

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：33902

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K10032

研究課題名(和文) 三次元顔面表情運動モデルを用いたエピテーゼの革新的治療戦略

研究課題名(英文) Novel clinical strategy for fabricating facial prostheses using 3D facial expression model

研究代表者

吉岡 文 (Yoshioka, Fumi)

愛知学院大学・歯学部・講師

研究者番号：50468998

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)：本研究の最終目的はエピテーゼ製作に際し、三次元顔面表情運動モデルを用いて表情によって変化する顔面表面の形状変化を解析し、変化に適した弾性を持つエピテーゼ材料を症例毎に簡便に選択する革新的個別化システムを構築することである。本研究においては、顔面表面の表情変化がエピテーゼの適合に及ぼす影響について検討するために、顔面の表情変化量と皮膚の粘弾性特性との関連性を検討した結果、瞬間的変位量に対する瞬間的回復量を表すR5、全体の回復量に対する瞬間的回復量を表すR7、粘性の指標として、瞬間的変位量に対する遅延的変位量を表すR6において、顔面の表情変化量との間に相関がみられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において、エピテーゼの動的な適合性は、皮膚の粘弾性と関連することが示された。このことに基づいて、皮膚の粘弾性に応じたエピテーゼの設計や、シリコン材料の粘弾性を考慮して、動的な表情モデル上でのエピテーゼの設計を行うことができる。これにより、静止状態のみならず、運動時にも欠損部に適合したエピテーゼの製作方法を確認することで、顔面の動きに追従する、より自然な装着感のエピテーゼを簡便に製作することができ、顔面欠損患者のQOLの向上に大きく寄与すると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we report the relationship between facial movement and skin texture using 4D facial expression model as a pilot study of fabricating 4D facial prostheses. Viscoelasticity shows significant difference between male and female. Instant viscosity and instant elasticity were correlated to deformation volume during the facial movement while delayed viscosity and elasticity weren't. Viscoelasticity of facial skin was suggested to be a potential factor related to the retention of facial prostheses.

研究分野：顎顔面補綴学

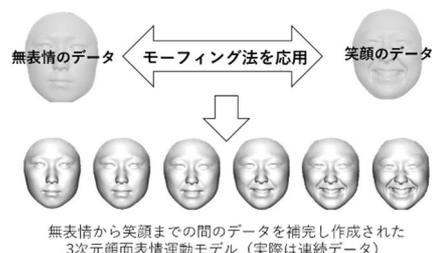
キーワード：顎顔面補綴 エピテーゼ 粘弾性特性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

顔面領域に生じた欠損に対し、複雑な顔面形態の回復、患者の社会復帰のために、エピテーゼによる治療は有用な選択肢の一つである。従来のエピテーゼ製作に不可欠であった、広範な顔面印象採得は、患者の苦痛を伴うと共に、患者の体位や印象材の重量による変形なども考慮しなければならない。さらに、エピテーゼ製作時の技工操作には煩雑な工程と芸術的な感性が必要となる。エピテーゼは材料として主にシリコン樹脂を用いるが、その材料・顔料の劣化により、通常義歯よりも再製作の頻度が高い。そのため、製作に際し、術者、患者双方にとっても簡便であることが求められる。申請者らはエピテーゼの製作に際し、デジタルテクノロジーを応用することにより簡便化する方法を開発し、臨床応用を行ってきた。

一方で、エピテーゼによる顔面補綴治療の成否は、色調の調和と辺縁の適合によるとされている。エピテーゼは顔面の欠損部に対する補綴装置であるという性格から、顔面皮膚の可動部分に辺縁を設置することも多い。従来の石膏による顔面模型は静止状態での模型であるため、顔面皮膚の運動や弾性を再現することが困難であった。そのため、模型上では適合のよいエピテーゼでも、装着し通常使用を行うと、表情の変化により顔表面が変形し、脱落してしまうこともしばしばあった。一方、コンピュータグラフィックスの領域では、モーフィング法(ある物体から他の物体へ変化する過程をコンピュータによって補完することにより顔の表情を作り出す手法)が研究され、広く応用されている。申請者らはこの手法を応用して、コンピュータ上で“動く模型”すなわち動的な三次元顔面表情運動モデルを得る研究を進めてきた(右図)。三次元顔面表情運動モデルにより患者の表情による顔面形状の変化を動的に分析することが可能となった。しかしながら、エピテーゼの設計をモデル上で行うにあたっては、顔面形状の変化に追従した特性を持つエピテーゼの材料や厚み、辺縁の長さを選択する必要がある。さらに、顔面欠損は症例により形状の変化や大きさも異なるため、形状の分析や材料の選択を簡便に行う方法が求められていた。



2. 研究の目的

本研究の目的はエピテーゼ製作に際し、三次元顔面表情運動モデルを用いて表情によって変化する顔面表面の形状変化を解析し、変化に適した弾性を持つエピテーゼ材料を症例毎に簡便に選択する革新的個別化システムを構築することである。

3. 研究の方法

本研究では、顔面欠損患者へエピテーゼを製作するにあたり、三次元顔面表情運動モデルを用いて表情に伴う顔面形状の変化を解析し、変化に適した特性を持つエピテーゼ材料を選択する革新的個別化システムを構築することである。具体的には次のように研究を進める

(1) 健常者における三次元形状計測法による様々な顔面の表情変化を再現する。

研究の趣旨を説明し、同意の得られた、顔面に欠損を有する被験者 15 名を対象とし、三次元形状計測装置 Aretc Eva (Artec 3D 社) にて顔面表面形状を計測し、STL データ (ポリゴン状のデータ) を得る。三次元形状計測装置 Aretc Eva は、ポータブルタイプであり、診療室においても正確な顔面形状計測が短時間で可能であるため複数の表情すなわち、開口、笑顔、無表情の表面形状計測が可能である。

(2) エピテーゼの適用範囲周囲の皮膚の弾性を皮膚粘弾性測定装置 (Cutometer, Courage+Khazaka 社) を用いて計測する。Cutometer は、陰圧により、プローブ先端の開口部から、皮膚を 2 秒間吸引し、その後、2 秒間陰圧を解除し、開口部に配置されたプリズムを用いて、皮膚の変位をモニタリングすることにより、粘弾性が測定される。皮膚粘弾性には粘性に関するもの、弾性に関するもの等、7 つのパラメータがあり、どのパラメータが顔面の表情変化に関連するのかを予備実験として解析した。

顔面表情運動モデル上で表情変化時の変化量を計測しておく。計測点は右側で、FH 平面に垂直かつ外眼角を通る直線及び、唇交連と耳珠上縁を結んだ直線が交わる点とした。その点を中心とした直径 1 mm の円を作成し、その円内での計測点を 5 つ抽出し、計測点における 2 種類の表情の偏差の値から平均値を出し、これを変位量と定義した。粘弾性測定は室温は 20.5 ± 0.5 、湿度 $29.5 \pm 5\%$ の環境下、5 回計測を行い、その平均値を代表値とした。

(3) 健常者において、顔面の表情変化と皮膚の粘弾性の関連性について検討する

(1) で得られたデータのうち、(2) で計測した計測点において、無表情と笑顔の間での顔面表面の変位量と皮膚粘弾性との相関関係について統計的に解析する。

(4); 顔面欠損患者における三次元形状計測法による様々な顔面の表情変化を再現する。

研究の趣旨を説明し、同意の得られた、顔面に欠損を有する被験者 15 名を対象とし、三次元形状計測装置 Aretc Eva (Artec 3D 社) にて顔面表面形状を計測し、STL データ (ポリゴン状のデ

ータ)を得る。三次元形状計測装置 Aretc Eva は、ポータブルタイプであり、診療室においても正確な顔面形状計測が短時間で可能であるため複数の表情すなわち、開口、笑顔、無表情の表面形状計測が可能である。頬部が皮弁再建されている場合など開口制限のある被験者の場合には最大開口量までとする。

4. 研究成果

(1) 健常者における、顔面表面の表情変化と粘弾性パラメータとの関連性について

健常者における顔面表面の表情変化の変位量を設定した計測点にて計測した。計測は STL 解析ソフトウェア Geomagic Design (Geomagic、米国) を使用し、笑顔と無表情のデータを表情変化の少ない部位 (前頭部、鼻骨部) を参照に重ね合わせ、計測範囲における 3D 偏差を変位量として抽出した。変位量は男性において平均 3.11 ± 1.66 mm、女性は、平均 2.19 ± 1.24 mm であった (右図 1)。男女間で有意差は認められなかった。

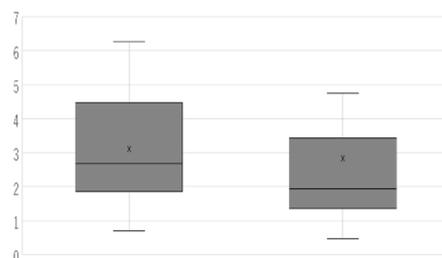


図 1 表情変化の変位量 (左 弾性、右女性)

健常者における皮膚の粘弾性測定の結果の一例および粘弾性パラメータの算出方法を示す (図 2)。

このうち、 U_e は瞬間変位量すなわち弾性による伸びやすさ、 U_v は遅延的変位量すなわち粘性による伸びやすさ、 U_f は全体の変位量すなわち伸展性、柔らかさ、 U_r は瞬間回復量すなわち弾性による回復を表す。

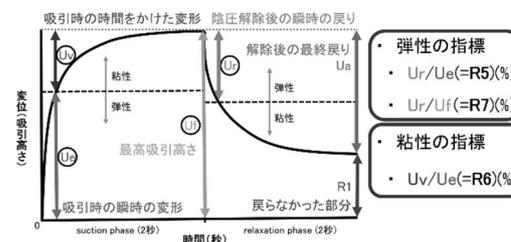
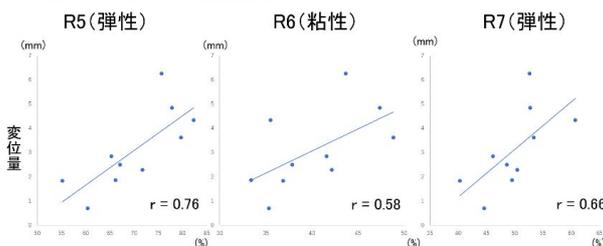


図 2 粘弾性測定からパラメータ算出方法について

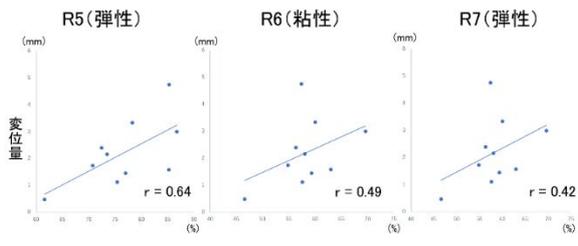
本研究では、弾性の指標として、瞬間的変位量に対する瞬間的回復量を表す $R5$ 、全体の変位量に対する瞬間的回復量を表す $R7$ 、粘性の指標として、瞬間的変位量に対する遅延的変位量を表す $R6$ を用いた。

健常者における、 $R5$ 、 $R6$ 、 $R7$ と顔面表面の表情変化による変位量との相関を男女別に示す (図 3)。男性において $R5$ と変位量に強い正の相関、 $R6$ と変位量に正の相関、 $R7$ と変位量に正の相関がみられた。女性においては $R5$ と変位量に正の相関、 $R6$ と変位量に正の相関、 $R7$ と変位量に正の相関がみられた。

・粘弾性と変位量の相関分析 男性 (n=10)



・粘弾性と変位量の相関分析 女性 (n=10)



(2) 顔面欠損患者における顔面表面の表情変化と粘弾性パラメータとの関連性について

顔面欠損患者においても、健常者と同様の傾向が見られた。

本研究により、皮膚の粘弾性と顔面表面の表情変化による変位量に有意差が見られることが明らかとなった。また、顔面表面の表情変化はエピテーゼの動的な適合性に関与するため、エピテーゼの設計時に皮膚の粘弾性を考慮して製作することにより、より適合性の高いエピテーゼの製作が可能であると考えられる。

<参考文献>

- 1) Yoshioka F, Ozawa S, et al, Fabricating nasal prosthesis using four-dimensional facial expression models. J Prosthodont Res. 2021;65(3):379-386
- 2) 小山重人他、粘着性を有するシリコンを適用した耳介エピテーゼの臨床、顎顔面補綴 31(2) 103-4

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 山田侑, 吉岡文, 尾澤昌悟, 秦正樹, 松川良平, 杉山慎太郎, 武部 純
2. 発表標題 健康被験者における顔面皮膚の粘弾性と表情による顔表面の変位量との関係に対する検討
3. 学会等名 第40回日本顎顔面補綴学会総会学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Fumi Yoshioka, Yu Yamada, Shogo Ozawa, Jun Takebe
2. 発表標題 Analysis of facial movement and skin texture for fabricating facial prosthesis
3. 学会等名 70th American Academy of Maxillofacial Prosthetics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山田侑, 吉岡文, 尾澤昌悟, 熊野弘一, 藤波和華子, 小島規永, 秦正樹, 松川良平, 青柳敦士, 今西悠華, 杉山慎太郎, 武部純
2. 発表標題 健康者における顔面皮膚の粘弾性と顔表面のエピテーゼの適合性との関係に対する検討
3. 学会等名 日本補綴歯科学会東海支部学術大会
4. 発表年 2023年

〔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	松川 良平 (Matsukawa Ryohei) (40645735)	愛知学院大学・歯学部・講師 (33902)	

6. 研究組織（つづき）

	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	尾澤 昌悟 (Ozawa Shogo) (50323720)	愛知学院大学・歯学部・教授 (33902)	

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