受賞記念口演 2

顎口腔機能の四次元的解析システム —顎変形症患者への応用—

Measurement of Tongue Pressure during Swallowing Using Sensor Sheet System

○寺嶋雅彦¹⁾, 遠藤みずき²⁾, 青木義満³⁾, 祐田京子²⁾, 早崎治明¹⁾
後藤多津子¹⁾, 徳森謙二¹⁾, 中島昭彦¹⁾

Masahiko Terajima¹⁾, Mizuki Endo²⁾, Yoshimitsu Aoki³⁾, Kyouko Yuuda²⁾, Haruaki Hayasaki¹⁾
Tazuko K. Goto¹⁾, Kenji Tokumori¹⁾, Akihiko Nakasima¹⁾

¹⁾ 九州大学大学院歯学研究院口腔保健推進学講座, ²⁾ 九州大学大学院歯学府口腔保健推進学講座

³⁾ 芝浦工業大学工学部情報工学科

¹⁾ Faculty of Dental Science, Kyushu University, ²⁾ Graduate School of Dental Science, Kyushu University

³⁾ Department of Information Science and Engineering Shibaura Institute of Technology

I. 目 的

近年, 6 自由度顎運動計測装置, CT 撮影装置および非接触型三次元計測装置などの高性能化により, 顎顔面骨格, 顎関節形態や咬合状態と顎運動の関係を調査する試みが多数行われている。しかし, 従来の方法は, これらの異なるデータを同一の座標系で三次元的に同時表示することができず, 顎関節部を単に静的な形態情報として捉えるのみで, 咬合や顎運動と連動した機能情報として客観的に評価することが難しかった。

そこで, 本研究では computed tomography から三次元再構築 (3D-CT) した顎顔面骨格像および非接触型三次元形状計測装置で得られた上下歯列咬合面形態を, 6 自由度の顎運動データと連動させて顎関節部の機能解析に利用できるシステムを開発した。そして, これを顎変形症患者に臨床応用した。

II. 方 法

1. 被験者

被験者は, 九州大学歯学研究院倫理委員会許可のもと, 研究の趣旨を説明し同意の得られた顎矯正手術が予定されている18歳女性とした。

2. 顎顔面頭部3D-CT 像の構築

CT 撮影は, 本学設置の Aquilion (東芝メディカル, 東京) で, 頭頂部から頸部までの計測範囲で計241枚の断層画像をスパイラル撮影した。なお, CT 撮影の際には, 後で非接触型三次元計測装置を用いて撮影した歯

列画像を統合する場合の基準点とするため, 被験者の上下顎の中切歯唇側面と左右第一大臼歯頬側面の計6ヶ所に, 即時重合レジンのジグが付いた直径6.74mm のセラミック真球を歯科用瞬間接着材を用いて装着した。

撮影後, 得られたCTデータはDICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) 形式で当講座所有のパーソナルコンピュータ (DELL Precision 410) に取り込んだ。このCTデータから, 三次元画像処理ソフト (Mimics Version 7.0) を用いてしきい値を1250に決定したあと, 頭蓋骨, 下顎骨およびセラミック真球の領域を抽出した。得られたデータは, 三次元画像構築ソフト (Magics version 6.3) に取り込んで, 顎顔面骨格の3D-CT像を構築した。さらに, コンピュータ画面上に写った3D-CT像上で上下顎歯列上の真球表面の任意の20点を計測し, 各々の中心座標を算出した。

3. 非接触型三次元計測装置を用いた歯列模型像の構築

歯列模型の計測には, レーザー走査による非接触型三次元形状計測装置 (VIVID900) を用いた。まず, 被験者の咬頭嵌合位で採得したバイトを咬ませた上下顎歯列模型を撮影し, 咬頭嵌合位における歯列外観像を構築した。次に, 上顎および下顎歯列模型を同様の方法で別個に撮影および画像処理した後, それぞれを嵌合位歯列外観像に位置合わせし置き換えることによって, 咬頭嵌合位における上下顎歯列模型の三次元画像を完成させた。

また, CT 撮影の際に装着したセラミック真球を被験者の歯列からレジンのジグごと外し上下顎歯列模型上に瞬間接着剤を用いて取り付け, 上述したバイトを咬ませて咬合位を再現した。そして, 同じく非接触型三次元計測装置を用いて真球が付いた咬頭嵌合位の外観像を構築

図1 顎頭－関節窩距離の三次元表示
a, b: 右側方運動 (aは右側最外側を示す)
c: 運動開始前
d, e: 左側方運動 (eは左側最外側を示す)
下顎頭に顎関節隙の大きさに応じて擬似カラー表示した。(上図は右側下顎頭, 下図は左側下顎頭を表す)

し, セラミック真球のない咬頭嵌合位の歯列外観像に重ね合わせ置き換えた. 次に, 骨格画像との統合のため非接触型三次元計測装置で得られたセラミック真球像上の表面の任意の20点を3D-CTの場合と同様な方法で計測し, 6個各々の中心座標を算出した.

4. 下顎運動の計測

下顎運動の計測は, 6自由度顎運動測定装置(TRIMET)を用いて行なった. 次に, 歯列からクラッチを下顎のフェイスボウと一緒に外し, セラミック真球の付いた下顎歯列石膏模型に装着した. そして, 接触型三次元計測装置(XYZAX PJ-400A)を用いてセラミック真球の中心座標を求めた.

5. 顎顔面骨格への歯列模型像と下顎運動データの統合

顎顔面骨格3D-CT像への歯列模型像および下顎運動データの統合は, それぞれのセラミック真球の中心座標が一致するように最小2乗法で重ね合わせた. 下顎運動は咬頭嵌合位から100Hzの時系列運動データを1フレームごとに座標変換した.

6. 顎関節隙の三次元解析システム

任意の顎位における頭蓋骨および下顎骨の3D-CTデータを三次元形状解析プログラム(3D-Rugle3)に入力した. そして, 算出した移動パラメータを下顎骨の3D-CT像に与えることにより, 測定した任意の顎位における頭蓋骨と下顎骨の位置関係を解析ソフトにおいて再現した. 次に, 下顎運動時における顎関節隙の変化の様相を定量的に評価するために, 下顎頭表面から下顎窩および関節結節までの最短距離を計算し, 距離を段階分けて部位ごとに擬似カラーで表示した.

7. 咬合接触解析システム

下顎運動時における咬合接触の変化の様相を定量的に評価するために, 顎関節隙の解析システムと同様に, 下顎運動の四次元表示システムを用いて任意の顎位における上下顎歯列データの位置合わせを行い動的な位置関係を再現した. そして, 下顎歯列咬合面から上顎歯列咬合

図2 咬合接触領域の三次元表示
a, b: 右側方運動 (aは右側最外側を示す)
c: 運動開始前
d, e: 左側方運動 (eは左側最外側を示す)
下顎歯列咬合面に咬合接触に応じて擬似カラー表示した.

面までの最短距離を下顎歯列模型画像上に擬似カラーで表示した.

Ⅲ. 結果及び考察

1. 顎関節隙の三次元解析について

今回開発した下顎運動四次元表示システムを使用してCTより再構築した頭蓋骨および下顎骨の三次元画像に顎運動データを統合し, 顎運動をパーソナルコンピュータ上で表示した. したがって, 下顎の運動を顔面骨格の三次元的な形態画像と対応付けて再現するので, より分かりやすく下顎全体の動きとともに左右の下顎頭の運動様相や顎関節隙の変化を把握できると考えられる.

2. 咬合接触解析システムについて

非接触型三次元計測装置を用いて撮影した歯列模型データを顎顔面骨格の3D-CT像に統合した後に, 6自由度顎運動データを組み込んだことにより, 顎運動と咬合接触・離開の状態の関係を同時に評価することが可能になった. したがって, 咬頭嵌合位および下顎運動中の任意の顎位における咬合接触状態や下顎頭の関節窩に対する位置関係などの解析を通して, 障害となる咬合異常を顎口腔系の三次元的な解剖学的構造と関連付けて詳細に分析することができると考えられる.

本システムは, 顎関節症の診断や治療に役立ち, 矯正医のみならず患者に対しても容易に理解できる情報を与えることができるなど, 広範囲にわたる臨床応用が可能であると思われる.

Ⅳ. 文 献

- 1) 寺嶋雅彦, 祐田京子, 青木義満ほか: 顎変形症患者における下顎運動四次元表示システム, Orthod Waves-Jpn Ed, 63: 193-205, 2004.