

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24659851

研究課題名(和文)形状記憶材料を用いた新規口腔内形態記録方法の開発

研究課題名(英文)Development of the novel impression system for the intraoral form with maxillary defect using the shape-memory material

研究代表者

小山 重人(KOYAMA, Shigeto)

東北大学・大学院・准教授

研究者番号：10225089

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：上顎骨欠損患者の口腔内容積変化を計測することにより、必要とされる印象用バルーンの容積を規定した。この顎欠損モデルを有する口腔内の3次元データとCTダイコムデータより、3Dプリンタ顎骨モデルを構築し、実験モデルを作成した。バルーンの拡張方法は、バルーン内部にガイドワイヤーを用いたバスケットカテーテルを挿入し、バスケットカテーテルの内部からの支持にてバルーンを拡張する方法を試み、バルーンを拡張・収縮することが可能となった。これより、顎欠損患者の複雑口腔内形態を記録した後、バルーンを再度縮小して撤去することにより、鼻腔や上顎洞を安全に印象できる新しい口腔内記録方法を開発に資することができた。

研究成果の概要(英文)：It prescribed the capacity of the required balloon for impression of maxillary defect by measuring the change of the intraoral capacity of the maxillary defect. The experiment model was modeled with 3D printer using the intraoral 3-D data and CT DICOM data. The expansion method of the balloon inserted the basket catheter using the guide wire in the balloon inside and tried a method to expand the balloon by support from the inside of the basket catheter. It was possible to expand or shrink the balloon easily and quickly.

This study was able to contribute to development by the novel maxillofacial impression system that it was possible for with a nasal cavity and maxillary sinus safely by reducing a balloon again, and removing it after having recorded the complicated intraoral form of the maxillary defect patient.

研究分野：顎顔面補綴

キーワード：印象採得 顎欠損 形状記憶

## 1. 研究開始当初の背景

腫瘍，外傷，脳血管障害等により顎口腔系の審美的，機能的障害を生じた患者は，顎義歯や舌接触補助床(PAP),発音補助装置(PLP)などの顎補綴装置による咀嚼・嚥下・発音等の機能回復が不可欠となる．

顎補綴装置の製作は，鼻腔や咽頭部等の欠損を含む広範な口腔内の印象採得を必要とする術後間もない症例では，創傷や粘膜の炎症，著しい開口障害，大きなアンダーカット部等が生じており，現行の印象採得を行うのは困難である上，印象材が鼻腔や咽頭部へ漏洩しないような工夫等の煩雑な作業を伴う．これより印象採得には，患者への苦痛や危険が伴い早期治療着手も難しいため，患者は長期間にわたる顎口腔系の審美的，機能的障害により社会復帰への遅延ならびに QOL の低下を強いられる．そこで，現行の印象採得方法から脱却し，形状記憶材料を利用することにより複雑かつ広範な口腔内の形態を記録したのち，再度縮小して撤去することができないかとの着想に至ったのが研究背景である．

## 2. 研究の目的

本研究では，腫瘍摘出，外傷および脳血管障害等により顎口腔系の審美的，機能的障害を生じた術後患者の迅速な顎顔面補綴治療，摂食・嚥下リハビリテーションに資するため，形状記憶ゲルと軟性バルーン膜を応用し，顎補綴装置製作における安全，確実，かつ簡易な新しい口腔内形態記録方法の開発を目的とした．

## 3. 研究の方法

### (1) 3Dプリンタ顎骨モデルを構築

3次元データとCTダイコムデータより，

3Dプリンタ顎骨モデルを構築する．

ヒトの顎顔面欠損形態を模した実験モデル(アクリル樹脂)の製作は，非接触式3次元測定器にて通常の影響のスキニングを行い STL データの生成し，STL データをモデリングソフトウェアにて，データ欠落部分の補正したデータを作成する．次いで顎欠損データを3次元光造形装置にて造形し，顎義歯模型を製作し完成する．

形態記憶が最も効率的な条件(温度，速度，保持時間)について評価する．

モデルから撤去後の再現性の評価  
非接触型3次元スキャナを用いて実寸とバルーンによる形態記録値との間の測定誤差を検討する．これより必要とされるバルーンの容積を規定する．

### (2) バルーンの検討

バルーン膜の製作として軟組織の形態記録に適したバルーン膜の機械的強度と弾性率の検討したのち，2重軟性バルーン膜間への高分子形状記憶ゲルの選択と封入を行う．

2重軟性バルーン膜への形状記憶システムの構築として膨張後の形状記憶のために必要な形状記憶ゲルの加熱，冷却条件の評価を行う．また，気体用流量センサーを用いてバルーン膜内部に注入する空気の送風体積変化の検討とバルーン膜内部に注入する空気の温度条件の検討を行う．

バルーンに必要な強度を検討した後，バルーンを保持するガイドワイヤーを用いたバスケットカテーテルを試作する．

膨隆後および脱気後の再膨隆後の形状記憶精度の評価として非接触3次元スキャナを用いて再膨張後の3次元データを取得ならびに専用のソフトウェアによる分析を行う．

以上の結果をもとに、2重軟性バルーン膜を臨床応用する際の基礎デザインの構築を目指す。

#### 4. 研究成果

(1) 上顎骨欠損患者の口腔内容積の実際の変化を計測することにより、必要とされるバルーンの容積を規定した。

上顎亜全摘を施行された患者(アラマニー級)における、術前、術後、再建後、減量術後における口腔内容積の変化をスタディモデルの咬合平面、口蓋粘膜、両側上顎結節講演相当部を通る前頭断面において囲まれる空間を測定することで評価した。その結果、術前容積は 20.07 cm<sup>3</sup>、術後は 42.23 cm<sup>3</sup>、再建後は 15.86 cm<sup>3</sup>、減量術後の装着時では 17.24cm<sup>3</sup>であった。

上顎全摘出術を施行された患者(アラマニー級)術後における口腔内を通常に方法で作製した顎義歯、作業模型の欠損部の3次元データ(断面積 mm<sup>2</sup>、縦×横 mm)を非接触型3次元スキャナで計測した。顎義歯の断面積(縦×横)は、水平断：1162.24(57.65×33.76)、前頭断 785.00(44.84×36.83)、矢状断 1157.27(56.31×45.43)であった。作業模型の断面積(縦×横 mm)、最深部の水平断 1668.88(57.65×33.76)、再浅部の水平断 1464.25(57.25×41.14)であった。

上顎亜全摘を施行された乳児患者術後における口腔内を通常に方法で作製した顎義歯、作業模型の欠損部の3次元データ(断面積 mm<sup>2</sup>、縦×横 mm)を非接触型3次元スキャナで計測した。顎義歯の断面積(縦×横)は、水平断：374.39(23.22×19.56)、前頭断 376.77(25.28×18.52)、矢状断 489.89(25.69×24.42)であった。作業模型の断面積(縦×

横 mm)、水平断 321.51(25.81×18.97)、であった(図1)。義歯体積を考慮すると、バルーンは最低 50cm<sup>3</sup>以上の容積を持つ必要があると考えられる。

この顎欠損モデルを有する口腔内の3次元データとCTダイコムデータより、3Dプリンタ顎骨モデルを構築し、患者模型と合わせて、実験モデルを作成した。

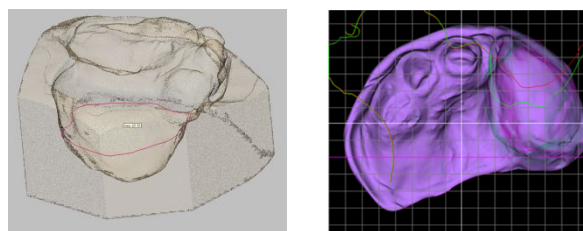


図1 乳児顎欠損モデル、3次元計測

(2) 上記データを参考にバルーンの拡張方法を様々な方向から検討した(図2)。当初、空気圧にて拡張する方法を試みたが、拡張および収縮スピードのコントロールが難しかった。また強度にも難点があり、複雑な形態をバルーンのみで印記するのは難しいものと判断した。そこで、バルーン内部にガイドワイヤーを用い試作したバスケットカテーテルを挿入し、バスケットカテーテルの内部からの支持にてバルーンを拡張する方法を試みた(図3)。バスケット部はワイヤー径 0.10mm、バスケット全長約 30mm、バスケット展開径約 20mm である(図4)。その結果、瞬時にバルーンを拡張・収縮することが可能となった。

非接触型3次元スキャナを用いての実測とバルーンによる形状記憶値との誤差を様々な欠損形態ごとに分析し、複雑な欠損形態に完全に合わせる方法を検討した。その結果、幼児患者における誤差は、およそ 2.3cm<sup>3</sup>であった(図5)。顎欠損患者の複雑かつ広範な口腔内形態を記録した後、バルーンを再度縮小し

て撤去することにより，鼻腔や上顎洞に大きなアンダーカット部をも安全に印象できる新しい口腔内記録方法を開発に資することができた．



図 2 欠損モデルへのバルーンの利用例



図 3 欠損モデルへのガイドワイヤーを用いたバスケットカテーテルの利用例

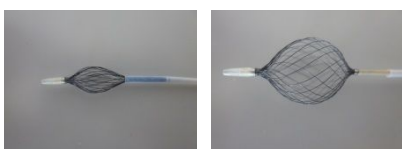


図 4 試作ガイドワイヤーを用いたバスケットカテーテル

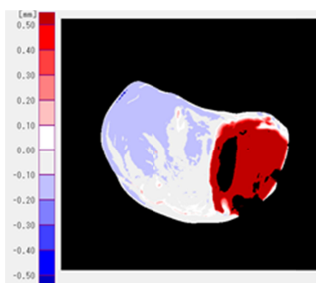


図 5 乳児顎欠損モデル 3 次元的計測誤差の計測

## 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 1 件)

光造形 3 次元装置を利用した栓塞子  
中空型顎義歯の製作法

加藤裕光，小山重人，山内健介，  
埜総司，高橋哲，佐々木啓一

第 3 2 回顎顔面補綴学会

2 0 1 5 年 6 月 1 9 日

東京医科歯科大学(東京都文京区)

## 6. 研究組織

### ( 1 ) 研究代表者

小山 重人 ( KOYAMA, Shigeto )

東北大学・大学病院・准教授

研究者番号：1 0 2 2 5 0 8 9

### ( 2 ) 研究分担者

富士 岳志 ( FUJI, Takeshi )

東北大学・歯学研究科・助教

研究者番号：2 0 5 4 9 3 2 3

佐々木 啓一 ( SASAKI Keiichi )

東北大学・歯学研究科・教授

研究者番号：3 0 1 7 8 6 4 4

竹内 裕尚 ( TAKEUCHI, Hirohisa )

東北大学・歯学研究科・助教

研究者番号：8 0 5 8 6 5 1 1