

学位申請論文

新たにデザインした人工舌と解剖学的人工舌が構音に及ぼす効果

佐藤 匡晃

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 機能再生・再建科学専攻

咬合・有床義歯補綴学分野

主任教授

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 咬合・有床義歯補綴学分野

皆木 省吾

緒 言

構音機能は人がコミュニケーションを取る上で重要である。音声を介したコミュニケーションを取る上で必要となる器官が発声発語器官で、その中でも構音機能に欠かせないのが口腔器官の一つである舌である。舌は形態を変化させ、口腔内の体積を調整し、口蓋や歯牙へ接触することで種々の音を作り出している。しかし、舌腫瘍切除術や神経疾患等により舌の器質的障害あるいは運動障害が生じると、咀嚼・嚥下機能だけでなく構音機能に影響を及ぼし、生活の質 (QOL) の低下につながる。^{1, 2)} そのため、舌の機能を改善させるためにリハビリテーションや舌運動機能の評価に関する種々の試みがなされている。^{3, 4, 5, 6)} リハビリテーションによる舌機能の回復に期待できれば良いが、舌実質欠損の範囲によってはリハビリテーションによる舌機能回復に期待できない場合がある。機能的あるいは器質的な舌の障害によって舌と口蓋との十分な接触が見込めない場合には、舌接触補助床 (Palatal Augmentation Prosthesis; PAP) を装着させ、人工的に口蓋を低くすることで、舌を容易に接触させ、構音機能・嚥下機能の改善を図る。^{1, 7, 8)} 特に構音機能の中でも、舌尖音や歯茎音といった舌の接触が必要とされる音声については、PAP を装着し、舌と口蓋を接触させることで改善する。一方、広範囲舌腫瘍切除術が行われた際には、移植皮弁による舌再建術が行われ、構音機能や嚥下機能の一助となる。しかし、舌再建術は全ての症例で行わ

れているわけではない。広範囲舌切除術が行われているにも関わらず、舌再建術が行われなかった患者に PAP を装着しても、構音機能の改善は難しい。そのような場合、構音機能改善に効果的となるのが舌補綴装置である人工舌（Tongue Prosthesis; TP）である。^{1, 9)}

これまでの TP の報告では、クラスプを付与したメタルプレートに TP をレジンにて固定し、下顎歯列に装着することで口腔の共鳴腔形態を整え、また必要に応じて口蓋等に接触することにより発音が改善されることが報告されている。^{1, 7)} しかし、Balasubramaniam らは、彼らの総説論文において、TP に関する報告の多くが症例報告や Technical report であって TP に関する研究自体が少なく、学術的背景が乏しい事を指摘している。^{1, 10)} これは、口腔内の軟組織の欠損状態が多様であること、さらに各診療機関における経験症例数が多くなく、口腔がんの術後においてしばしば発生する開口障害がある程度の体積を有する TP 治療を困難にし、多くの治療例が得られない理由ともなっている。^{11, 12)} そのため、臨床では症例毎の探索的なアプローチを行わざるを得ないことが現状である。¹³⁾ これらの背景を考慮すれば、このような症例の多様性に対応できる汎用性の高い TP のデザインの確立が、この領域の治療法の進歩・発展に必要とされていると考えられる。

そこで、構音機能改善に有効な TP 形態を探索するため、本研究では i) 解剖学的な形態を付与した TP（解剖学的 TP）と ii) 中空を有し柔軟性ある材料からなる U 字型の突起構造を有し、舌接触補助床と接触を可能とした TP（U 字型 TP）を製作し、構音機能改善に有効と考えられる 2 種類の TP の構造について検討することを目的とした。

材料と方法

本研究においては健常者を被験者とし、口蓋への接触が行われない広範囲舌切除状態のシミュレーション条件を設定して研究を行った。被験者は、構音機能に異常がない健常成人 20 名（男性：15 名，女性：5 名，平均年齢：26.3±1.9 歳）とした。包含基準は、母国語を日本語とし、構音障害および聴覚異常を認めない者とした。除外基準は、義歯を装着している者、嚥下障害を有する者、嘔吐反射が強い者とした。被験者の上下顎歯列を既製トレー（網トレープレミアム，YDM，東京，日本）ならびにアルジネート印象材（アロマファインプラスノーマル，GC，東京）を用いて印象採得し、硬石膏（ニュープラストーン II，GC，東京，日本）を用いて模型を製作した。

本研究は健常者を被験者としているため、広範囲舌切除された口腔環境を模
するために舌運動抑制型マウスピース (Tongue movement Suppressing
Appliance ; TSA) を製作した。そして以下の2種類の TP, すなわち i) 柔軟性を
有した材料を用い、舌接触補助床と密着しやすい U 字型にした U 字型 TP (U-
Shaped artificial Tongue Prosthesis ; UTP) , ii) 解剖学的な形態を模した解
剖学的 TP (Anatomical artificial Tongue Prosthesis ; ATP) を用いた。また、
UTP については、弾性を有する PAP (Soft PAP) を製作して UTP と併用した。

1. TSA について

下顎石膏模型の歯列部分に厚さ 0.5mm の歯科用熱可塑性樹脂プレート (DURAN+,
SCHEU DENTAL, Germany) を圧接して TSA の歯列適合部分を製作した。さらにこ
の歯列適合部分の舌相当部の高さに厚さ 1.5mm の歯科用熱可塑性樹脂プレート
(DURAN+, SCHEU DENTAL, Germany) を咬合平面に平行に設置した。(図 1) TSA
は、構音時の舌運動を物理的に抑制し、広範囲舌切除患者の構音環境を模した。
本装置による舌運動の抑制範囲を舌後方まで伸ばすと、装着時に嘔吐反射を惹
起する可能性が考えられたため、下顎第二大臼歯の遠心までの範囲とした。その
ため、舌後方部の運動については抑制できていない可能性が考えられる。

2. UTP と Soft PAP について

UTP は構音に必要とされる舌前方から側方の密着を容易にするため、中央を凹ませて U 字型の形態をした TP である。本研究では、さらに柔軟性を付与し、より容易に密着するよう内部を中空にした。UTP は、義歯床用軟性裏層材（ソフリライナースーパーソフト、トクヤマデンタル、東京、日本）を用いて厚さ 1.0mm となるよう製作し、中央を陥凹させてチューブ状にした後に TSA にメタルクリップを用いて装着した。これまでの報告では、下顎歯列にクラスプを付与したメタルプレートにて TP を装着していることから、TSA に TP を固定し、下顎歯列に装着することは妥当であると考えられる。次に、Soft PAP は、上顎歯列歯頸部の高さまで技工用シリコーンパテ（Protesil, Vannini, Italy）で埋められた上顎石膏模型に、厚さ 1.0mm の歯科用熱可塑性弾性樹脂プレート（BIO PLAST, SCHEU DENTAL, Germany）を圧接して製作された。PAP に柔軟性を付与したことで開口障害を生じた場合でも装着可能であること、従来使用されてる PAP と異なり、口腔内にて舌や TP との接触面の調整が不要となるという利点がある。

3. ATP について

ATP は、標準的形態を参考に作られた舌の実体模型 (Z-1, ニッシン, 京都, 日本) と同一の形態とし、義歯床用軟性裏層材 (ソフリライナースーパーソフト, トクヤマデンタル, 東京, 日本) を用いて製作した。(図 3) ATP は, UTP と同様に TSA にメタルクリップを用いて固定し, 下顎歯列に装着した。また, ATP を装着する際には, 各被験者の閉口時に口蓋と接触しない範囲で最前方位となるよう装着した。

4. 構音の評価

構音の評価は外部からの音声を隔絶した環境で行われた。被験者が椅子に座った状態で, コンデンサーマイク (PG27-LC, SHURE, America) と被験者の口唇との距離が約 15cm となるよう配置した。音声は通常会話と同等の 60dB となる大きさを, オーディオインターフェイス (OCTA-CAPTURE UA-1010, Roland, 静岡, 日本) を通じてコンピュータ上に録音した。被験者は発音練習時ならびに被験録音時を通じてノイズキャンセリングヘッドホン (ATH-WS770GM, オーディオテク

ニカ，東京，日本）を装着し，自身の声をリアルタイムで聴きながら発声を行った。

録音は，装置非装着状態，TSA 装着状態，UTP+Soft PAP 装着状態，ATP 装着状態の 4 条件にて行った。UTP+Soft PAP 装着状態ならびに ATP 装着状態に関しては各装置装着直後と 5 分間の発音練習後に録音を行った。発語明瞭度検査における被験タスクは日本語 100 単音節と日本語 40 単語および「北風と太陽」の音読とした。

1) 日本語 100 単音節

日本語 100 単音節を用いた発語明瞭度試験は Umino らの方法に従い実施した。

¹⁴⁾ 日本語 100 単音節 をランダムに配置した検査表 3 種類を被験者ごとにランダムに配布し，検査表に従って順に発音させ，録音記録を行った。録音した音声は聴覚異常がない 5 名の評価者に聴こえた通りの音を用紙に記入させ，実験者が正誤を確認し，評価者ごとの正答率 (%) を算出し，5 名の評価者の平均値を明瞭度として評価を行った。

2) 日本語 40 単語

日本語 40 単語をランダムに配置した検査表を用いた。検査には、ランダムに配布された表に従って順に発音させ録音した。録音した音声は聴覚異常がない 5 名の評価者に聴こえた通りの音を用紙に記入させ、実験者が正誤を確認し、評価者ごとの正答率 (%) を算出し、5 名の評価者の平均値を明瞭度として評価を行った。

3) 「北風と太陽」

「北風と太陽」の一節 (225 音からなる 8 文) を自由なスピードで読ませて録音した。¹⁵⁾ 「北風と太陽」は日本会話明瞭度検査： 1 よくわかる 2 時々わからない言葉がある 3 話の内容を知っていればわかる 4 時々わかる 5 全然わからない の 5 段階評価を行い、5 名の評価者の平均値をもって明瞭度とした。

¹⁶⁾ これらの記録された音声の評価は、装着直後の録音ならびに 5 分間の練習後の録音のうち最も良い値をその状態の代表値とした。

4) ケプストラム解析

日本語 100 単音節を音読させた音声について、ケプストラム解析を行った。本方法は、図 4 に示すように、録音時に得られる各条件下の音声スペクトルを比較するより、ケプストラムに変換することで各条件下の音声の差が明瞭になるため本法を用いた。日本語 100 単音節の 100 音の音声スペクトルをフーリエ変換し、算出されたスペクトルを対数変換した。対数スペクトルを逆フーリエ変換し、ケプストラムを求めた。求めた各条件下のケプストラムと正常音声のケプストラムを比較した。各実験条件において発声された音声の継続時間長を動的計画法により同じ長さに調整した後に、各実験条件下におけるケプストラムと正常条件下におけるケプストラムの差（ケプストラム距離）を算出した。したがって、ケプストラム距離間の差が小さい程、正常な音声に近いと判断される。

5) 破擦音の産生能力による被験者

TSA を装着した状態における口唇を用いた代償性構音について、夕音を代表として評価を行った。すなわち、TSA 装着状態における夕音に関する明瞭度を指標として被験者を 2 群に分けた。群分けには、クラスター分析（ウォード法）を用いた。口唇による破擦音の代償性構音が優れた群を Excellent Compensatory

Articulation group (ECA 群) とし、代償性構音がすぐれていない群を non-ECA 群とした。

6) 統計解析

日本語 100 単音節，日本語 40 単語の明瞭度については一元配置分散分析を行い，post-hoc test として Bonferroni 法を用いた。「北風と太陽」の明瞭度については，Wilcoxon の順位和検定を行った。被験者 20 名のケプストラム距離の平均値については一元配置分散分析を行い，post-hoc test として Bonferroni 法を用いた。ECA 群と non-ECA 群の群間比較には，Kruskal-Wallis 検定を行い，多重比較検定には Steel-Dwass 法を用いた。有意水準は 5%とした。本研究についてのインフォームドコンセントについては口頭・書面にて得られており，岡山大学臨床研究審査専門委員会 (No. 1709-006) にて承認されている。

結 果

各状態における 20 名の被験者における明瞭度の平均値(±SD)を表 1 に示す。TSA 装着によって明瞭度は有意にかつ高度に低下している。UTP, ATP を装着することによって、いずれも TSA による舌抑制状態よりも有意に明瞭度は改善している。

TSA を装着することによって舌運動を抑制した状態における破擦音(日本語における「タ行」)の全被験者における正答率を図 5 に示す。20 名の被験者のうち、11 名は全く破擦音を発することができなかったが、9 名においては舌運動を抑制した状態においても、正しく聴取される破擦音を発することができることが示された。この破擦音は、口唇による代償性構音によって産生されていた。この結果から、20 名の被験者をクラスター分析(ウォード法)によって 2 群に分けた。クラスター分析の結果として、被験者番号 14-20 の 7 名が ECA 群に分類され、1-13 の 13 名が non-ECA 群に分類された。

ECA 群における破擦音の明瞭度の平均値は $14.29 \pm 5.59\%$ 、non-ECA 群における破擦音の明瞭度の平均値は $0.62 \pm 1.44\%$ であった。ECA 群および non-ECA 群における日本語 100 単音節、日本語 40 単語、「北風と太陽」の明瞭度検査の結果を図 6 と 7 に示す。ECA 群においては、UTP と ATP の装着はいずれも TSA 単独に比べて有意に高い値をとることが示された。統計学的には有意差は認められなかったが、TSA+ATP は TSA+UTP よりも高い値をとる傾向を示した。(図 6)

同様に、non-ECA 群においても、UTP と ATP の装着はいずれも TSA 単独に比べて有意に高い値をとることが示された。(図 7) しかし、non-ECA 群においては、日本語 100 単音節の明瞭度は TSA+UTP において効果的に改善した。TSA+UTP の日本語 100 単音節の明瞭度は TSA+ATP とほぼ同じ値を示した。さらに、この値は ECA 群の TSA+ATP とほぼ同じ値を示した。

日本語 100 単音節中に含まれる破擦音の non-ECA 群, ECA 群の明瞭度の平均値を図 8 に示す。non-ECA 群における TSA, TSA+UTP, TSA+ATP の明瞭度は、 $0.62 \pm 1.44\%$, $21.61 \pm 1.03\%$, $12.61 \pm 6.62\%$ であった。TSA+UTP は、TSA, TSA+ATP と比較して有意に高い明瞭度を示した。ECA 群における TSA, TSA+UTP, TSA+ATP の明瞭度は、 $14.28 \pm 5.59\%$, $26.28 \pm 5.17\%$, $37.14 \pm 15.52\%$ であった。non-ECA 群と ECA 群のいずれにおいても、TSA と TSA+UTP, TSA+ATP 間のそれぞれにおいて有意差を認めた。ECA 群の TSA は non-ECA 群の TSA よりも有意に高い明瞭度を示すことが明らかとなった。($p < 0.01$, 図 8)

non-ECA 群において TSA+ATP は TSA+UTP よりも有意に低い値を示した。non-ECA 群と ECA 群 における TSA+UTP の値には有意な差は認められなかったにもかかわらず、non-ECA 群の TSA+ATP に比べ、ECA 群の TSA+ATP は高い値を示した。($p < 0.05$, 図 8)

ケプストラム距離に関する結果を図 9 に示す。non-ECA 群において、TSA+UTP 装着時のケプストラム距離は TSA 単独と比較して有意な差を認めたが、全体的に明瞭な差は認められなかった。(p<0.05)

考 察

舌癌により舌を切除した場合、構音機能が著しく低下する。^{1, 7, 8, 9, 10)} 一般的に、移植皮弁による舌再建術は良好な構音機能に繋がることが知られている。^{17, 18)} しかし、舌腫瘍切除術を受けた患者のうち舌再建術を受けることができなかった場合、あるいは機能的に奏功しなかった場合には、TP は有用な構音機能を改善する方法の一つであるが、そのほとんどが一例報告であり、どのようなデザインが機能的に優れているかについては客観的に評価する報告はなかった。これは残存組織の形態のバリエーションの多さが TP の形態やその評価を行うための障壁になっている。また、この領域の進歩を阻害するもう一つの障壁が開口障害である。他の患者にみられない開口障害が補綴装着を困難にし、本治療の普及の障害となっている。Louise らは、40 名の頭頸部がん患者を対象とした調査研究で、45%の患者が開口障害を有しており、平均最大開口量は $28 \pm 9\text{mm}$ であつ

たと報告している。¹⁹⁾ このことは、体積の大きな解剖学的な TP を口腔内に挿入することが不可能である患者が少なからず存在することを示している。したがって、本研究で採用したデザインの TP のように開口障害を生じていても装着可能な柔軟性のある装置の効果を検討することには価値があると考えられる。また、本研究において使用した Soft PAP は、唾液の侵入を防ぐために後端を口蓋に接触させているが、臨床的に開口障害が認められる症例においては後端を解放させたデザインでもよい。⁹⁾

TP の装着によって改善されると推測される子音の代表的なものが破擦音である。本研究においては、TSA を装着した直後においても、明瞭度検査において破擦音様の音の産生が認識される被験者が認められたことは重要な所見であると考えられる。TSA 装着により舌運動を抑制した状態において、口唇を用いた代償性構音により破擦音を発することができる者とできない者がいた。このことは McMicken ら²⁰⁾ が口唇と前歯によって破擦音を模倣できる可能性を報告していることと整合性がある。発語明瞭度検査の結果、TSA 装着時に破擦音が産生できる者とできない者ではその後の TP 装着時の構音状態に違いがあることが推察された。したがって、本研究結果の解析においては、口唇の代償性構音によって破擦音を産生できる ECA 群とそれができない non-ECA 群の 2 群に分けた。ECA 群においては、全般的には、結果に示されているように、ATP を装着した時の方が明瞭

度検査の結果が有意に優れていた。これは、ECA 群においては破擦音を口唇にて代償できるため TP に依存する程度が少なく、むしろ後続する母音については自然な形に近い共鳴腔を得ることができるため全体としての明瞭度が向上していると考えられる。このことは、TSA+UTP を装着した non-ECA 群と ECA 群の明瞭度の値が類似した値を示したことと整合性があると考えられる。一方で、non-ECA 群においては、破擦音に関する明瞭度検査の結果は TSA+UTP と比較して TSA+ATP では有意に低く、言語コミュニケーションに必要とされる破擦音の発音に不利であることが示された。また、ケプストラム距離の結果では、UTP が TSA 装着時と比べて有意に低い結果を示したが、全体的に明瞭な結果は認められなかった。このことから、ケプストラム距離を用いて構音機能改善の効果を評価することは不適切であることがわかった。しかし、正常音声の音声スペクトルと各条件下の音声スペクトルには差があったにも関わらず、聴取による明瞭度検査では改善を認めたことから、正常音声スペクトルに近似していない音声スペクトルでも聴取可能であることが示された。

本研究は健常者を対象としたシミュレーション実験であり、いくつかの制約が存在する。第一に、本研究では 20 名の被検者のうち 7 名が代償性の破擦音を産生することができている。しかし、すべての被検者は健常者であり、口唇の麻痺や運動機能障害は存在しない。口唇およびその周囲の麻痺や運動障害が存在

しない場合には、舌腫瘍切除術直後の構音状態は本研究の条件に類似すると推察される。したがって、瘢痕拘縮がない舌腫瘍切除術直後においては破擦音の結果が TP の形態選択に重要な影響を与えられと考えられる。しかし、実際の患者において長い練習期間を経た後にどの程度の割合の患者が口唇で十分な破擦音を産生できるかは定かではなく、今後のさらなる研究が必要である。

第二に、TSA の限界が挙げられる。TSA は下顎歯列に適合させて舌の上方への挙上運動を抑制するが、舌の後方への運動は抑制することができない。TSA 装着時における日本語 100 単音節の明瞭度は $34.7 \pm 4.79\%$ である。しかし、舌後方の接触が必要となるカ行 (閉鎖音) の TSA 装着時の明瞭度は $61.4 \pm 12.79\%$ である。これらの結果を比較すると、舌後方への運動の抑制は不十分であると考えられる。したがって、舌後方に調音点を持つ音の解析についてはさらなる検討が必要である可能性がある。

第三に、ATP の形態が挙げられる。これまでの多くの症例報告を勘案すれば、ATP の形態やその調整法にはそれぞれの術者の達成すべき細やかな要点が存在すると推察される。しかし、それらに関して詳細に述べられている論文は我々が渉猟した範囲では見当たらなかったため、本研究では解剖学的な形態を有するシリコーン製の TP を開閉口時に上顎歯列および口蓋と干渉しない範囲で最前方に位置させている。PAP と比べて開閉口でその位置が変化する TP は、個々の

構音時の運動により接触状況が異なるため、症例毎の改善には限界があると考えられる。

本研究の制約の範囲内において、ATP も UTP もいずれも構音機能改善に有効であることが示された。UTP については、柔軟性を有するため、開口障害が強い症例にも適応可能であり、破擦音を口唇で代償的に構音できない患者においても構音機能改善に有効であることが示された。TP を装着しなくても破擦音が発生できる場合には、構音時に PAP や口蓋等に容易に密着する U 字型の形態が高い構音機能改善効果を発揮することが示された。

結 論

本研究により、広範囲舌切除患者に TP を装着することにより明瞭度が改善することが示された。そして、ATP の装着により高い明瞭度を認めたが、UTP のように U 字型を付与した単純な形態が構音機能改善に有効であることが示された。また、広範囲舌切除患者における破擦音の明瞭度検査の結果が TP の形態を選択する基準となることが示された。

謝 辞

稿を終えるにあたり，御懇切なる御指導と御校閲を賜った岡山大学大学院医歯薬総合研究科咬合・有床義歯補綴学分野 皆木省吾教授に謹んで感謝の意を表します。また，本研究を遂行するにあたり，終始懇切なる御指導と御教授を賜りました，岡山大学大学院ヘルスシステム統合科学研究科 阿部匡伸教授，原直助教，岡山大学大学院医歯薬総合研究科咬合・有床義歯補綴学分野 兒玉直紀助教，川上滋央助教に深く感謝いたします。最後に，本研究を行うにあたり，多くの御援助と御協力をいただきました岡山大学大学院医歯薬総合研究科咬合・有床義歯補綴学分野の諸先生方に心より御礼申し上げます。

文 献

- 1) Balasubramaniam, MK., Chidambaranathan, AS., Shanmugam, G., Tah, R. :
Rehabilitation of Glossectomy Cases with Tongue Prosthesis: A Literature
Review. *J. CLIN. Diagn. RES.* **10**, 1-4, 2016
- 2) Minagi, Y., Ono, T., Hori, K., Fujiwara, S., Tokuda, Y., Murakami,
K., Maeda, Y., Sakoda, S., Yokoe, M., Mihara, M., Mochizuki, H. :
Relationships between dysphagia and pressure during swallowing in
Parkinson's disease patients. *J. Oral Rehabil.* **45**, 459-66, 2018
- 3) Shirahige, C., Oki, K., Morimoto, Y., Oisaka, N., Minagi, S. : Dynamics
of posterior tongue during pronunciation and voluntary tongue lift
movement in young adults. *J Oral Rehabil.*, **39**, 370-376, 2012
- 4) Yano, J., Shirahige, C., Oki, K., Oisaka, N., Kumakura, I., Tsubahara,
A., Minagi, S. : Effect of visual biofeedback of posterior tongue movement
on articulation rehabilitation in dysarthria patients. *J. Oral Rehabil.*
42, 571-579, 2015
- 5) Manda, Y., Maeda, N., Pan, Q., Sugimoto, K., Hashimoto, Y., Tanaka,
Y., Kodama, N., Minagi, S. New method of neck surface electromyography
for the evaluation of tongue-lifting activity. *J. Oral Rehabil.* **43**, 417-
425, 2016

- 6) Takatsu, J., Hanai, N., Suzuki, H., Yoshida, M., Tanaka, Y., Tanaka, S., Hasegawa, Y., Yamamoto, M.: Phonologic and Acoustic Analysis of Speech Following Glossectomy and the Effect of Rehabilitation on Speech Outcomes. *J Oral Maxillofac Surg.*, **75**, 1530-1541, 2017
- 7) Aramany, MA., Downs, JA., Beery, QC., Aslan, Y.: Prosthetic rehabilitation for glossectomy patients. *J. Prosthet. Dent.* **57**, 608-611, 1987
- 8) Penn, M., Grossmann, Y., Shifman, A., Taicher, S.: Implant-retained feeding aid prosthesis for a patient following total glossectomy and laryngectomy: A clinical report. *J. Prosthet. Dent.* **97**, 261-265, 2007
- 9) Kozaki, K., Kawakami, S., Konishi, T., Ohta, K., Yano, J., Onoda, T., Matsumoto, H., Mizukawa, N., Kimata, Y., Nishizaki, K., Iida, S., Gofuku, A., Abe, M., Minagi, S.: Structure of a New Palatal Plate and the Artificial Tongue for Articulation Disorder in a Patient with Subtotal Glossectomy. *Acta. Med. Okayama.* **70**, 205-211, 2016
- 10) Sabouri, AA., Safari, A., Gharechahi, J., Esmailzadeh, S.: Prothodontic Rehabilitation for Total Glossectomy with a Magnetic

Detachable Mandibular Tongue Prosthesis: A Clinical Report. *J. Prosthodont.* **21**, 404-407, 2012

11) Astradsson, T., Laurell, G., Ahlberg, A., Nikolaidis, P., Johansson, H., Ehrsson, Y.T., Trismus in patients with head and neck cancer and 5-year overall survival. *Acta. Otolaryngol.* **138**, 1123-1127, 2018

12) van der Geer, S.J., van Rijn, P.V., Kamstra, J.I., Langendijk, J.A., van der Laan, B.F.A.M., Roodenburg, J.L.N., Dijkstra, P.U.: Prevalence and prediction of trismus in patients with head and neck cancer: A cross-sectional study. *Head. Neck.*, **41**, 64-71, 2019

13) Minagi, S., Nagare, I., Sato, M., Sato, T.: Mushroom-shaped resilient retainer for maxillary obturator prostheses. *Int. J. Prosthodont.* **4**, 473-476, 1991

14) Umino S, Masuda G, Ono S, Fujita K. Speech intelligibility following maxillectomy with and without a prosthesis: an analysis of 54 cases. *J. Oral Rehabil.* **25**, 153-158, 1998

15) Beijering, K., Gooskens, C., Heeringa, W., Predicting intelligibility and perceived linguistic distance by means of the Levenshtein algorithm. *Linguistics. in the Netherlands.* **25**, 13-24, 2008

- 16) Ono, T., Hamamura, M., Honda, K., Nokubi, T.: Collaboration of a dentist and speech-language pathologist in the rehabilitation of a stroke patient with dysarthria: a case study. *Gerodontology*. **22**, 116-119, 2005
- 17) Kimata, Y., Sakuraba, M., Hishinuma, S., Ebihara, S., Hayashi, R., Asakage, T., Nakatsuka, T., Harii, K.: Analysis of the relations between the shape of the reconstructed tongue and postoperative functions after subtotal or total glossectomy. *Laryngoscope*. **113**, 905-909, 2003
- 18) Kimata, Y., Matsumoto, H., Sugiyama, N., Onoda, S., Sakuraba M.: Lessons Learned from Unfavorable Microsurgical Head and Neck Reconstruction: Japan National Cancer Center Hospital and Okayama University Hospital. *Clin. Plast. Surg.* **43**, 729-37, 2016
- 19) Louise, KM., Brennan, MT., Noll, JL., Fox, PC., Burri, SH., Hunter, JC., Peter, BL.: Radiation-Induced trismus in head and neck cancer patients. *Support Care Cancer.*, **16**, 305-309, 2008
- 20) McMicken, B., Vento-Wilson, M., Warden, M., Hall, M., Rogers, K.: A Child With Congenital Aglossia: A Narrative Review and Descriptive Case Study. *SAGE. open.* **9**, 1-11, 2019

表題脚注

岡山大学大学院医歯薬総合研究科 機能再生・再建科学専攻 口腔・顎・顔面
機能再生制御学講座 咬合・有床義歯補綴学分野(主任：皆木省吾教授)

本論文の一部は、令和元年度日本補綴歯科学会中国・四国支部学術大会(2019年
8月，広島)において発表した。

<図の解説>

図1) TSA (a) と TSA の概略図 (b)

(TSA: Tongue movement Suppressing Appliance)

図2) UTP と Soft PAP (a) UTP と Soft PAP の概略図 (b)

(TSA: Tongue movement Suppressing Appliance, UTP: U-Shaped artificial Tongue Prosthesis, Soft PAP: Soft Palatal Augmentation Prosthesis)

図 3) ATP (a) と ATP の概略図 (b)

(TSA: Tongue movement Suppressing Appliance, ATP: Anatomical artificial Tongue Prosthesis)

表 1) 被験者 20 名における明瞭度の平均値

正常音声と比較して、全体的に有意に明瞭度が低下していることから、TSA 装着にて舌運動は抑制されている。被験者 20 名における明瞭度の平均値。TSA 装着時の明瞭度と比較して、TSA+UTP, TSA+ATP では有意に改善してゐる。(**: $p < .01$)

(TSA: Tongue movement Suppressing Appliance, UTP: U-Shaped artificial Tongue Prosthesis, Soft PAP: Soft Palatal Augmentation Prosthesis, ATP: Anatomical artificial Tongue Prosthesis)

図 4) 模式図によるケプストラム距離の説明

正常音声と条件付き音声から得られた音声スペクトラム (a) をフーリエ変換、対数変換、逆フーリエ変換を行うことで得られた (b) のようなケプストラムを比

較し、正常音声との差を調べるもの。差が小さいほど正常音声に近似していることが言える。

図 5) TSA 装着時における破擦音の明瞭度

TSA を装着した被験者 20 名の破擦音（日本語のタ行）を発音させた明瞭度の結果。クラスター分析を行った結果、TSA 装着により舌運動を抑制しているにも関わらず 7 名は聴きとれる破擦音を発音することができた。この結果より、TSA 装着時に破擦音を発音できている者を ECA 群、それ以外の者を non-ECA 群とした。

(ECA: Excellent Compensatory Articulation)

図 6) ECA 群における明瞭度の平均値

ECA 群では、UTP、ATP の装着により明瞭度が有意に改善していることを認める。 (**: $p < .01$)

(ECA: Excellent Compensatory Articulation, TSA: Tongue movement Suppressing Appliance, UTP: U-Shaped artificial Tongue Prosthesis, Soft PAP: Soft Palatal Augmentation Prosthesis, ATP: Anatomical artificial Tongue Prosthesis)

図 7) non-ECA 群における明瞭度の平均値

non-ECA 群では, UTP, ATP の装着により明瞭度が有意に改善していることを認める。 (**: $p < .01$)

(ECA: Excellent Compensatory Articulation, TSA: Tongue movement Suppressing Appliance, UTP: U-Shaped artificial Tongue Prosthesis, Soft PAP: Soft Palatal Augmentation Prosthesis, ATP: Anatomical artificial Tongue Prosthesis)

図 8) non-ECA 群と ECA 群における破擦音の明瞭度の平均値

non-ECA 群において TSA+UTP は TSA+ATP と比べて有意に改善していることを認めてる。 ECA 群においては TSA+UTP, TSA+ATP の装着により有意に改善していることを認める。 TSA+ UTP と TSA+ATP 間において統計的有意差は認めないが, TSA+ATP にてより高い改善を認める。

non-ECA 群と ECA 群間においては non-ECA 群の TSA と比べて ECA 群のすべてにおいて有意に高いという結果を示した。 また, non-ECA 群の TSA+ATP と比べ, ECA 群の TSA+UTP, TSA+ATP は有意に高い明瞭度を示している。

(*: $p < .05$, **: $p < .01$)

(ECA: Excellent Compensatory Articulation, TSA: Tongue movement Suppressing Appliance, UTP: U-Shaped artificial Tongue Prosthesis, Soft PAP: Soft Palatal Augmentation Prosthesis, ATP: Anatomical artificial Tongue Prosthesis)

図 9) 日本語 100 単音節における non-ECA 群と ECA 群のケプストラム距離の平均値

non-ECA 群において、TSA と TSA+UTP 間でのみ有意差を認めたが、全体としては明瞭な差は認められなかった。 (**: $p < .01$)

(ECA: Excellent Compensatory Articulation, TSA: Tongue movement Suppressing Appliance, UTP: U-Shaped artificial Tongue Prosthesis, Soft PAP: Soft Palatal Augmentation Prosthesis, ATP: Anatomical artificial Tongue Prosthesis)