

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K11933

研究課題名（和文）頭蓋顎顔面先天異常における治療結果の立体的予測法の開発

研究課題名（英文）Development of Three-Dimensional Predictive Method for Treatment Outcomes in Craniofacial Congenital Abnormalities

研究代表者

須佐美 隆史（Susami, Takafumi）

東京大学・医学部附属病院・病院診療医（出向）

研究者番号：80179184

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：頭蓋顎顔面先天異常の患者では、長期的な形態変化を把握した治療計画が必要である。頭蓋顎顔面形態の変化を明らかにし、3Dプリンターを用いて治療結果の立体モデルを作成した。DICOMデータを用い、世界中のあらゆる施設のデータが利用可能で、将来的には国内外の多くのデータを用いることができる。単一施設では複数症例目にするのが困難である希な先天異常の治療結果の予測にも適用できる。チームによる治療計画の立案、治療効果の検証、患者/家族への説明、経験の浅い若手矯正歯科医・外科医の教育に役立ち、今後の先天異常患者の治療に対し非常に大きな貢献を成し得るものと思われる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

頭蓋顎顔面先天異常の患者では、長期的な形態変化を把握した治療計画が必要である。頭蓋顎顔面形態の変化を明らかにし、3Dプリンターを用いて治療結果の立体モデルを作成した。DICOMデータを用い、世界中のあらゆる施設のデータが利用可能で、将来的には国内外の多くのデータを用いることができる。単一施設では複数症例目にするのが困難である希な先天異常の治療結果の予測にも適用できる。チームによる治療計画の立案、治療効果の検証、患者/家族への説明、経験の浅い若手矯正歯科医・外科医の教育に役立ち、今後の先天異常患者の治療に対し非常に大きな貢献を成し得るものと思われる。

研究成果の概要（英文）：In patients with craniofacial congenital abnormalities, a treatment plan that comprehends long-term morphological changes is necessary. We clarified the changes in craniofacial morphology and created three-dimensional models of treatment outcomes using a 3D printer. By utilizing DICOM data, data from various facilities worldwide are available, and in the future, it will be possible to use a large amount of data from domestic and international sources. It can also be applied to predict the treatment outcomes of rare congenital abnormalities that are difficult to encounter multiple cases in a single facility. It is expected to contribute significantly to the formulation of treatment plans by teams, verification of treatment effectiveness, explanation to patients/families, and education of inexperienced young orthodontists and surgeons. It is believed to have the potential to make a significant contribution to the treatment of congenital abnormality patients in the future.

研究分野：矯正・小児系歯学

キーワード：唇顎口蓋裂 顔面形態 相同モデル化 平均立体像 先天性疾患 三次元モデル 3Dプリント
三次元平均顔面形態

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

頭蓋顎顔面領域の先天異常患者では疾患特有の顔面症状がみられるが、そのイメージを既存の2次元パラメーターを用いて明らかにすることは困難である。これまで矯正歯科の領域では顔面写真や頭部X線規格写真(セファログラム)が用いられてきたが、病態が3次的に現れる先天異常の患者では、こうした手法には限界があった。一方、顎変形症の手術においては3次元CT画像を用いたシミュレーションが近年普及してきたが、先天異常患者では眼窩・耳などの基準点に異常がみられ、一般の顎変形症患者に対して用いられる方法は適応出来ない。このため、各先天異常の特徴を踏まえた分析方法の開発が必要となるが、先天異常患者の成長および治療に伴う3次元的变化についての解析・予測は進んでいない。

一方、この種の患者さんでは外科医と矯正歯科医によるチーム医療が必要である。良好なチーム医療を提供するには、外科医と矯正歯科医が病態認識や治療計画を共有する必要がある。また近年、徹底したインフォームドコンセントが求められ、患者さんにも治療計画を十分理解していただく必要がある。しかし、最近は個人情報保護が厳しく求められ、他の患者さんの資料を用いて説明することは困難になっている。このため、個人情報ではなく、疾患の特徴や治療目標を瞬時に良く理解できる方法が求められている。

われわれは、これまでに第一第二鰓弓症候群(hemifacial microsomia:以後;HFM)のCT画像より左右それぞれのセファログラムを作成し、健側・患側に分け顔面形態を解析した(アジア太平洋口蓋裂学会、2011)。また、HFMの下顎骨の病変の程度(Grade)と3次元的な左右差との関連性を3D-CTを用いて明らかにした(Cleft Palate-Craniofac J, 2013)。さらに、セファログラムを用いて、各先天異常患者の平均トレース像の作成を行い、各先天異常の顎顔面形態の特徴を明らかにした(日本矯正歯科学会大会、2013)。最近では、各先天異常患者の硬・軟組織の平均3次元顎顔面形態を、3Dプリンターを用いて立体モデルとして作成する方法を開発した(日本矯正歯科学会大会、2016、2019 予定)。本研究は、先天異常患者の症例分析法を確立しようとする東大病院口腔顎顔面外科・矯正歯科におけるこれまでの成果をさらに発展させるものである。

2. 研究の目的

本研究では、上記の研究結果を踏まえ、鰓弓症候群と口唇口蓋裂、頭蓋骨癒合症と口蓋裂など、先天異常を重複して有する患者の成長および治療に伴う頭蓋顎顔面形態の変化を明らかにし、それに基づき3Dプリンターを用いて変化前後の立体モデルを作成することにより成長や治療結果を予測し、関連する医療従事者、患者が治療目標を共有できる方法を確立することを目的とする。本研究は各先天異常における手術や成長に伴う3次元的な平均病態の変化を基に、個々の患者の成長および治療結果の予測を行うこと目的としており、治療計画の立案、治療効果の検証に非常に重要な情報を提供する。平均形態は、硬・軟組織顔面形態の原型となるジェネリックデータ(ポリゴンデータ)を各患者の形態に変形(フィッティング)させ相同モデル化して作成する。こうした研究は世界中をみてもまだほとんど行われておらず、まずこの点に特色がある。

次に、予測結果は最終的に3Dプリンターを用い作成した立体モデルとして表す。現在主流のコンピュータディスプレイ上での3次元画像は、閲覧するための専用コンピュータが必要で、一般の歯科診療室での説明には不便である。また、コンピュータ内の画像を立体的に見るには、特殊な眼鏡などを使用する必要があることも多く、画面切り替えにも時間がかかる上、歯科の観点から重要と考えられる咬合状態を正確に把握することが困難である。この点、立体モデルは、一度作成してしまえば即座にいろんな方向からみることができ、特殊な装置も必要とせず、その

咬合状態も一目で把握することが可能である。

先天異常患者の症例数は、どの病院もそれほど多くない。特に希な疾患では多施設共同研究が必要となるが、本研究の方法はCT撮影データの世界共通フォーマットであるDICOMデータを元にして、世界中のあらゆる施設のデータが利用可能であると考えられる。そのため将来的には国内外の施設との連携により、希な疾患の特徴も解明できる。

3. 研究の方法

研究期間内に、1) 先天異常を重複して有する患者の特徴、手術や成長に伴う平均的な変化の把握、2) 個々の患者における治療結果予測法の開発を行う。

1) 先天異常を重複して有する患者の特徴、手術および成長に伴う平均的な変化の把握

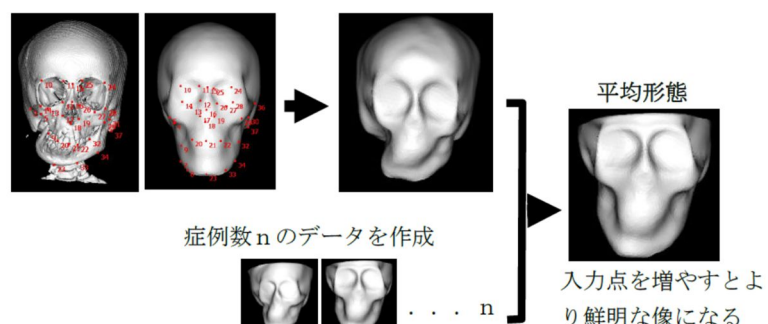
頭蓋・眼窩・耳介に症状を示す主な先天異常である症候群性頭蓋骨縫合早期癒合症（Crouzon症候群、尖頭合指症など）、鰓弓由来の症候群（第一第二鰓弓症候群、Treacher Collins 症候群など）、骨形成不全症などの骨系統疾患、複雑な鼻腔・口蓋形態を有する唇顎口蓋裂等で、重複した先天異常を持つ患者を対象疾患として行う。また、個々の疾患の解析結果をもとに重複した場合の立体モデルも作成し、予測と実際の違いも明らかにする。

方法は、先行研究をもとに、硬・軟組織顔面形態の原型となるジェネリックデータ（ポリゴンデータ）を各患者の形態に変形（フィッティング）させ相同モデル化し、それらを平均化することで個々の疾患の顎顔面形態を算出する方法を用いる。具体的手順は、1. 解剖学的な対応点である変形基準点の設定、2. 個人のデータの作成（a. DICOM-CT データからソフトウェア Volume-Rugle®（メディックエンジニアリング社：以後メ社製）、立体可視化（Advanced Visualization）ソフトウェア MicroAVS®（サイバネット社）を用い表層のみのデータ（サーフェースデータ）作成、3. ソフトウェア HBM Rugle®（メ社製）を用いたフランクフルト平面による頭位統一化、4. 個人データへの変形基準点プロット、5. 原型となるジェネリックデータ（ポリゴンデータ）への変形基準点プロット、6. ジェネリックデータを変形させ個別の硬・軟組織形態ポリゴンデータを作成、7. 個人相同モデルから平均顎顔面形態作成、8. 平均化顎顔面形態を3Dモデル造形に適したデータへ調整し3D造形を行う、とする。

2) 個々の患者における治療結果予測法の開発

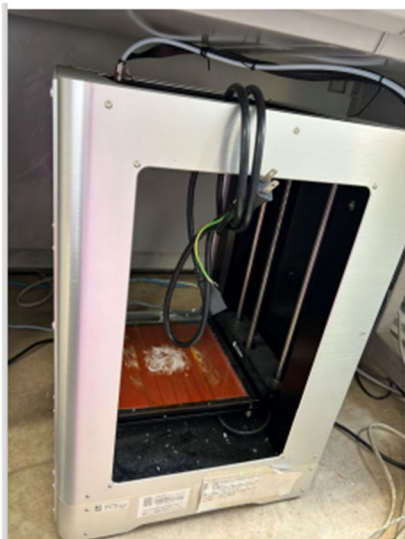
1) で把握した平均変化を基に個々の患者の変化を予測し、三次元プリンターを用いて立体モデルを作成することにより、カンファレンスや患者への説明に用いやすくする。また、予測と実際の変化の際について検証する。既存のデータをもとに幼少期と成長終了後の形態的な変化について HBM ルーグルを用い相同モデル化することで数値的に統計処理し、新規の幼少期の患者に対しても、数年後の成長予測が行えるようなシステムを開発する予定である。

ジェネリックデータを変形させ各疾患の平均形態を作成する方法



4 . 研究成果

ヘリカル CT データを元に唇顎口蓋裂患者の平均硬・軟組織顎顔面形態 3D モデルを作成することが出来、患者への説明および教育に有用となると思われた。基準点の設定を工夫し他の疾患に応用することも可能と思われた。＜問題点と要改善点＞ 他の疾患に応用するには、各疾患の先天異常の特徴を表すための適切な基準点設定が必要となる。今後は右側唇顎口蓋裂患者を用いたが、頭蓋骨癒合症や第一第二鰓弓症候群への応用の検討が必要である。



唇顎口蓋裂患者における平均顎顔面形態3Dモデル作成法の開発

The fabrication system for average maxillofacial 3D models in patients with cleft lip and palate

内野夏子¹, 須佐美隆史^{1,2}, 大久保和美¹, 岡安麻里¹, 丸岡亮¹, 宇賀塚¹, 星和人¹
UCHINO N.¹, SUSAMI T.^{1,2}, OHKUBO K.¹, OKAYASU M.¹, MARUOKA R.¹, UGA R.¹ and HOSHI K.¹

1) 東京大学医学部附属病院 口腔顎顔面外科・矯正歯科
Department of Oral-Maxillofacial Surgery and Orthodontics, The University of Tokyo Hospital
2) ひろみ・歯科・すさみ矯正歯科
Hiromi Dental and Susami Orthodontic Clinic



本文内容に誤植し誤りへのCOIはない。本研究は医学研究費助成事業基盤研究C(2019-1131)「顔面顔面欠陥患者における治療計画の定量的評価の構築」(17K1103)を受け行った。

目的

- 顔面顔面の欠陥患者では疾患特有の顔面形態が見られるが、医学が大いにとりまわす患者の顔面形態を定量的に評価し、一方で、形態の特徴を3次元モデルをイメージして伝えることが重要である。しかし、近年個人情報保護が厳格化され、患者の顔面モデルを患者への説明や教育に用いることが困難になってきている。
- そこでわれわれは、ヘリカル CT を利用した顔・顎顔面の平均顔面形態3Dモデル (AVT, 平均3Dモデル) 作成法の開発を試みており、2016年、第78回日本矯正歯科学会にて *Healthcare Informatics* について発表した。今回は、唇顎口蓋裂の平均3Dモデル作成法を開発する。

資料および方法

- 唇顎口蓋裂患者における平均3Dモデル作成法の開発は、右側唇顎口蓋裂 (RCL, UCLP), 月経2歳を過ぎた後、管理下に置かれた3歳4-8歳児のヘリカルCT画像の Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) データを用いた。
- 顔面顔面の顔面骨格 (RCL, UCLP) 骨格 T1 と成長終了後 (10歳) T2 の時点とした。
- 年齢は、T1が2歳10月-4歳2か月、T2が4歳2か月-10歳2か月、平均17歳7か月の時点とした。

The flowchart details the process from data acquisition to final 3D model creation. It includes steps for DICOM data acquisition, patient information registration, and the use of software like Procrustes and MorphoVU for landmark-based registration and averaging. It also mentions the use of a 3D printer for physical models.

This section provides a detailed view of the registration and averaging process. It shows how individual patient models are aligned using Procrustes analysis and then averaged to create a representative 3D model. It also includes a diagram of the 3D model's coordinate system and the use of a 3D printer for physical models.

結果および考察

- まだプロトタイプであるが、UCLPの特徴をとらえたSBG前と成長終了後 (SBG後) 2時点それぞれ平均3Dモデルを作成することができた。疾患の特徴が視覚的に解りやすくなり、病態の理解に役立つとともに、個人情報保護にも役立つと思われる。造形物の写真、実物を展示する。
- 作成した3Dモデルは疾患の特徴を視覚的に解りやすく表しており、患者説明および教育にも用いることが可能である。
- 疾患特有の形態をさらに詳細に表すためには、変形が大きい部位により多くの変形基準点を設ける必要がある。
- この方法は他の先天異常にも応用可能で、今後は手術に伴う変化についても解析する予定である。

結論

- 唇顎口蓋裂患者における平均3Dモデル作成が可能となった。
- この方法は他の先天異常にも応用可能であり、平均立体的モデル化することで疾患の特徴が視覚的に解りやすくなり、個人情報保護の問題も解消された。
- ヘリカル CT データを元に作成した先天異常患者の顔・顎顔面の平均3Dモデルは、患者への説明および教育に有効なツールとして役立つと考えられ、株式会社アディクンジョブの顔面顔面欠陥患者向けに提供される。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 内野夏子
2. 発表標題 唇顎口蓋裂患者における平均顎顔面形態3Dモデル作成法の開発
3. 学会等名 日本矯正歯科学会
4. 発表年 2019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	大久保 和美 (Ohkubo Kazumi) (10396715)	東京大学・医学部附属病院・講師 (12601)	
研究分担者	岡安 麻里 (Okayasu Mari) (10610941)	東京大学・医学部附属病院・助教 (12601)	
研究分担者	内野 夏子 (Uchino natsuko) (30569637)	東京大学・医学部附属病院・助教 (12601)	
研究分担者	井口 隆人 (Inokuchi Takato) (80587775)	東京大学・医学部附属病院・助教 (12601)	

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