sasai K. Intrafraction stability using full head mask for brain stereotactic radiotherapy. *Journal of applied clinical medical physics*; 22 (9) :360-70, 2021.
- 13) Komiyama R, Ohira S, Ueda H, Kanayama N, Masaoka A, Isono M, Ueda Y, Miyazaki M, Teshima T. Intra-fractional patient motion when using the Qfix Encompass immobilization system during HyperArc treatment of patients with brain metastases. *Journal*

- of applied clinical medical physics; 22 (3) :254-60, 2021.
- 14) Sakamoto M, Konishi K, Ohira K, Hirata M, Wakabayashi K, Aramaki S, Kokubo R, Nakamura K. A newly developed patient fixation system using a dedicated mouthpiece and dental impression materials for head and neck radiotherapy: a preliminary study. Journal of radiation research; 63 (5) :749-57, 2022.
- 15) 松本光弘, 太田誠一, 大野吉美, 小縣裕二. 放射線治療におけるセットアップマージンに関する検討 どれだけの照合数と患者数が必要か. 日本放射線技術学会雑誌; 66 (9) :1186-96, 2010.
- 16) van Herk M, Remeijer P, Rasch C, Lebesque JV. The

- probability of correct target dosage: dose-population histograms for deriving treatment margins in radiotherapy. International journal of radiation oncology, biology, physics 2000; 47 (4) :1121-35, 2000.
- 17) 日本放射線腫瘍学会. 放射線治療計画ガイドライン. 第5版. 129, 東京, 金原出版; 2020.

謝 辞

本論文の執筆にあたりご協力頂いた, 社会医療法人母恋日鋼記念病院 医療情報課 ミラー フレデリック様に厚く御礼を申し上げます.

ORIGINAL

Study of immobilization accuracy with different mouthpiece shapes in radiation therapy for head and neck cancer

Masaaki Suzuka^{1, 2)}, Masayoshi Tomita¹⁾, Akihiro Nakata¹⁾
Akiko Takeuchi³⁾ and Kazuyuki Minowa²⁾

ABSTRACT :

Introduction: During radiation therapy for head and neck cancers, oral devices such as mouthpieces or stents may be used to reduce positioning errors. However, no reports to date have discussed the immobilization accuracy associated with different mouthpiece shapes. In this study, we evaluated the immobilization accuracy of two different mouthpiece shapes.

Materials and Methods: Seventeen patients who underwent radiation therapy for head and neck cancers at the Department of Radiology of Nikko Memorial Hospital from October 2017 to June 2023 were included. Systematic error, random error, and set-up margin, determined when the thermoplastic mask and headrest were fitted and prior to the start of radiation therapy, were compared between patients in whom a full mouthpiece was used and patients in whom an anterior mouthpiece was used. Anterior-posterior, superior-inferior, left-right, yaw, roll, and pitch measurements were performed. The set-up margin was calculated from the systematic error and random error using the van Herk margin formula. Statistical analysis was performed using the Mann-Whitney U test.

Results: With the exception of yaw and pitch prior to the start of treatment, random errors tended to be smaller in the full mouthpiece group than in the anterior mouthpiece group. Calculation of the set-up margin showed that when the thermoplastic mask and headrest were fitted, the superior-inferior measurement was smaller in the full mouthpiece group at 0.91 mm. The anterior-posterior measurement prior to the start of treatment was also smaller in the full mouthpiece group at 0.61 mm. The Mann-Whitney U test showed a significant difference between the left-right and yaw measurements prior to the start of treatment.

Conclusion: Immobilization accuracy was compared between two differently shaped mouthpieces. The full mouthpiece was considered more useful than the anterior mouthpiece because of its ability to reduce error.

Key Words : head and neck cancer, radiation therapy, mouthpiece, immobilization accuracy

¹⁾ Department of Radiology, Nikko Memorial Hospital, Shintomicyo 1-5-13, Muroran, Hokkaido 051-8501, Japan

²⁾ Department of Radiology, Faculty of Dental Medicine and Graduate School of Dental Medicine, Hokkaido University, Kita 13-jo, Nishi 7-chome, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8586, Japan

³⁾ Center for Cause of Death Investigation, Graduate School of Medicine, Hokkaido University, Kita 15-jo, Nishi 7-chome, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8638, Japan