

令和 5 年 6 月 18 日現在

機関番号：33916

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K10284

研究課題名(和文) 嚥下CTを用いた口腔内補装具調整法の開発

研究課題名(英文) Development of adjustment method for oral prosthesis using the 320-ADCT.

研究代表者

金森 大輔 (Kanamori, Daisuke)

藤田医科大学・医学部・講師

研究者番号：70586289

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)：摂食嚥下障害患者では口腔期障害に対しpalatal augmentation prosthesis(以下PAP)を作製しリハビリテーションを実施するが、その作製・調整過程は多くの部分を経験にたよっている。本研究は嚥下CTを口腔内補装具の作製・調整に応用することを目的に実施された。唾液嚥下時およびPAP使用時の嚥下動態の検討から辺縁形態などの検討を行った。粘膜面造影を用いた嚥下CTにより、ワックスを用いた仮PAPにより口蓋厚の決定と辺縁形態の決定をする。また3Dプリンターを用いることでデータから実際の口腔模型を作製し、口腔内に使用できる素材でPAPを作製することが可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は嚥下CTを口腔内補装具の作製・調整に応用することを目的に実施された。嚥下CT時に口腔の粘膜面造影を行いワックスを用いた仮PAPからその口蓋厚の決定と軟口蓋の可動部位の決定をすることが可能であった。また3Dプリンターを用いることでデータから実際の口腔模型を作製し現在口腔内に使用できる素材でPAPを作製することが可能となった。今回の研究ではPAPの作製までに6時間かかったが、長期に口腔内に入れることが可能な3Dプリンター材料が使用できれば短時間でPAPが作製でき、患者への利点が大きく社会貢献につながると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Patients with dysphagia often experience oral-phase disorders, for which palatal augmentation prosthesis (PAP) is created and utilized for rehabilitation. However, the process of manufacturing and adjusting the PAP relies heavily on experience. This study aimed to apply swallowing CT to the fabrication and adjustment of intraoral appliances. The investigation involved studying swallowing dynamics during saliva swallowing and while using the PAP, as well as examining marginal form. Swallowing CT with mucosal surface enhancement was used to determine palatal thickness and marginal form using a temporary PAP made of wax. Additionally, the use of a 3D printer allowed for the fabrication of an actual oral model from the data, enabling the production of a PAP using materials suitable for intraoral use.

研究分野：摂食嚥下リハビリテーション

キーワード：摂食嚥下障害 口腔内補装具 ADCT 唾液嚥下 3Dプリンター

## 1. 研究開始当初の背景

誤嚥性肺炎や低栄養は主に加齢や摂食嚥下障害に起因しており、超高齢社会に突入している本邦において医療課題になっている。有病高齢者において QOL 向上のためには日常の食事やコミュニケーションが重要である。言い換えると口腔機能を維持向上することが QOL の向上につながると考えられる。歯科領域では 2018 年には口腔機能低下症の診断を目的として咬合圧検査、咀嚼能力検査、舌圧検査が医療保険に導入された。口腔機能は「感覚」「咀嚼」「嚥下」「唾液分泌」「構音」等の機能を示し関連した研究が盛んにおこなわれるようになってきた。

摂食嚥下に関して従来、食塊を口腔や咽頭、食道へ送り込む嚥下動態機能は嚥下造影検査、嚥下内視鏡検査、超音波検査で取得した 2 次元画像をもとに評価されてきた。また、CT 検査や MRI 検査によって 3 次的に口腔を観察することは可能であるが時間軸を持たせた機能を検討することは不可能であった。さらに最新の超高磁場 MRI において 4 次元的な動きを描画させる研究も進んでいるが、時間分解能、解像度とも不十分であり口腔機能評価をする事は難しい。

本研究で用いる面検出器型 CT 装置 (Area detector CT : 320 列 ADCT) は 16cm 幅の空間を 0.5mm ボクセル、10fps の画像として出力することが可能である。そのため 320 列 ADCT を利用した嚥下 CT 検査で取得できる多断面再構成画像では空気・嚥下造影剤・骨は明確に区別でき頸部領域を任意の方向から経時的に動態観察が可能であるため、複雑に生じる嚥下の事象を正確に計測可能な利点をもつ。一方、嚥下運動で重要な舌は、口蓋と接するため、輪郭を明瞭に表示することは困難である。我々は従来の嚥下 CT 検査に加え口腔の粘膜面造影をおこなう事で、舌と口蓋の境界を鮮明にすることを可能とさせた。この撮影手技により口腔期の検討をすることが可能となった。

正常な嚥下では食塊形成後に舌による送り込みがおき咽頭に食塊が到達すると嚥下反射中に舌骨・喉頭が十分に前上方に挙上し喉頭蓋が倒れ込むことで喉頭を閉鎖し、同時に食道入口部が開大して食塊が咽頭から食道へと送り込まれる。摂食嚥下障害患者では、食塊形成ができず、舌による送り込み不全がおきる。このような患者の治療には口腔内補装具の 1 つである舌接触補助床を作製しリハビリテーションを実施するが、その作製・調整過程は多くの部分を経験にたよっている。

## 2. 研究の目的

嚥下 CT を用いて口腔を可視化することで口腔内補装具の必要性やその形態を検討でき、厚みや遁路形態など、調整必要箇所がわかる。したがって、嚥下 CT を口腔内補装具の作製・調整に応用することで摂食嚥下障害患者の経口摂取開始時から安全に、より効率の良い直接訓練が可能となり、早期の患者 QOL の向上に繋がると考え、本研究の目的を下記 3 点とした。

- 1) 口腔内補装具の辺縁形態の検討
- 2) 患者症例における口腔内補装具による変化の検討
- 3) 嚥下 CT を用いた口腔内補装具の作製方法の検討

## 3. 研究の方法

1) 口腔内補装具の辺縁設定の検討. 嚥下障害の愁訴、脳卒中、神経筋疾患、心疾患、喉頭・咽頭の器質的疾患、頸椎疾患、呼吸器疾患、上部消化器疾患、てんかんの既往がなく、研究協力に同意し、署名が得られた健常成人を対象とした。対象者に粘膜面造影を施し唾液嚥下の CT 撮影し画像解析をおこなった。CT 撮影後に画像評価を評価者にて実施した。2) 患者症例における口腔内補装具による変化の検討. 対象は舌接触補助床の適応があるもの、研究協力に同意し、署名が得られた摂食嚥下障害患者症例とした。対象者に粘膜面造影を施し唾液嚥下の CT 撮影し画像解析をおこなった。CT 撮影後に画像評価を評価者にて実施した。3) 嚥下 CT を用いた口腔内補装具の作製方法の検討. 嚥下 CT 画像から 3D プリンターを用い、口腔内補装具の作製調整を実施し現行での作製方法と比較した。

## 4. 研究成果

- 1) 口腔内補装具の辺縁設定の検討

対象は健常成人 20 名、女性 12 名、男性 8 名、年齢  $29 \pm 5$  歳、身長  $163 \pm 7$ cm であった。

320ADCTにより得られた画像データを、Multi Planer Reconstruction (MPR)の軸位断、冠状断、矢状断で観察することにより、嚥下に関わる口腔、咽頭の各臓器を確認することができた。矢状断像において、舌の表面に造影剤の付着を確認でき舌と口蓋の境界が明確となった(図1)。舌尖挙上から喉頭閉鎖までに要した時間は平均で1.7sであった。嚥下反射のイベントを0sとし20症例の平均を時系列に並べると1、舌尖の挙上→2、舌根の上方への動き→3、軟口蓋の前方への移動→4、舌による送り込み開始→5、嚥下反射→6、鼻咽腔閉鎖→7、舌と口蓋の接触→8、喉頭閉鎖→9、最大咽頭収縮→10、鼻咽腔閉鎖解除→11、喉頭閉鎖解除の順であった(図2)。舌と口蓋を分離可能な割合は20人中16人であり80%で粘膜面造影の有効性を認めた。



図1. 舌と口蓋の境界



図2. 唾液嚥下のMPR像

## 2) 症例における口腔内補装具による変化の検討

舌癌術後の患者症例を提示する。舌は半側切除され臼歯部での咬合支持は認めずPAPは右側の厚みを増やす必要があった(図3)。口腔内補装具の使用なし、旧義歯、PAP装着時で濃いとろみ10mlを食塊として撮影が実施された。実施時の舌圧は口腔内補装具の使用なし7kPa、旧義歯6kPa、PAP装着時7kPaであった。発話明瞭度は3(聞き手が話題を知っているとどうやらわかる程度)であった。嚥下CTは120kV40mA、4.4s / 16rot、リクライニング45度で撮影された。撮影後320ADCTにより得られた画像データを、MPRおよびVolume Rendering (VR)で観察評価した。鼻咽腔閉鎖時間は口腔内補装具の使用なし0.7s、旧義歯0.5s、PAP装着時0.6sであった。声帯閉鎖時間は口腔内補装具の使用なし0.9s、旧義歯0.5s、PAP装着時0.4sであった。図4に咽頭腔体積を示す。最小咽頭腔体積は口腔内補装具の使用なし4.53ml、旧義歯5.33ml、PAP装着時3.53mlであった。



図3. PAPと口腔

## 口腔内補装具の使用なし

## 旧義歯

## PAP

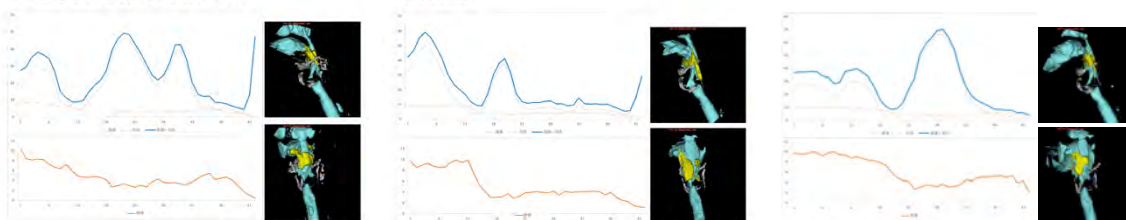


図4. 咽頭腔体積の変化

## 3) 嚥下CTを用いた口腔内補装具の作製方法の検討

仮PAPの作製はワックスを用い口蓋高の行い、嚥下や構音を多職種で確認し調整した(図6)。その後の嚥下CT撮影時に舌や口蓋の境界が明確になるように粘膜面造影を行い、嚥下評価を行った。撮影されたデータから3Dモデルを作製し、アンダーカットをブロックアウト後、模型に対して1mmの義歯床用熱可塑性レジンで圧接を行った(図7)。義歯床用熱可塑性レジンの辺縁をトリミング後、咬合面は下顎の残存歯とPAPで接触しないように調整し、粘膜面は常温重合レジンにて適合させ舌接触補助床を作製した。CT撮影後から舌接触補助床作製までに6時間程度かかっており、今後はより短時間で作製できるように検討する必要がある。



図6. 仮PAP

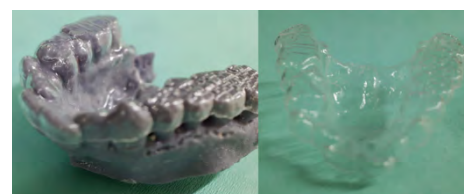


図7. 3Dプリンターで作られたPAP

る。この方法により機能評価後、容易に舌接触補助床の作製ができる。また開口制限がある場合であっても歪みの少ない舌接触補助床の作製が可能となる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Aihara Keiko, Inamoto Yoko, Kanamori Daisuke, Gonz?lez Fern?ndez Marl?s, Shibata Seiko, Kagaya Hitoshi, Hirano Satoshi, Kobayashi Hiroko, Fujii Naoko, Saitoh Eiichi	4. 巻 48
2. 論文標題 Effect of tongue hold swallow on posterior pharyngeal wall using dynamic area detector computed tomography	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Oral Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 1235 ~ 1242
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/joor.13246	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔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
研究分担者	加賀谷 斉  (Kagaya Hitoshi)  (40282181)	藤田医科大学・医学部・客員教授   (33916)	
研究分担者	稲本 陽子  (Inamoto Yoko)  (70612547)	藤田医科大学・保健学研究科・教授   (33916)	

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
---------	---------