原 著 論 文

顔面皮膚上標点とそれに対応する下顎骨上仮想点の運動の比較

—下顎安静位について—

関谷 俊治 山縣 健佑 河野 勇治 七田 俊晴

Comparison of the Movement of Facial Markers and Corresponding Virtual Points on the Mandible at the Mandibular Rest Position

Toshiharu Sekiya, Kensuke Yamagata, Yuhji Kohno and Toshiharu Shichita

Abstract : To register mandibular movements in edentulous subjects, reference points are usually attached on the soft tissue over the chin. Therefore, it is extremely beneficial, in the clinic, to know the relationship of the movement between the skin and the mandibular bone. The purpose of this study was to detect the reference points on the facial skin that had the least discrepancy with the corresponding sites on the mandibular bone while in a rest position.

Methods : Nine retro-reflective markers were placed on the skin over the mandible (around the menton, the gonion, etc.) of 10 dentulous subjects. In addition, a marker frame, on which 3 markers were arranged spatially, was attached to the mandibular teeth of each subject, to provide a measured value of virtual points that were indicated by a stick on which 2 markers were aligned. Markers on the facial skin (S) were located and automatically tracked using six video cameras while the mandible was moved from centric occlusion to the rest position, repeatedly. Measurements of virtual points (V), which were calculated from displacement of the marker frame utilizing a motion capture system (Vicon 370, Oxford Metrics), were combined with the video data of the markers. The distance between centric occlusion and the rest position (Co-Rp) of S and V were compared.

Results : Except for the center of the menton (Me 2), statistically significant differences were observed between Co-Rp of S and V. These results suggest that Me 2 is the appropriate reference point on the facial skin to accurately measure free way space.

Key words : orofacial movement, motion capture, rest position, virtual point, marker on the skin

I. 緒 言

無歯顎あるいは咬合改善を伴う補綴処置においては、口腔周囲の生理的活動に適応した歯列の設定が重

要であるが、その適否は下顎や舌などの口腔内組織だけではなく顔面の動作にも影響する。そのため、機能時の顔貌や口腔運動の様相は、口腔内の状況に応じた代償的運動によってさまざまに異なり、これらの観察によって機能改善の程度を評価できると思われる。そのため、多数の標点の運動経路の同時解析が可能な多点動作解析システム^{1~3)}を導入し、健常有歯顎者について咀嚼時⁴⁾や調音時⁵⁾の口腔・顔面運動経路の三次元解析を報告した。

昭和大学歯学部第二歯科補綴学教室 (主任: 山縣健佑教授)
The Second Department of Prosthodontics, Showa University
School of Dentistry (Chief: Prof. Kensuke Yamagata)
平成 12 年 4 月 11 日受付

一方、下顎運動記録のためには、計測点は下顎骨と一体で動く部位でなければならない。しかし、無歯顎者では下顎骨自体の運動を観察することは困難であるため、顔面の動態から下顎運動を推測する必要も生じる。また、日常臨床では無歯顎者などの下顎位の設定時にオトガイ皮膚上点を計測点にする。その際の計測点の設置部位は、オトガイ前面にマークする方法、バイトゲージなどによりオトガイ下面とするなど数種の方法が散見されるが、それらの部位が実際の骨の動きを表しているかは明らかではない。そのため、皮膚と歯列または下顎骨体の運動の関連性を知ることは、臨床上きわめて有益である。

有歯顎者の下顎前歯とオトガイ皮膚上に設けた発光ダイオード(LED)の標点の咀嚼運動中の比較を行った研究では、両者は運動のリズムは同調しているが移動距離と方向はやや異なることが報告されている⁶⁻¹¹⁾。しかし、これらは切歯点とオトガイのように位置的に離れた部位での比較であり、皮膚上標点の位置による差異やそれぞれに対応した部位での下顎骨の運動との関連についてはいまだ報告されていない。

そのため、われわれは多点動作解析システムに任意点挿入プログラムを導入し、直接記録できる標点だけではなく、下顎に固定したマーカーフレームに対応する任意の部位の運動軌跡を同時に観察、計測することを可能にした。本システムでは皮膚上計測点の実際の動きとそれに相当する部位が下顎骨と一致して動くことと仮定した場合(仮想点)とを同時点で比較できるという、従来の方法にはない利点がある。これを用いて、限界運動および、咀嚼、発音運動時の顔面皮膚上標点とそれに対応する下顎骨上仮想点、すなわち、同一部位を下顎マーカーフレームから座標計算した運動経路、運動量の比較を試みている¹²⁻¹⁴⁾。その結果、皮膚上標点とそれに対応する下顎骨上仮想点では、たとえばオトガイ前方、オトガイ下方、下顎下縁など部位によって両者の移動範囲の差が認められ、また下顎運動の種類や大きさによっても異なることが示唆された¹⁵⁾。

そこで、さらに下顎の運動を小範囲に限定した場合の比較を行っているが、本報では健康有歯顎者について中心咬合位時と下顎安静位時における皮膚上標点と、それに対応する下顎骨上仮想点との距離の一致度から、下顎骨の動きに最も近い皮膚上標点の検索を試

みた。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は、顎口腔機能に異常がないと思われる健康有歯顎者10名(年齢24~33:平均27.5歳,男性5名・女性5名)である。

2. 標点およびマーカーフレーム

標点は、澤田ら¹⁶⁾の方法に従い、プラスチック球(直径約4 mm)の表面に反射テープ(3 M社製)を貼付して作製した(重量:約0.1 g)。これらの標点はコールドスポット(150 W ハロゲン光源:PICL-NSX, 日本ピー・アイ社製)により照明すると円形の光点として記録できる(図1-c)。これを皮膚上計測部位に皮膚用粘着材で貼付した。

下顎骨上の任意点の位置座標を設定するための下顎マーカーフレームとしてチタンワイヤーのフレーム上に3個の標点を立体的に配置した(重量:約0.3 g)。これをクラッチにて下顎歯列に付着した(図1-a)。また、仮想点指示用ポインターとしてチタン棒上に2個の標点を50 mm 間隔で設置した(図1-b)。これによって皮膚上の計測部位を指示して位置座標を記録する。

このほか、頭蓋側のリファレンスポイントとして標点を4点固定した眼鏡フレーム(上顎マーカーフレームとする)(図1-a, c)を装着した。

3. 計測部位

計測部位は、オトガイ前面下方正中部のオトガイ点(Me 1 とする)とオトガイ下面で触診できる骨の前縁付近(Me 2)、その正中後方約10 mm (Me 3)、左右顎角(G)、左右第一大臼歯と犬歯部の垂直下方の下顎下縁皮膚上(M 6, M 3)に貼付した顔面皮膚上の標点および、それぞれに対応する仮想点の合計18点である(図2)。

4. 記録方法

まず、計測空間の立体的な座標を規定するため、12個のコントロールマーカーを配列したキャリブレーションチャート(図3)を置き、6方向からコールド

スポットで照明し、6台の High Speed Video Camera (V-133, nac 社製) で上下左右6方向から多点動作解析システム (Vicon 370: Oxford Metrics 社製) によってサンプリングレート 60 Hz で記録した (図4)。このビデオ画像を Datastation (Vicon 370: Oxford Metrics 社製) によりデジタル化し、Workstation (Vicon 370: Oxford Metrics 社製) へ転送した。ビデオデータ上でキャリブレーション

チャートのコントロールマーカの三次元座標と、各カメラで記録した二次元座標を対照して計測空間の座標系を設定した。

被験者を計測空間に座らせ、まず仮想点指示ポインターを用いて、静止時の皮膚上の標点を順に指示して仮想点データとして記録した (図5)。次に、下顎安静位と中心咬合位の繰り返し状態を前述と同様にして6方向から記録した。このとき、座標データと下顎マーカーフレームの位置関係から、それぞれの仮想点 (下顎骨上仮想点とする) の移動位置を算出する。こ

図 1

a : A mandibular marker frame and a spectacle frame with retro-reflective markers arranged spatially (maxillary marker frame)

b : Pointers for indication of virtual point

c : A subject wearing a mandibular marker frame and a maxillary marker frame

Markers are attached directly to the facial skin

a : 反射性標点を立体的に配置した下顎マーカーフレームと眼鏡フレーム (上顎マーカーフレーム)

b : 仮想点指示用ポインター

c : 下顎マーカーフレーム、上顎マーカーフレームを装着した被験者

標点は顔面皮膚上に直接、貼付してある

図 3 The chart used for calibrating the spatial coordinates of the measured field
計測領域の空間座標を規定するためのチャート

図 2 Positioning of markers on facial skin
顔面皮膚上の標点の設定位置

図 4 The motion capture and analysis system
 #1~6: High-speed video cameras (V-133), Vicon 370 Datastation: data station used for collection of video data, Vicon 370 Workstation: 3D coordinator and measuring system, Movias 3D: software for 3D trajectory analysis, Scope calibrator: calibrating the spatial coordinates of the measured field
 多点動作解析と解析システム
 #1~6: ハイスピードビデオカメラ (V-133), Vicon 370 Datastation: ビデオデータの収集に用いた, Vicon 370 Workstation: 三次元構築と測定システム, Movias 3D: 三次元経路解析のためのソフトウェア, Scope calibrator: 計測領域の空間座標系のキャリブレーション

図 5 Indication of virtual points
 A marker on the facial skin is pointed by the 50 mm pointer
 仮想点の指示
 顔面皮膚上の標点を 50 mm ポインターで指示している

れを Workstation 上で皮膚上標点の実像の運動と合成した。このように、静止状態で一度、仮想点挿入部位をポインターで指示して仮想点座標データとして記録し、立体構築、ラベリングする。これを Workstation 上で標点の実像の運動と合成すると、両者の運動経路を同一画面上で観察し、計測できる。なお、本システムの精度は、先行研究¹⁴⁾に示したように、15×

図 6 A 3D constructed image of marker points on the facial skin and virtual points on the mandible, and a graph of the distance between the maxillary marker frame and the mandibular marker frame on the display of the Vicon 370 Workstation
 Co: centric occlusion, Rp: rest position
 Vicon 370 Workstation 画面上での顔面皮膚上標点と下顎骨上仮想点の三次元構築像および上顎マーカーフレームと下顎マーカーフレーム間の 2 点間距離のグラフ
 Co: 中心咬合位, Rp: 下顎安静位

15×15 cm の範囲内で標点を任意の移動方向、移動量で移動した場合、その誤差は、標点で 0.11~1.15%, 仮想点で 0.35~1.25% である。

5. 解析方法

Workstation 上で各標点像の輪郭を抽出して円形に変換し、その中心を各計測点（皮膚上標点とする）の座標とした。こうして定めた各基準点と計測点の座標点にラベリングをすることにより立体構築した。

図 6 に示すように、中心咬合位から下顎安静位への繰り返し移動における上顎マーカーフレームの中央部より延長した標点と下顎マーカーフレーム頂上部の標点との 2 点間距離の経時的変化を Workstation 上で演算し、表示した。このスワイプ図から、それぞれの中心咬合位と下顎安静位で安定した部分のうち、約 10 フィールド、10 回分を抽出し、皮膚上標点および、それに対応する下顎骨上仮想点の座標データを求め、テキストファイルとして保存し、パーソナルコンピュータ上で中心咬合位と下顎安静位間の三次元的な距離（以下、Co-Rp 距離とする）を算出した。

III. 結 果

1. 中心咬合位と下顎安静位間の距離 (Co-Rp 距離) の計測結果

皮膚上標点と下顎骨上仮想点の各計測部位における

表 1 Distance between centric occlusion and rest position (Co-Rp) (mm) and the difference between marker points on the facial skin (S) and virtual points on the mandible (V) at each reference point

中心咬合位—下顎安静位間距離 (Co-Rp) (mm) および各部位における顔面皮膚上標点 (S) と下顎骨上仮想点 (V) の差

region	S		V		p	
	Av	SD	Av	SD		
RG	0.735	0.407	1.020	0.612	0.000	*
RM 6	0.957	0.603	1.235	0.762	0.000	*
RM 3	1.183	0.725	1.276	0.862	0.000	*
Me 1	1.343	0.816	1.472	0.897	0.000	*
Me 2	1.371	0.773	1.377	0.837	0.837	NS
Me 3	1.183	0.677	1.276	0.739	0.004	*
LM 3	1.221	0.744	1.363	0.818	0.000	*
LM 6	1.060	0.552	1.192	0.686	0.001	*
LG	0.812	0.517	0.947	0.532	0.018	*

S : marker points on the facial skin, V : virtual points on the mandible, * : Statistically significant difference ($p < 0.05$), NS : no statistically significant difference, R/LG : gonion, R/LM 6 : submandible below lower first molar, R/LM 3 : submandible below lower canine, Me 1 : menton (anterior), Me 2 : menton (center), Me 3 : menton (posterior)

S : 顔面皮膚上標点, V : 下顎骨上仮想点, * : 5% で有意差あり ($p < 0.05$), NS : 有意差なし, R/LG : 右左顎角, R/LM 6 : 右左第一大臼歯の下方の顎下部, R/LM 3 : 右左犬歯の下方の顎下部, Me 1 : オトガイ (前方部), Me 2 : オトガイ (中央部), Me 3 : オトガイ (後方部)

Co-Rp 距離の平均値, 標準偏差を表 1, 図 7 に示す。また, これらについての三元配置分散分析結果を表 2 に示すが, 要因別検定 (3-way ANOVA) では部位間, 皮膚上標点と下顎骨上仮想点間および被験者間で有意差 ($p < 0.01$) が認められた。

表 1, 図 8 に各部位における Co-Rp 距離の皮膚上標点と下顎骨上仮想点の差 (最小有意差法) の検定結果を示すが, Me 2 以外のすべてで有意差が認められ, Co-Rp 距離は Me 2 以外では皮膚上標点より下顎骨上仮想点のほうが有意 ($p < 0.05$) に大きい。

2. 左右差の比較結果

両側に計測部位のある, G (顎角), M 6 (第一大臼歯相当部下縁), M 3 (犬歯相当部下縁) での Co-Rp 距離の左右差の検定結果を表 3 に示すが, 下顎骨上仮想点, 皮膚上標点ともにいずれの部位でも有意差は認められなかった。

そこで, 以下では G, M 3, M 6 では左右の平均値 (表 3) について解析した。

表 2 Analysis of variance (3 way)
三元配置分散分析

factor	p	
region	0.000	**
S/V	0.000	**
subject	0.000	**

** : Statistically significant difference ($p < 0.01$), S : marker points on the facial skin, V : virtual points on the mandible
** : 1% で有意差あり ($p < 0.01$), S : 顔面皮膚上標点, V : 下顎骨上仮想点

図 7 Co-Rp distance at each region

a : virtual points on the mandible, b : marker points on the facial skin

各部位での Co-Rp 間距離 (Co-Rp)

a : 下顎骨上仮想点, b : 顔面皮膚上標点

3. 部位間の比較結果

表4に各計測部位間での検定結果を示した。なお、G, M3, M6では左右の平均値(表3)とした。

皮膚上標点(表4-a)では、Gはすべての部位に対して有意差があり、M6でもMe3以外のすべてに対

して有意差が認められた。M3は、オトガイ正中部のMe1, 2, 3とは有意差が認められなかった。オトガイ正中部についてみると、Me2とMe3間以外では有意差は認められなかった。

下顎骨上仮想点(表4-b)では、Gは、すべての部位と有意差があり、M6はGとMe1の間で有意差が認められるが、このほかのM3, Me1, Me2, Me3それぞれの間には有意差は認められなかった。

4. 皮膚上標点-下顎骨上仮想点間の比較結果

図9は、左右平均とした場合の各部位でのCo-Rp

図8 Mean values of Co-Rp and the difference between marker points on the facial skin (S) and virtual points on the mandible (V)

* : Statistically significant difference ($p < 0.05$), NS : no statistically significant difference

顔面皮膚上標点 (S) と下顎骨上仮想点 (V) の Co-Rp 間距離の平均値と検定結果

* : 有意差あり ($p < 0.05$), NS : 有意差なし

表3 Difference in Co-Rp (mm) distance between the right and left side regions

中心咬合位-下顎安静位間距離 (Co-Rp) (mm) の左右部位間の差の検定

	region	right		left		p
		Av	SD	Av	SD	
S	G	0.735	0.405	0.812	0.515	0.405 NS
	M 6	0.957	0.599	1.060	0.549	0.269 NS
	M 3	1.202	0.722	1.221	0.741	0.837 NS
V	G	1.020	0.609	0.947	0.530	0.496 NS
	M 6	1.235	0.758	1.192	0.682	0.694 NS
	M 3	1.377	0.858	1.363	0.814	0.895 NS

Co-Rp : distance between centric occlusion and rest position, G : gonion, M 6 : submandible below lower first molar, M 3 : submandible below lower canine, NS : no statistically significant difference

Co-Rp : 中心咬合位-下顎安静位間距離, G : 顎角, M 6 : 第一大臼歯の下方の顎下部, M 3 : 犬歯の下方の顎下部, NS : 有意差なし

表4 Mean difference (protected least significant difference) of Co-Rp between each reference point
各計測点間の中心咬合位-下顎安静位間距離 (Co-Rp) の平均値の差の検定 (最小有意差法)

S							V						
a	G						G						
	M 6	*					M 6	*					
	M 3	**	*				M 3	**	NS				
	Me 1	**	**	NS			Me 1	**	*	NS			
	Me 2	**	**	NS	NS		Me 2	**	NS	NS	NS		
	Me 3	**	NS	NS	NS	*	Me 3	**	NS	NS	NS	NS	
	G	M 6	M 3	Me 1	Me 2	Me 3	G	M 6	M 3	Me 1	Me 2	Me 3	
b	G						G						
	M 6	*					M 6	*					
	M 3	**	NS				M 3	**	NS				
	Me 1	**	*	NS			Me 1	**	*	NS			
	Me 2	**	NS	NS	NS		Me 2	**	NS	NS	NS		
	Me 3	**	NS	NS	NS	NS	Me 3	**	NS	NS	NS	NS	
	G	M 6	M 3	Me 1	Me 2	Me 3	G	M 6	M 3	Me 1	Me 2	Me 3	

a : marker points on the facial skin, b : virtual points on the mandible, ** : Statistically significant difference ($p < 0.01$), * : Statistically significant difference ($p < 0.05$), NS : no statistically significant difference, G : gonion, M 6 : submandible below lower first molar, M 3 : submandible below lower canine, Me 1 : menton (anterior), Me 2 : menton (center), Me 3 : menton (posterior)

a : 皮膚上標点, b : 下顎骨上仮想点, ** : 1% で有意差あり ($p < 0.01$), * : 5% で有意差あり ($p < 0.05$), NS : 有意差なし, G : 顎角, M 6 : 第一大臼歯の下方の顎下部, M 3 : 犬歯の下方の顎下部, Me 1 : オトガイ (前方部), Me 2 : オトガイ (中央部), Me 3 : オトガイ (後方部)

図 9 Comparison of the Co-Rp distance between marker points on the facial skin (S) and virtual points on the mandible (V)

* : Statistically significant difference ($p < 0.05$), NS : no statistically significant difference

顔面皮膚上標点 (S) と下顎骨上仮想点 (V) の Co-Rp 間距離の比較

* : 有意差あり ($p < 0.05$), NS : 有意差なし

図 10 The difference in the Co-Rp distance between marker points on the facial skin and virtual points on the mandible

Co-Rp 間距離の顔面皮膚上標点と下顎骨上仮想点の差

距離の皮膚上標点と下顎骨上仮想点の検定結果であるが、図 8 と同様に Me 2 以外のすべてで有意差が認められた。

表 5, 図 10 には皮膚上標点と下顎骨上仮想点の差

表 5 Difference in Co-Rp (mm) between marker points on the facial skin (S) and virtual points on the mandible (V)
皮膚上標点 (S) と下顎骨上仮想点 (V) の中心咬合位-下顎安静位間距離 (Co-Rp) (mm) の差

	G	M 6	M 3	Me 3	Me 2	Me 1
S	0.77	1.01	1.21	1.18	1.37	1.34
V	0.98	1.21	1.37	1.28	1.38	1.47
difference of distance	0.21	0.21	0.16	0.09	0.01	0.13

G : gonion, M 6 : submandible below lower first molar, M 3 : submandible below lower canine, Me 1 : menton (anterior), Me 2 : menton (center), Me 3 : menton (posterior)

G : 顎角, M 6 : 第一大臼歯の下方の下顎下部, M 3 : 犬歯の下方の下顎下部, Me 1 : オトガイ (前方部), Me 2 : オトガイ (中央部), Me 3 : オトガイ (後方部)

を示したが、Me 2 すなわちオトガイ正中中央で最も小さく、M 3 (犬歯部)、M 6 (大臼歯部)、G (顎角) と後方部位ほど大きかった。

IV. 考 察

われわれは、皮膚と歯列または下顎骨体の運動の関連性を知るため、顔面皮膚上標点と、それに対応する下顎骨上仮想点の運動経路、運動量の比較を行っている。その結果、限界運動時における下顎歯列とオトガイ部、顎下部皮膚上標点、下顎骨上仮想点の軌跡を比較すると、オトガイ正中部では両者はほぼ一致しているが、より遠心の部位ほど皮膚上標点と下顎骨上仮想点の運動量の差が大きく、特に、骨よりも皮膚の運動量が少ないことを報告した¹²⁻¹⁵⁾。また、顎角部に近いほど運動範囲が狭いことが観察されたが、これは軟組織表面と骨の移動量が異なることを表している¹²⁻¹⁵⁾。しかし、このような広範囲の下顎運動でみられる皮膚と骨の動きのギャップは、より小範囲に限定した下顎運動ではどの程度生じるか、また、運動の種類や部位による差を知ることが重要であると思われる。

1. 方法について

1) 標点およびマーカフレーム

本研究のシステムの標点は約 0.1 g ときわめて軽量で、コードレスである。これをコールドスポットにより照明すると円形の光点として記録できる (図 1)。

剛体の任意点の移動位置座標を仮想点として計算す

るためのマーカーフレームとして、チタンワイヤーのフレーム上に3個の標点を立体的に配置したが、本研究ではこれをクラッチにて下顎歯列に付着した(図1)。この下顎マーカーフレームは約0.3gと小型、軽量で十分な強度をもっている。

仮想点指示用ポインターとしてチタン棒上に2個の標点を50mm間隔で設置した。ポインターは、先端から標点まで10mmと50mmの2種類を作製したが、10mmのものは皮膚上の計測点や平均顎頭点など計測部位を直接指示できる場合、また50mmでは口腔内の臼歯など遠隔の部位を指示することを想定した(図1)。このようにして、既知の位置関係の2個の標点から、その延長線上の任意の距離の座標を設定し、下顎マーカーフレームとポインターの相対的位置関係から算出することにより、その計測点の仮想の運動経路を解析できる。このようにして設定した仮想点と標点の座標データを、独自に開発した任意点挿入プログラム(nac社)によって合成して比較できる。このほか、リファレンスポイントとして4個の標点を固定した上顎マーカーフレームを装着することによって、基準平面の設定および頭部の変位補正が可能である。しかし、本研究では皮膚上標点とそれに対応する下顎骨上仮想点のCo-Rp距離の差を求めるので、基準平面の設定および変位補正は行っていない。

2) 計測部位

一般に、下顎運動の計測のためには、標点を下顎に固定するため2種類の方法が行われている。マウントを介して歯に固定するか、オトガイの皮膚上かである。後者の場合には、付随的な軟組織の運動によって標点が下顎とは異なる方向に変位し、計測の信頼性に影響する恐れがある。特に咀嚼運動では、下顎の動きとは異なる口唇、頬の動作の影響が少ない部位を計測点としなければならない。一方、歯列固定式の標点は、下顎の運動をより確実に再現できる。しかし、歯列に固定したマウントが自然な咀嚼動作を妨害するかもしれない。これに関してJemtら^{6,8,9)}、Häggman-Henriksonら¹¹⁾は、下顎前歯とオトガイ皮膚上に設けた発光ダイオードの標点で咀嚼運動中の比較を行っている。

しかし、これらの報告では、離れた部位間での比較であり、また、被験者の前方2方向の記録から立体構築するため、オトガイ前面に標点を付着している。そ

のため、口唇の動作の影響も考えられる。すなわち、われわれの発音運動中の動作解析^{5,16-18)}において、下顎安静位と近いとされている[m]発音時に下顎の切歯点と口唇下縁は逆の運動方向すなわち、切歯点は下降し、口唇下縁は上昇することを観察している。また、無歯顎者を想定した場合、唇側前庭の底部より上方では床による影響が大きい。さらに骨吸収が大きな症例ではオトガイ上方の皮膚は変位する。そこで、本研究では、口唇、頬の運動の影響がより少ないと思われる下顎下面に標点を設けた。すなわち、皮膚上の計測部位として、日常臨床での咬合高径の基準点として多く使われているオトガイ前面下方正中部のオトガイ点(Me1)、オトガイ下面前方で触診できる骨の前縁付近(Me2)、その正中後方約10mm(Me3)、および犬歯(M3)、第一大臼歯(M6)の下方、左右顎角(G)の下顎下縁に標点を貼付した。これらの部位は従来の方法では同時解析が困難と思われるが、本計測システムでは、6台のカメラのうち下方からの視野でとらえることができる。

さらに、図5のように、中心咬合位で静止時の皮膚上の標点をポインターを用いて順に指示して、下顎マーカーフレームの移動と連動する下顎骨上仮想点、すなわち、下顎骨と一致した運動を表すものとした。したがって、これらは、歯列の運動とほぼ一致し、Co-Rp距離は、各部位での安静空隙量に相当すると思われる。

なお、本システムでは同様に下顎中切歯から大臼歯の各咬頭を順に指示して記録することによって、後にこれらの座標データと下顎マーカーフレームの位置関係から算出して仮想点を設定すれば、下顎歯列そのものの運動も解析できる。しかし、本報では、骨と皮膚上標点の動態の差を検討することが主眼であるため、中心咬合位での皮膚上標点とそれに対応する位置が下顎骨と一致して運動したと仮定したとき(下顎骨上仮想点)との比較を行った。

2. 結果について

中心咬合位と下顎安静位間での距離(Co-Rp距離)の差の分散分析結果(表2)では、部位間、皮膚上標点と下顎骨上仮想点間および被験者間で有意性が認められた($p<0.01$)。また、皮膚上標点の平均値(図7)では、後方部位すなわち顎下部(G)、大臼歯部

(M 6) より前方すなわち犬歯 (M 3), オトガイ部 (Me 1, 2, 3) のほうが距離が大きく, また, 側方部よりも正中部 (Me) のほうが大きい傾向がある。下顎骨上仮想点でも傾向は皮膚上標点と同様であるが, 全体的に皮膚上標点よりも移動距離が大きく, Me 2 以外のすべてで皮膚上標点に対して有意差 ($p < 0.05$) がみられた (図 8)。これは, 皮膚軟組織内の骨の移動量が部位によって異なることを示している。

G, M 3, M 6 では左右差がないため, 左右の平均値として部位間の比較をすると, 表 4-a, b のように下顎骨上の前方部 (犬歯部, オトガイ部) では Co-Rp 距離に部位による差は認められない。すなわち皮膚上, 下顎骨上それぞれの安静空隙量そのものには有意差はない。

各部位の皮膚上標点と下顎骨上仮想点の移動量の差についてみると, 表 5, 図 9 のように Me 2 以外では骨上のほうが有意に大きい。特に, 図 10 に示すように皮膚上標点と下顎骨上仮想点の移動距離の差は, Me 2 すなわちオトガイ下面前方部で触診できる骨の前縁付近で最も小さく, 正中部でも Me 1, Me 3 はこれより大きい。さらに犬歯部, 大臼歯部, 顎角と後方部ほど大きい。このように, 中心咬合位から安静位という小範囲の運動であっても Me 2 以外では, 皮膚と骨の動きのギャップがあることが認められた。

以上のことから, 中心咬合位から下顎安静位に下顎骨と皮膚上標点が最も一致して移動する部位は, オトガイ下面前方部 (Me 2) であることが示唆された。したがって, 下顎安静位法によって下顎位を設定する場合には同部位付近, すなわちオトガイ下面前方を計測点とすることが妥当であると思われる。このように, 本研究の結果は, 臨床において行われている方法のうちで, バイトゲージなどを用いてオトガイ下面前方を計測点とする方法を支持するものである。また, それぞれの部位での骨と皮膚の運動の差を考慮に入れて観察すれば, 顔面の運動から下顎骨の動きを推測することも可能であることが示唆される。

V. 結 論

健康有歯顎者 10 名について中心咬合位時と下顎安静位時における皮膚上標点と下顎骨上仮想点との距離

の一致度から下顎骨の動きと一致する皮膚上標点の探索を行った。顔面皮膚上の計測部位は, オトガイ前面下方正中部のオトガイ点 (Me 1) とオトガイ下面で触診できる骨の前縁付近 (Me 2), その正中後方約 10 mm (Me 3), 左右顎角 (G), 左右第一大臼歯と犬歯部の垂直下方の下顎下縁皮膚上 (M 6, M 3) である。

1. 中心咬合位と下顎安静位間での距離 (Co-Rp 距離) には, 部位間, 皮膚上標点と下顎骨上仮想点間および被験者間で有意差が認められた ($p < 0.01$)。

2. 皮膚上標点の Co-Rp 距離の平均値は, 後方部位すなわち G, M 6 より前方すなわち M 3, Me 1, 2, 3 のほうが大きく, 側方部よりも正中部のほうが大きい。下顎骨上仮想点でも傾向は皮膚上標点と同様であるが, 皮膚上標点よりも移動距離が大きく, Me 2 以外のすべてで皮膚上標点に対して有意差 ($p < 0.05$) がみられた。

3. 各部位の皮膚上標点と下顎骨上仮想点の Co-Rp 距離の差は, Me 2 以外では骨上のほうが有意に大きい。その量は, Me 2 で最も小さく, M 3, M 6, G と後方部ほど大きい。

4. 以上のことから, 中心咬合位から下顎安静位へ下顎骨と皮膚上標点が最も一致して移動する部位は, Me 2 であることが示唆された。したがって, 下顎安静位法によって下顎位を設定する場合には同部位付近を計測点とすることが妥当であると思われる。

稿を終えるにあたり, 本研究にご協力くださいました被験者諸氏ならびに種々のご援助ご協力をいただきました本学第二歯科補綴学教室の諸先生方に謹んで感謝の意を表します。

本研究の要旨は, 第 101 回日本補綴歯科学会学術大会 (平成 11 年 5 月 21, 22 日, 福岡) において発表した。

文 献

- 1) 張 仁彦, 山縣健佑, 麻生克之ほか. 3 次元多点動作解析システム (Vicon 370) による口腔運動の計測 その 1. 調音運動. 補綴誌 39・93 回特別号: 110, 1995.
- 2) 麻生克之, 山縣健佑, 張 仁彦ほか. 3 次元多点動作解析システム (Vicon 370) による口腔運動の計測 その 2. 咀嚼運動. 補綴誌 39・93 回特別号: 111, 1995.
- 3) 張 仁彦, 山縣健佑, 麻生克之ほか. 多点動作 3 次元解析システムによる口腔運動の計測. 補綴誌 39・94 回特別号: 44, 1995.
- 4) 張 仁彦, 山縣健佑, 下平 修ほか. 咀嚼時の口腔・顔面運動経路の 3 次元解析: 健康有歯顎者について. 昭歯誌 17: 136-153, 1997.
- 5) 山縣徹哉, 山縣健佑, 河野勇治. モーション・キャプチャー

- による調音運動の3次元解析：健常有歯顎者について。補綴誌 43：54-66, 1999.
- 6) Jemt T, Hedegård B. The relative movements of the chin and mandible during chewing. J Oral Rehabil 9：253-258, 1982.
- 7) Ingervall B. Activity of temporal and lip muscles during swallowing and chewing. J Oral Rehabil 5：329-337, 1978.
- 8) Jemt T, Karlsson S, Hedegård B. The mandibular movement of young adults, recorded by intraorally placed light-emitting diodes. J Prosthet Dent 42：669, 1979.
- 9) Jemt T, Karlsson S. Computer-analyse movements in three dimensions recorded by light-emitting diodes. J Oral Rehabil 9：317-326, 1982.
- 10) Karlsson S. Recording of mandibular movements by intraorally placed light-emitting diodes. Acta Odontol Scand 18：111-117, 1976.
- 11) Häggman-Henrikson B, Eriksson P-O, Nordh E et al. Evaluation of skin versus teeth-attached markers in wireless optoelectronic recordings of chewing movements in man. J Oral Rehabil 25：527-534, 1998.
- 12) 下平 修, 山縣健佑, 河野勇治ほか. モーション・キャプチャーによる顔面および下顎骨上仮想点の運動経路の3次元解析. 補綴誌 42・99 回特別号：76, 1998.
- 13) 下平 修, 山縣健佑, 河野勇治ほか. 顔面と下顎骨上仮想点の咀嚼・発音時の運動経路の解析. 補綴誌 42・100 回特別号：148, 1998.
- 14) 河野勇治, 山縣健佑, 下平 修ほか. 顔面および下顎骨上仮想点の運動経路の解析—システムの精度と臨床応用例—. 補綴誌 43：1056-1066, 1999.
- 15) 河野勇治, 山縣健佑, 下平 修ほか. 顔面上標点と下顎骨上仮想点の運動解析—中心咬合位と安静位の比較—. 補綴誌 43・101 回特別号：75, 1999.
- 16) 澤田 久, 山縣健佑, 張 仁彦ほか. 無歯顎者の発音時の口腔運動経路の3次元解析. 昭歯誌 16：125-151, 1996.
- 17) 古川 周, 山縣健佑, 金 修澤ほか. 調音時の切歯点および顔面の運動経路の解析. 昭歯誌 12：147-163, 1992.
- 18) 中出智也, 山縣健佑, 北川 昇ほか. 文章発音中の顔面および下顎運動の解析. 昭歯誌 15：59-75, 1995.
-
- 著者連絡先：関谷 俊治
〒145-8515 東京都大田区北千束 2-1-1
TEL：03-3787-1151 (内線 236)