

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K17150

研究課題名（和文）再建舌形態と口腔・嚥下機能の関連性の解明

研究課題名（英文）Elucidation of the relationship between reconstructed tongue morphology and oral swallowing functions

研究代表者

石河 理紗 (Ishiko, Risa)

東北大学・大学病院・助教

研究者番号：40734471

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：CTやMRIなどの画像データからの再建舌形態の抽出方法、および実施の再建舌形態との誤差を補整するための再建舌モールドの製作方法を作成した。  
再建舌モールドについては、再建舌の形態によって、モールド断端の設定やモールド形態（分割の有無）などに配慮を要するため、複数の作製方法を模索した。顎模型上での検証結果を基に、今後は複数の被験者での検討を重ねることで、最終的に患者QOLの向上に寄与するものと考えられた。  
また本研究で作成する再建舌モールドは、放射線照射による再建舌の継時的なボリューム変化の評価にも有用であると考えられたため、放射線照射中の適応を想定したモールドの細胞学的評価を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、CTやMRIなどの画像データから軟組織形態を評価し、モデリングする方法について一定の基準が示された。また舌模型を基に舌および再建舌の形態を評価するためのモールド作製方法を作成したことで、舌・再建舌の形態が口腔・嚥下機能に与える影響を明らかにするための一助となる。今後、被験者での実施により得られた知見を蓄積することで、将来的には口腔・嚥下機能を維持するのに適した患者固有の舌形態の予測、およびそれに基づいたサージカルガイドを作製方法の開発へ繋げることが可能となり、術中の術者や患者の負担を軽減するだけでなく、口腔・嚥下機能に関する予後を術後早期に予測できるようになると考えられる。

研究成果の概要（英文）：A method of extracting the reconstructed tongue morphology from image data such as CT and MRI, and a method of manufacturing a reconstructed tongue mold to compensate for the error with the actual reconstructed tongue morphology were established.

To consider the setting of the mold stump and the shape of the mold (with or without division) depending on the morphology of the reconstructed tongue, multiple methods of making reconstructed tongue molds were investigated. Based on the results of the verification on the jaw model, it is thought that repeated examinations with multiple subjects in the future will ultimately contribute to the improvement of the patient's QOL.

In addition, the reconstructed tongue mold created this time was thought to be useful for evaluating temporal volume changes in the reconstructed tongue due to irradiation. Therefore, a cytological evaluation of the reconstructed tongue mold, which was supposed to be worn during irradiation, was performed.

研究分野：口腔支持療法、歯科補綴学

キーワード：顎顔面補綴学 顎口腔再建外科学

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 舌の切除と再建

口腔癌の中でも舌癌の発生頻度は高い。口腔癌診療ガイドラインでは、原発巣の大きさ、浸潤の程度、周囲組織への進展により切除範囲が異なるが、舌垂全摘あるいは全摘に加え、口底、下顎骨、中咽頭側壁、喉頭などの舌周囲組織の合併切除となることも少なくない。

通常、舌垂全摘症例など広範に舌を切除した場合、残存舌や口腔底の組織と口蓋との空隙、すなわち固有口腔内に大きな死腔が生じることになり、口腔・嚥下機能は障害される。舌機能を代償し、口腔・嚥下機能の維持・回復のため、皮弁または筋皮弁での再建が必要不可欠となる。

皮弁によって再建される舌(再建舌)は、解剖学的な標準サイズより大きく、bulky に形成するのが一般的である。これは本来の舌が筋組織を主体とするのに対して、再建舌が皮膚と皮下組織、切断された筋組織を主体とし、十分な可動性を持たず、随意での形態変化が困難なためである。また再建術後も、経年変化や体重変化に伴い、再建組織内の筋線維や脂肪組織が萎縮することによって再建舌が縮小することが知られており、その点からも大きく再建されることが望ましい。その一方で、再建に用いることのできる遊離皮弁の大きさは、患者個々の血管走行や組織量などによって左右されるため、症例により再建の自由度は異なる。すなわち、適切な形成外科的舌再建術は困難なことが多い。

### (2) 再建舌の形態と口腔・嚥下機能

臨床では、しばしば再建舌の体積が同程度であっても、口腔・嚥下機能の回復度合いに差がある症例を目にする。文献的にも、広範な舌切除症例において再建舌の形態が口腔・嚥下機能へ影響を与えることを示唆する報告が多数存在する。しかしながら、舌や再建舌の形態については明瞭な形態的評価の指標が存在せず、口腔・嚥下機能への影響を明らかにした報告もない。本来の舌および再建舌の形態的特徴と口腔・嚥下機能との関連性が明らかとなり、特に良好な口腔・嚥下機能を示す再建舌の形態的基準が定まれば、舌切除症例における口腔・嚥下機能の回復が容易となるだけでなく、採取できる皮弁の大きさが小さく再建舌のボリューム不足が予測される症例に対して、術前から舌接触補助床などの装置の製作を開始することが可能となり、患者 QOL の向上に大きく貢献するものと予想される。

### (3) 軟組織の形態的評価

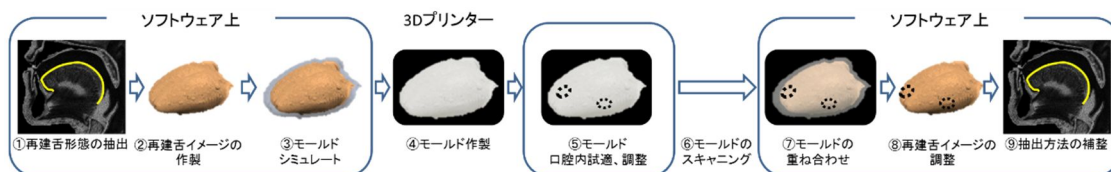
口腔軟組織の形態については CT や MRI から DICOM データを抽出し評価する方法が報告されている。東北大学病院では、舌再建症例の診査、診断のため、術前後で CT や MRI などの画像検査が実施されている。よって、被爆の問題なく、それらを用いて術前 - 術後の形態的比較や術後の長期形態変化についても検討することが可能である。

## 2. 研究の目的

CT や MRI などの画像データから軟組織形態を評価する手法に注目し、これを舌再建症例へ応用することで再建舌の形態評価方法を構築し、再建舌の形態的特徴を明らかにすることを目的とした。さらに再建舌の形態と口腔・嚥下機能の変化の関連性を明らかにすることによって、より良好な口腔・嚥下機能を維持・回復することが可能な、機能的再建舌の形態的基準の確立を目指した。

## 3. 研究の方法

### (1) 再建舌の形態抽出方法(再建舌イメージ製作方法)の確立



図：各種画像データからの再建舌の形態抽出方法を確立する具体的手法の概略

被験者として下記の条件を満たす舌再建患者 1 名を選出した。

- ・ 口腔内が放射線療法の照射野に含まれていない。
- ・ CT, MRI などの画像検査が実施されている。
- ・ 上下無歯顎あるいは口腔内メタルフリーである。

### 再建舌形態の抽出と再建舌イメージの作製

過去に撮影されている患者の術前の CT, MRI から DICOM データを抽出し、舌や周囲組織について解剖学的に指標となるポイントを設定した。CT, MRI のデータともに、マージン部の調整を行った上で、各組織の抽出を行った。続いて術前データと術後データの比較を行い、再建舌形態を

さらに微調整した。CT から抽出した再建舌形態と MRI から抽出された再建舌形態とを比較し、それぞれの画像データからの抽出の特徴を検討した。

また、それぞれの画像から抽出した再建舌形態モデルと実際の再建舌形態とを、口腔内写真や模型と比較し、最も誤差の大きくなる再建部マージンについて各種画像データから抽出する際の最適条件について検討した。

#### 再建舌モールドのシミュレートおよび作製

続いて、具体的な差分の検討目的に、再建舌のモールドのシミュレートを行った。3Dシミュレート用ソフトウェアを用いて、再建舌イメージ表面に沿うような再建舌モールドを作製した。モールドは全体に均一な厚みでシミュレートし、断端は再建舌マージンとした。シミュレートを基に3Dプリンターを用いて再建舌モールドを造形した。造形された再建舌モールドについて計測を行い、誤差について検討した。

次に、再建舌モールドの断端設定の詳細条件を検討した。再建舌全体を被覆すればより正確な比較検討が可能となる。しかし、再建舌はマージン付近にアンダーカットを有する場合が多く、被覆面積が大きくなるほど装着に難渋したり、疼痛を生じたりする可能性があるため、着脱が容易で、かつ必要十分な形態比較が可能な断端設定にする必要があった。モールドの厚みによって硬さにも若干の変化が生じるため、数種類の厚みのモールドを作製し、併せて検討を行った。

#### 再建舌モールドの指摘、調整、および再建舌抽出方法へのフィードバック

前項にて検討した結果、再建舌モールドに対して最も適していると思われた材質、外形にて、種々の厚みのモールドを作製し、被験者の口腔内での検証を予定した。しかし、新型コロナウイルス感染症の拡大に伴い、研究環境や被験者の協力状況に制限が生じ、実施継続が困難となった。

そのため、既成の無歯顎印象研修用顎模型や口腔ケア研修用模型を用意し、用意した模型そのものと、印象採得して作成した石膏模型（普通石膏、硬石膏、超硬石膏）、スキャニングして作成した3Dプリンター製模型などの模型を、複数種類用意し、被験者の代用とした。

用意した模型それぞれについて、模型に対する再建舌モールドを作製、着脱に伴う変形量を検討した。また着脱回数と変形量の関係についても確認を行った。変形量の大きかったものについては着脱の方法により変化量に差が生じるかについても検討を行った。

その上で最も評価に適していると考えられた模型を被験者の代用として使用した。上記模型について、着脱時に最もモデルの変形を生じにくかったモールド素材を用いて、複数種類の厚みのモールドを作製し、強度等の評価を継続した。

模型上で良好な結果を示したモールドを用いて、再建舌模型と再建舌モールドとの具体的な差分を検証し、再建舌イメージをより正確にするための抽出方法の改善を図った。

#### (2)放射線治療後の再建舌の形態変化量評価への応用

舌切除術、再建術を施行された患者の中には、腫瘍残存や再発リスクが高いなど理由から、術後補助療法として放射線療法が追加されるものが少なくない。再建舌が放射線照射野に含まれた場合、再建舌のボリュームが著しく低下することが知られている。本研究で作成するモールドはその減少量の評価においても有用であると考えられた。

照射中の継続的なボリューム変化を評価するには、口腔粘膜炎が出現もしくは出現リスクの高い脆弱な口腔内にモールドを適用する必要があるため、それぞれのモールドについて、材質や表面性状が細胞学的にどのような影響を与えるか検証した。

### 4. 研究成果

#### (1)再建舌の形態抽出方法(再建舌イメージ製作方法)の確立

CT, MRI, それぞれの画像データから再建舌外形の抽出における表示条件やマージン設定のポイントを含めた、抽出方法を決定した。さらにそこから再建舌イメージの作製し、それに適合するモールドのシミュレート、デザイン方法を確立した。



図：ソフトウェア上での再建舌イメージおよびモールド

再建舌モールドの作製においては、誤差の最小化やモールド自体の強度について検証を重ねた。再建舌モールドの断端を設定するにあたり、再建舌全体を被覆すればより正確な比較検討が



可能となる。しかし、再建舌はマージン付近にアンダーカットを有する場合が多く、被覆面積が大きくなるほど装着に難渋したり、疼痛を生じたりする可能性があるため、着脱が容易で、かつ必要十分な形態比較が可能な断端設定にする必要があった。モールドの厚みによって硬さにも若干の変化が生じるため、数種類の厚みのモールドを作製し、併せて検討を行った。

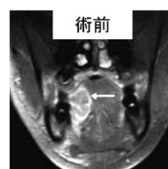
一体成型のモールドでは着脱の簡便さと適合性評価の両立が困難であったため、分割型のモールド作製方法についても検討を行った。分割型モールドは、口腔内で復位する際にずれがなく、容易かつ安全に実施できる形態でなければならず、そのために必要な分割の位置や形態、モールド材質を検討した。確実に復位させるために付与した機構は、いずれも十分な強度を持たせるために厚みを取る必要があり、結果として一体成型と比して違和感や軽度の疼痛を生じやすい形態となった。最終的に一体成型、分割型それぞれのモールドにおいて最も適していると思われる材質、外形にて、種々の厚みのモールドを作製した。

最も評価に適していると考えられた被験者代用模型を用いて、上記モールドを指摘し、強度等の評価を継続した。

## (2)放射線治療後の再建舌の形態変化量評価への応用

放射線治療中の脆弱化した口腔内へのモールド装着を想定し、それぞれのモールド素材とその表面性状の相違がどのような影響を与えるか検証を行った。(1)で作成したモールド素材を主とし、各種モールド素材について、研磨や製作方法を変え、複数のディスクを作成した。それらのディスクを用いて、細胞培養を行い、増殖等を観察することで細胞学的影響を検証した。モールド化した際の表面性状における微細な差が細胞増殖に影響を与えている可能性があり、さらに追加の検証が必要と考えられた。

今後は(1)において模型上で確立した手法を基に、複数の被験者にて検証を行い、再建舌形態の評価および口腔機能における最適形態を明らかにすることで、最終的には患者QOLの向上に寄与することを目指す。



- ①術前のCTやMRIなどの画像情報から、患者固有の舌形態、ボリュームを算出
- ②必要な皮弁ボリュームを予測
- ③舌再建用サージカルガイドの作製
- ④皮弁採取部位、量の調整
- ⑤摂食・嚥下機能の予後予測



- ①舌再建用サージカルガイドを用いた皮弁形態の調整
- ②皮弁ボリュームの不足や縮小の場合 → PAP製作へ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------