

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 19 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23592851

研究課題名(和文)革新的モーショントラッキング解析に基づいた新しいエピテーゼ製作法の開発

研究課題名(英文)A fabrication of epithesis based on motion tracking analysis

研究代表者

田地 豪(TAJI, TSUYOSHI)

広島大学・医歯薬保健学研究院(歯)・講師

研究者番号：80284214

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：現在のエピテーゼの問題は、顔面皮膚との境界部での顔面の動きに対応できていないことにある。顔面の動きに同調する伸縮性材料の開発や、エピテーゼと皮膚とを接着させる新しい技法が求められるが、そのためには、顔面皮膚の粘弾性特性や挙動の詳細を把握することが必要不可欠となる。本研究では、新しいモーショントラッキング解析を用いて顔面の動きを詳細に分析するとともに、粘弾性特性についても明らかにした。この結果は、顔面皮膚の特性に近似したエピテーゼ材料の開発に役立てることができる。

研究成果の概要(英文)：Epithesis cannot support the movement of the face in a border part with the face skin. New technique to let development and epithesis and the skin of elasticized materials going along with the movement of the face adhere is demanded. It is necessary to grasp the details of the viscoelastic characteristic and behavior of the face skin. We analyzed the movement of the face using new motion tracking analysis in detail and, in this study, clarified it about the viscoelastic characteristic. We can make use of this result for the development of the epithesis materials which were similar to a characteristic of the face skin.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴系歯学

キーワード：モーショントラッキング エピテーゼ 粘弾性 顔面皮膚 顎顔面補綴

1. 研究開始当初の背景

わが国において、顎顔面あるいは全身領域に欠損が生じる患者は、年間に約 2 万人存在する。なかでも、頭頸部悪性腫瘍患者では、手術は成功しても広範な切除に伴う機能障害と審美障害が新たな課題として残る。顎顔面の実質欠損の修復には、皮弁等を用いて手術的に再建する方法と顎顔面補綴による方法がある。可動性が比較的小さい顔面上部(眼窩部、眼窩下部、頬骨部)では、繊細な形態回復が可能な顎顔面補綴が優れているとされる。この補綴にはもっぱらエプテゼが用いられ、新たな外科的侵襲がない、審美性に優れる、複雑な形態回復が可能である、色調調整が可能である、修理が簡単である、術後の患部の確認が容易である、などの特徴をもつ。このエプテゼによる顎顔面補綴装置ではシリコン材料が用いられ、良好な予後はいくつも報告されている(夏秋ら 2000、加藤ら 2006、三上ら 2007、上田ら 2008)。しかしながら、このシリコン製エプテゼは顔面皮膚との境界部において皮膚の動きに追従できず、ここにスペースが生まれて自然観と表情表現を損なうなど、大きな問題を残している。顎顔面欠損患者の顔貌の劣悪度は、患者の生活や心理面に多くの問題を投げかけることから、よりリアリティのある顎顔面補綴が切に望まれている。このためには顔面皮膚の動きに同調した挙動を示すエプテゼを作らなければならないが、これが実現できていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、顔面の動きに同調して可動するエプテゼを開発するにあたり、皮膚の粘弾性に近似したエプテゼ材料を明らかにするために、顔面皮膚やエプテゼ材料の粘弾性特性を解析し、新しいモーショントラッキング解析を用いて顔面の動きを詳細に分析することにある。

3. 研究の方法

(1) 顔面皮膚の粘弾性

顔面皮膚に疾患をもたない研究協力者 20 名(男性 10 名、女性 10 名、平均年齢 21.3 ± 0.4 歳)を被験者とし、皮膚粘弾性測定機 Vismeter E-100HS (ウェイブサイバー、埼玉)を用いて顔面皮膚の粘弾性を測定した。測定点は、眉間点、鼻中点、鼻尖点、上唇点、下唇点、オトガイ点、左右眼窩上方点、左右外眼角外側点、左右眼窩下方点、左右上頬部点、左右頬部点、左右口角結節点、左右下頬部点の 20 点(図 1)とし、測定項目は、硬度、弾性、粘性、損失正接(以下 $\tan \delta$)とした。また、統計学的検討には ANOVA を用いた。

(2) 顔面皮膚の挙動

同じく 20 名を被験者とし、カメラ XC-HR57 (SONY、東京)と運動解析ソフト DIPP-Motion

Pro (DITECT、東京)からなるモーショントラッキングシステムを用いて顔面皮膚上の 20 か所の測定点の挙動を測定した。また、被験運動として、開口運動、閉眼運動、微笑運動を挙げ、測定点間距離の変化を評価した。

(3) エプテゼ材料の粘弾性

エプテゼ材料の試料には、シリコン材料として A-2186 Silicone Elastomer (Factor、アメリカ)、Elastosil M8520 (旭化成ワッカーシリコン、茨城)、KE-1310ST (信越化学工業、東京)、KE-1308 (信越化学工業、東京)、また、ポリウレタン材料として人肌のゲル硬度 15、硬度 5、硬度 0 (以下、それぞれ U-15、U-5、U-0 とする)(エクシールコーポレーション、岐阜)を用い、シリコン材料とポリウレタン材料の円盤状試料(直径 30 mm、厚さ 10 mm)をそれぞれ作製した。また、試料の粘弾性測定には、皮膚粘弾性測定機 Vismeter E-100HS を用い、各試料につき 5 点ずつ測定した。統計学的検討には ANOVA を用い Tukey の多重比較により、危険率 5% および 1% にて統計処理を行った。

(4) エプテゼ辺縁部の粘弾性

同じく 20 名を被験者とし、厚さ 1 mm のシート状に形成したエプテゼ辺縁部に相当するウレタン試料(U-5)を被験者の右側眼窩周囲皮膚上に貼り、皮膚粘弾性測定機 Vismeter E-100HS を用いてエプテゼ辺縁部の粘弾性を測定した。測定点は、右眼窩上方点、右外眼角外側点、右眼窩下方点、右上頬部点の 4 点とし、測定項目は、硬度、弾性、粘性、 $\tan \delta$ とした。統計学的検討にはスチューデントの t 検定を用いた。

(5) エプテゼ辺縁部の挙動

同じく 20 名を被験者とし、厚さ 1 mm のシート状に形成したエプテゼ辺縁部に相当するウレタン試料(U-5)を被験者の右側眼窩周囲皮膚上に貼り、モーショントラッキングシステムを用いて顔面皮膚上およびエプテゼ辺縁部上の 20 か所の測定点の挙動を測定した。

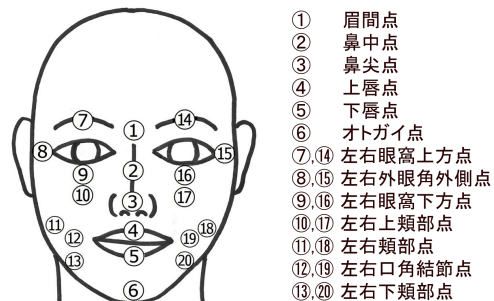


図 1 測定部位

4. 研究成果

(1) 顔面皮膚の粘弾性

硬度においては、測定部位の間で有意差が認められ、測定点 1、2、3、4、5 で特に高い値を示した。これをふまえて、顔面皮膚を硬度 25 以上（測定点 1、2、3、4、5）、硬度 10 以上 25 未満（測定点 6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20）、硬度 10 未満（測定点 1、2、3、4、5）の 3 群に分けることができた（図 2）。弾性、粘性においても、測定部位の間で有意差が認められた。弾性、粘性とも測定点 1、2、3、4、5 で特に高い値を示し、弾性で 300 kN/m² 以上、粘性で 400 Pa·s 以上であった。tan δ においては、測定部位の間で有意差が認められ、全体的に 1.5 前後であったが、測定点 1、2、3、4、5 では 2 前後であり、粘性傾向が特に強かった。

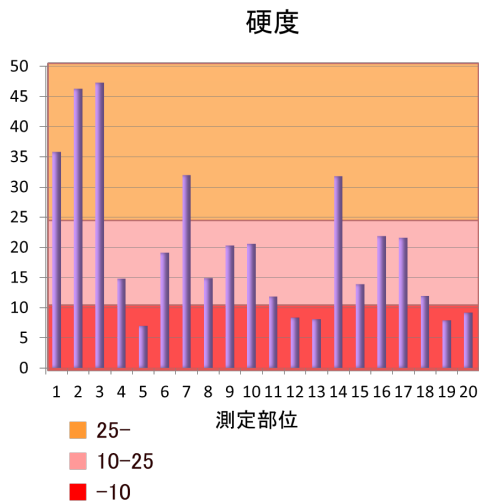


図 2 顔面皮膚の硬度

(2) 顔面皮膚の挙動

開口運動においては、垂直方向の測定点間距離の変化を測定した。その結果、測定点 1-4 では、48.7 mm 動くことが分かった（図 3）。また、閉眼運動では、垂直・水平方向の測定点間距離の変化を測定した。その結果、測定点 7-9 間で 15.0 mm、測定点 14-16 間で 15.7 mm、測定点 1-3 間で 12.5 mm 動くことが分かった（図 4）。さらに、微笑運動では、垂直・水平方向の測定点間距離の変化を測定した。その結果、測定点 1-4 間で 13.4 mm、測定点 7-9 間で 9.0 mm、測定点 14-16 間で 8.5 mm 動くことが分かった（図 5）。

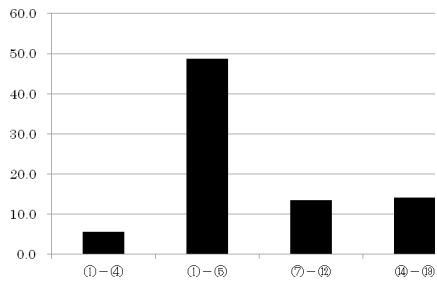


図 3 測定点間距離の変化（開口運動）

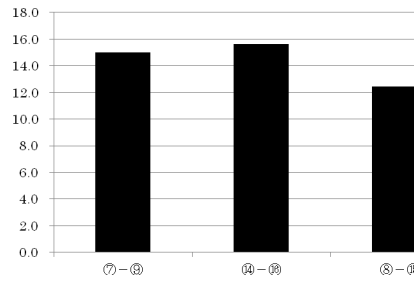


図 4 測定点間距離の変化（閉眼運動）

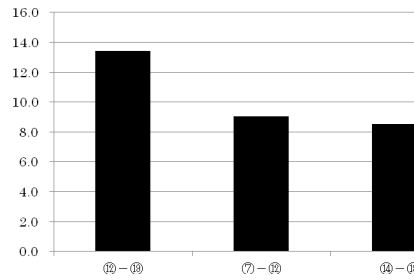


図 5 測定点間距離の変化（微笑運動）

(3) エピテーゼ材料の粘弾性

U-0、U-5 を除く試料は、硬度が測定範囲を超えていたため皮膚粘弾性測定機では測定できなかった（図 6）。U-0 と U-5 の粘弾性を顔面皮膚と比較したところ、硬度においては、U-0 は 24.2、U-5 は 46.5 であり、顔面皮膚に近似していることが分かった（図 7）。弾性においては、U-0 は 385.8 kN/m²、U-5 は 596.2 kN/m² であり、U-0 の方が顔面皮膚に近い値を示した（図 8）。また粘性においては、U-0 は 813.0 Pa·s、U-5 では 940.0 Pa·s であり、いずれも顔面皮膚より高い値を示した（図 9）。また tan δ においては、U-0 は 7.1、U-5 は 5.4 であり、顔面皮膚と比べ tan δ の値が特に高く、粘性傾向が強かった（図 10）。

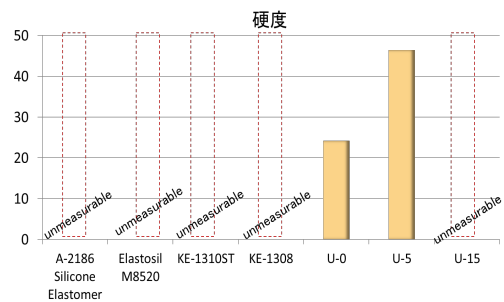


図 6 エピテーゼ材料の硬度

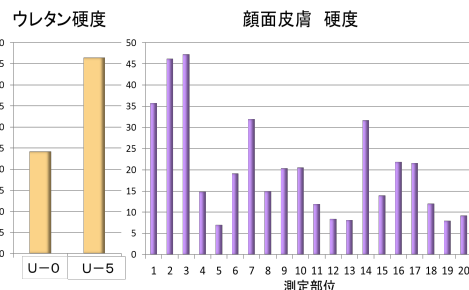


図 7 ポリウレタン材料と顔面皮膚の比較（硬度）

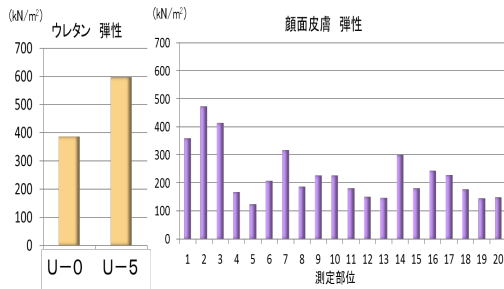


図8 ポリウレタン材料と顔面皮膚の比較（弾性）

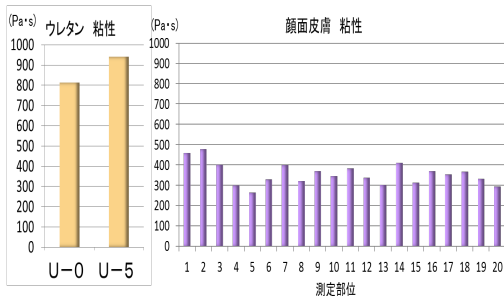


図9 ポリウレタン材料と顔面皮膚の比較（粘性）

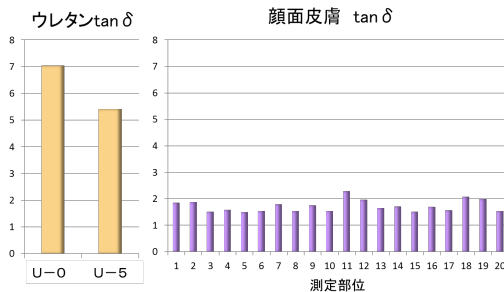


図10 ポリウレタン材料と顔面皮膚の比較（tan δ）

(4) エピテーゼ辺縁部の粘弾性

硬度、弾性、粘性において、右側眼窩周囲へのウレタンシート装着前後を比較すると、測定点でウレタンシート装着前よりも装着後の方が有意に高い値を示した(図11-13)。また、tan δにおいては、測定点、でウレタンシート装着前よりも装着後の方が有意に粘性傾向が強かった(図14)。

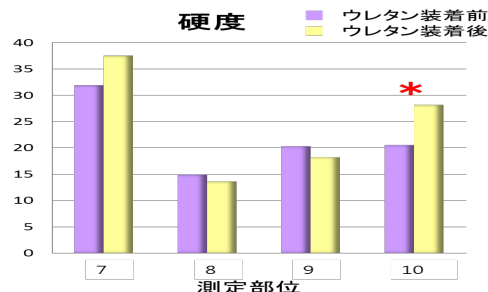


図11 ウレタンシート装着前後の比較（硬度）

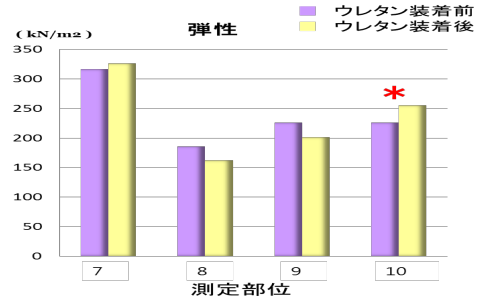


図12 ウレタンシート装着前後の比較（弾性）

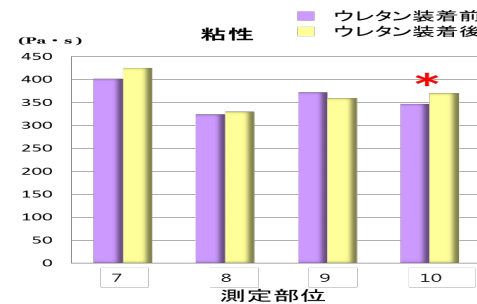


図13 ウレタンシート装着前後の比較（粘性）

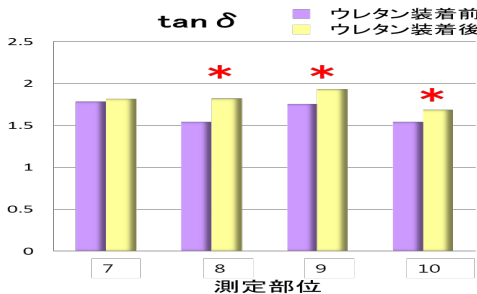


図14 ウレタンシート装着前後の比較（tan δ）

(5) エピテーゼ辺縁部の挙動

開口運動、閉眼運動、微笑運動のいずれにおいても、ウレタンシート装着前後で測定点間距離の変化量に有意な差を認めなかった。

顔面皮膚の粘弾性特性の分析結果から、部位により差があることが明らかとなり、その値により顔を3つのエリアに分けることができた(図15)。本研究から顔面の粘弾性の性質は皮膚直下の骨の有無が関与していることが推察された。

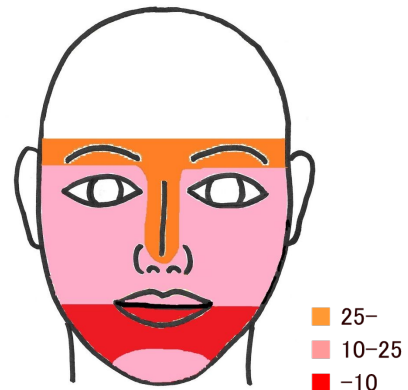


図15 硬度による顔面皮膚のエリア区分

現在、エピテーゼ材料としてシリコン樹脂が広く用いられている。今回、実験材料として一般的に用いられている4種類のシリコン材料と3種類のポリウレタン材料を選択した。試料の作製にあたっては、押針先端から試験片の端まで12.0 mm以上という基準(JISK6253)から試料の直径を30 mmとし、試験片の厚さは6.0 mm以上という基準(JISK6253)から試料の厚さを10 mmに設定した。粘弾性特性の分析結果から、シリコン材料の硬度は顔面皮膚よりも高いことが明らかとなった。このことは、エピテーゼと顔面皮膚との触感に差ができることを示す。また、ポリウレタン材料においては、硬度や弾性は顔面皮膚に近似していたものの、粘性傾向が強いことが明らかとなった。

顔面皮膚とエピテーゼ材料の粘弾性特性は明らかになったものの、その境界部分であるエピテーゼ辺縁部の粘弾性特性が不明であるため、シート状の試料を作製し粘弾性測定を行った。その結果、ウレタンシート装着前に比べ装着後の方が有意に粘性傾向が強いことが明らかになった。これは、シートにポリウレタン材料を用いたことにより、材料の粘性傾向が反映されたものと思われる。今回、シートの厚みを1 mmに設定したが、実際のエピテーゼ辺縁部はより薄く製作されるため、臨床では実験結果よりも粘性傾向は少なくなるものと予想される。

今回、顔面皮膚の動きに同調したエピテーゼの製作を目指し、右側眼窩周囲皮膚上に貼付したウレタンシートの挙動を測定した。ウレタンシートが顔面皮膚に接着剤で強固に貼付されている場合には、ウレタンシートは顔面皮膚に同調した挙動を示すことが分かった。シートに用いたポリウレタン樹脂は、引張伸びが550%であることから、皮膚の動きへの追従性が認められる。

本研究の結果、エピテーゼ材料の粘弾性特性およびモーショントラッキング解析により、ポリウレタン材料はシリコン材料に比較して顔面皮膚に近似した材料であることが示唆された。今後、エピテーゼを製作するにあたっては、ポリウレタン材料を用いることも有効な方法として考えられる。ただし、ポリウレタン材料は粘性傾向が強いため、単独で使用するよりもシリコン材料と併用することで、エピテーゼを顔面皮膚の物性に近づけられるものと思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

1. 田地 豪, 阿部泰彦, 森下裕司, 永見美鈴, 田口香織, 峯 裕一, 赤川安正, 二川浩樹, 右上眼瞼脂腺癌術後の眼窩エピテーゼ症例, 広島歯科医学雑誌, 査読有, 40, 2012, 34-39

〔学会発表〕(計1件)

1. 三浦佑樹, 安積昌吾, 杉山成史, 阿部泰彦, 田地 豪, 右耳前部放射線治療後に発症した右上眼瞼脂腺癌の一例, 第65回日本形成外科学会中国・四国支部学術集会, 2013年2月3日, 岩国市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田地 豪 (TAJI TSUYOSHI)

広島大学・大学院医歯薬保健学研究院・講師

研究者番号: 80284214

(2) 研究分担者

二川 浩樹 (NIKAWA HIROKI)

広島大学・大学院医歯薬保健学研究院・教授

研究者番号: 10228140