

Twin block applianceによる顎運動時の 顎顔面軟組織の動態解析

大植 一樹 竜 立雄¹⁾ 氷室利彦¹⁾

Kinetic Analysis of Facial Soft Tissue with Use of a Twin Block Appliance during Mandibular Movement

Kazuki OUE, Tatsuo RYU¹⁾ and Toshihiko HIMURO¹⁾

The purpose of the present study was to elucidate the kinetics of facial soft tissue affected by use of a twin block appliance (TBA) to determine the optimum amount of construction bite. The subjects were 10 adult males with Class II division 1 malocclusion (Class II group) and 10 adult males with Class I malocclusion (Class I group). Individual TBAs were prepared by registering the construction bite vertically after being raised by 2 mm at the incisors. The mandible was advanced stepwise to 4 protruding positions of 0, 2, 4, and 6 mm, and the 3-dimensional positions of 18 markers whose coordinates were converted from 3 forehead points were determined in the directions of the x, y, and z axes using an optical motion capture system. As for the task, tapping at 2 Hz was performed. The movement distance of the upper lip in the transverse direction was significantly less in the Class II group without a TBA than in the Class I group without a TBA. Further, that of the upper lip in the transverse and vertical direction was significantly greater in the Class II group at the 4mm protruding position than in the Class II group without a TBA. Our results indicate that an optimum construction bite by the mandible was obtained at the 4mm protruding position.

key words : kinetic analysis, facial soft tissue, twin block appliance, mandibular movement

緒 言

Ⅱ級1類不正咬合の治療に用いられる機能的矯正装置のTwin block appliance¹⁾は、上下顎2つにプレートが分割されており、会話や食事において舌、口唇、下顎の運動が機能的に正常に近い状

態で使用することが可能である。この機能的な作用は、下顎の成長反応を最大限に引き出し²⁾、前後の顎間関係の改善³⁾、側貌軟組織の改善^{4,5)}という良好な治療結果を生み出している。

Twin block applianceにおける前後的な構成咬合量については、中心咬合位と最大前方位との前

奥羽大学大学院歯学研究科
口腔機能学領域顎顔面口腔矯正学専攻
奥羽大学歯学部成長発育歯学講座歯科矯正学分野¹⁾
(指導：氷室利彦教授)

Department of Orthodontics and Dentofacial
Orthopedics, Ohu University, Graduate School of
Dentistry
Division of Orthodontics and Dentofacial
Orthopedics, Department of Oral Growth and
Development, Ohu University School of Dentistry¹⁾
(Director : Prof. Toshihiko HIMURO)

後的距離の70%を越えず、切端位を超えない最大10mmまでとし、それ以上の場合は2段階で行う方法⁶⁾や、下顎を一度に大きく前進させるsingle step前進法と一回2mmの前進を段階的に増加させていくstepwise前進法の効果について比較検討^{7,8)}がなされている。

モーションキャプチャーシステムは、顔面上に多部位の計測点を設定し、顔面軟組織上の動態解析が可能である⁹⁾。これまで顔面の動態解析によって、適切な構成咬合量を検討した報告はみられない。そこで本研究では、Twin block applianceによる顎運動時の最適な構成咬合量を明らかにすることを目的に、モーションキャプチャーシステムによって顔面軟組織の動態を検討した。

対象および方法

1. 対象

被験者には、Ⅱ級1類不正咬合の成人男性10名（平均年齢25歳5か月、最小20歳10か月—最大29歳0か月）およびⅠ級不正咬合の成人男性10名（平均年齢22歳8か月、最小24歳2か月—最大37歳10か月）の合計20名を選択した。被験者の選択にあたっては、歯列弓形態が左右対称で上下顎正中線の偏位は2mm以内、第三大臼歯を除いて欠損歯が認められない、早期接触や二態咬合が認められない、顎関節症状の既往がない、矯正歯科治療の経験がないもののうち、Ⅰ級不正咬合者およびⅡ級不正咬合者において以下の条件を満たすものとした。

1) Ⅰ級不正咬合者

- (1) 臼歯部が左右側ともAngle Class I
- (2) Arch length discrepancyが³⁾-4 ~ 0mm
- (3) オーバーバイトおよびオーバージェットが正常範囲のもの

2) Ⅱ級1類不正咬合者

- (1) 臼歯部が左右側ともAngle Class II
- (2) Arch length discrepancyが³⁾-4 ~ 0mm
- (3) オーバーバイト+4mm以上
オーバージェット+4mm以上
- (4) 構成咬合が採得可能

なお、本研究のデータ採取は、本学倫理委員会の承認の後、被験者より同意を得て行われた。

2. 計測システム

1) 光学式モーションキャプチャーシステム

顔面軟組織の微細な動きを追尾することが可能な光学式モーションキャプチャーシステムVICON MX(VICON社, OXFORD, UK)を用い、運動解析ルームの床中央に設置した椅子に被験者を座位で自然頭位をとらせ、撮影中に視点をできるだけ固定するよう指示した(図1)。本計測システムは、身体動作解析、コンピューターグラフィックスに多く利用されており、顎顔面軟組織上で多数の計測点の同期解析が可能となっている。また被験者頭部を拘束する必要がなく、非接触で軟組織上のマーカの動きをとらえることができる⁹⁾。

撮影には、12台のハイスピードカメラMX40(VICON社, OXFORD, UK)を用いた。4台は可動式、8台は固定式である。4台のカメラの設置部位は運動解析ルームの床中央に対し、左から①前方110cm、左方280cm、②前方250cm、左方180cm、③前方280cm、右方110cm、④前方110cm、右方280cmとし、高さは左から①100cm、②70cm、③70cm、④100cmとした。Sampling rate 160Hzで記録した。

各カメラの位置と計測空間の座標系を決定するために一定距離を設定した立方格子状のキャリブレーションフレームを運動解析ルームの床中央に設置し、各cameraから撮影したstatic calibrationを行うことで、運動解析ルームの床中央が計測空間の原点に設定される。基準軸は右方向を正としたx軸、前方向を正としたy軸、上方向を正としたz軸で表される。計測空間は、顔面軟組織に限定されているため、その空間をあらかじめ距離が設定されたフレームによりdynamic calibrationを行った。

軟組織上の動きをとらえる反射マーカは、球体に比較して接着が良好な直径3mmの半球体(VICON社, OXFORD, UK)を用いた。

2) 精度試験

デジタルノギス(Mitutoyo社, 東京, 日本, 最小表示量0.01mm, 器差±0.02mm)上に直径3mmの2つの半球マーカを付着した。運動解析ルームの左右方向(x軸)、前後方向(y軸)、上下方向(z軸)へ0mmから150mmまで2つのマー

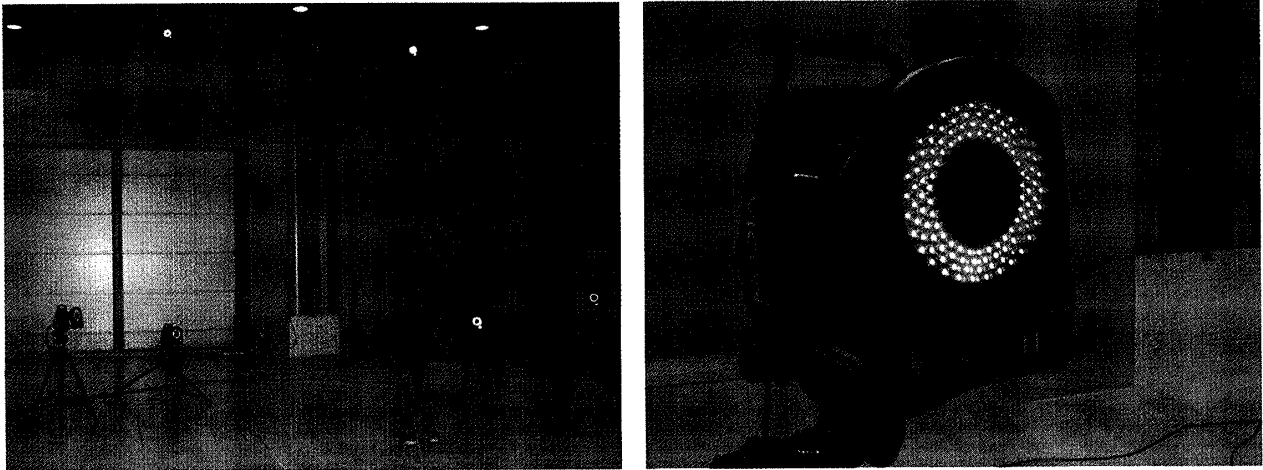


図1 光学式モーションキャプチャーシステム
VICON MX (OXFORD METRICS社, OXFORD, UK)

表1 精度試験の結果

	x軸(左右方向)	y軸(前後方向)	z軸(上下方向)
実測値との差の平均	0.276±0.182	0.388±0.134	0.290±0.211
標準誤差	0.008	0.006	0.009

(mm)

カー間距離を50mmずつ移動させた実測値(真値)と、モーションキャプチャーシステムによる計測値(sampling rate 160Hz, 2秒間測定)を求めた。実測値(真値)と計測値の差の平均は+0.276~+0.388, 標準誤差+0.006~+0.009と高い精度を有していた(表1)。

3. 測定部位および座標系の設定

測定部位は, Martin¹⁰⁾の身体計測点を参考にし, ①②左右前頭結節, ③メトピオンとグラベラの中点, ④グラベラ, ⑤⑥左右眼窩点, ⑦鼻尖点, ⑧鼻下点, ⑨⑩左右鼻翼点, ⑪上唇点, ⑫⑬左右鼻翼点と口角結節点の中点, ⑭⑮左右口角結節点, ⑯下唇点, ⑰⑱左右口角下部位, ⑲軟組織ポゴニオン, ⑳㉑左右下顎角部に設定した(図2)。半球反射マーカを両面接着テープにて付着した。

座標系はカメラによる座標系の床中央を原点としたx軸, y軸, z軸上の各マーカ的位置を記録した後, ①②左右前頭結節2点をとるx軸(右方向を正), x軸に垂直で③メトピオンとグラベラの中点を通過するz軸(上方向を正), x軸とz軸の交差する点をとおり, x軸とz軸に垂直のy軸(前

方向を正)となる座標変換を行い, 顔面軟組織の④グラベラから下方の18点の三次元的な位置を時系列データ(sampling rate 160Hz)として表現した(図6)。

4. 構成咬合の設定およびTwin block applianceの作製

上下顎歯列の印象採得を行い, Pro-Jet Bite Jigs (Great Lakes社, N. Y., USA, 咬合挙上量2mm)を介し採得したバイトを用いて, 作業用模型を構成咬合器(FKO スプリットポストフィックスゼーター, Dentauram社, Ispringen, Germany)にマウントした。上下顎にベースプレートをそれぞれ製作し, オクルーザルバイトブロックを付与した。オクルーザルバイトブロックの小臼歯部に付与する斜面の角度は, 70°に設定した。上顎のオクルーザルバイトブロックには長さ10mmのスクリューを咬合平面に平行となるよう埋入し, 下顎前進量を正確に調整した(図3)。スクリューの移動量は, デジタルノギスを用いた。

5. 被験者へのタスク

タスクの設定はⅡ級不正咬合者(以下Ⅱ級群)

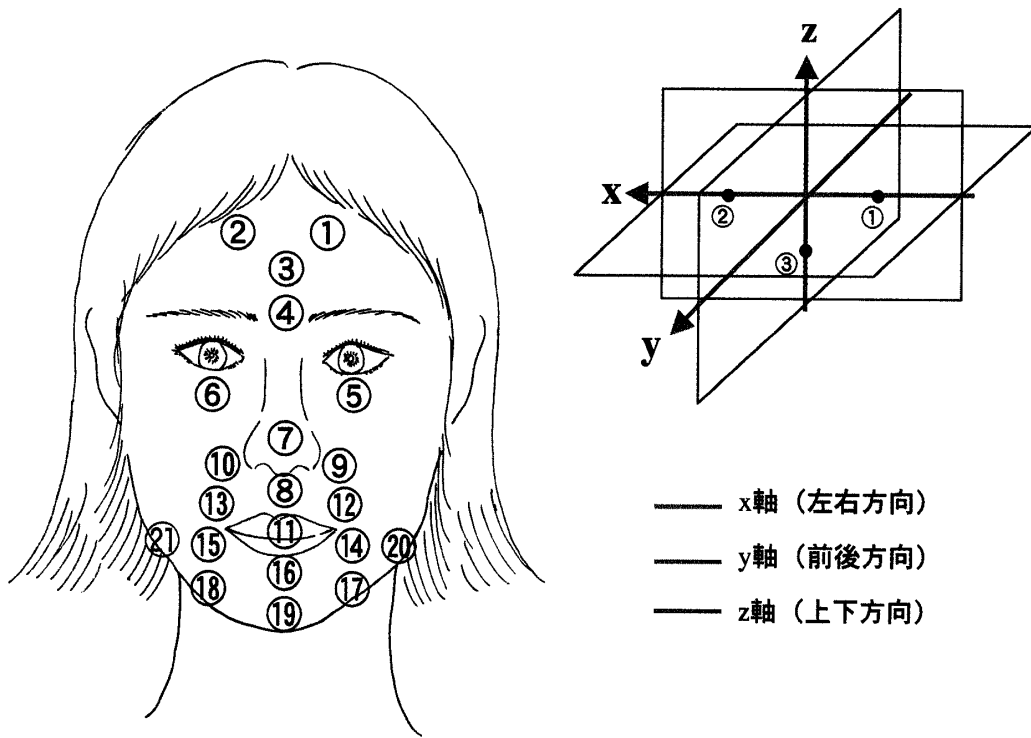


図2 測定部位および座標系の設定

①②左右前頭結節, ③メトピオンとグラベラの中点, ④グラベラ, ⑤⑥左右眼窩点, ⑦鼻尖点, ⑧鼻下点, ⑨⑩左右鼻翼点, ⑪上唇点, ⑫⑬左右鼻翼点と口角結節の中点, ⑭⑮左右口角結節点, ⑯下唇点, ⑰⑱左右口角下部, ⑲軟組織ポゴニオン, ⑳㉑左右下顎角部

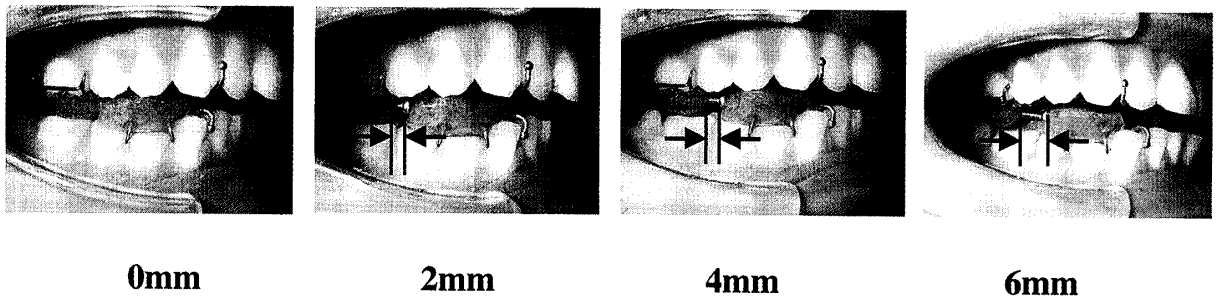


図3 下顎前進移動量の設定

上顎臼歯部ブロックに下顎前進移動用のスクリューが組み入れられている。

のTwin block applianceの未装着時（以下未装着群）と装着時（以下装着群），I級不正咬合（以下I級群）では未装着時で10秒間2Hzタッピング運動を行わせ，再び20秒間安静にさせ，これを3回繰り返した。II級装着群は，下顎に対し垂直的に2mm，前後的に前方0mm，2mm，4mm，6mmの各条件でタッピング運動を行った（図4）。

タッピング2Hzのリズムは，電子メトロノーム（ME-300，YAMAHA社，東京，日本）によっ

て発生させた。

6. データ解析

顎顔面軟組織上の各測定部位の三次元的座標データは，データステーションに収集された（図5）。次にワークステーション上で21点のマーカーにラベリングを行い，各マーカーの三次元的位置を再現した。データ解析はソフトウェア（Workstation，VICON社，OXFORD，UK），およびパーソナルコンピュータ（Precision370，DELL社，

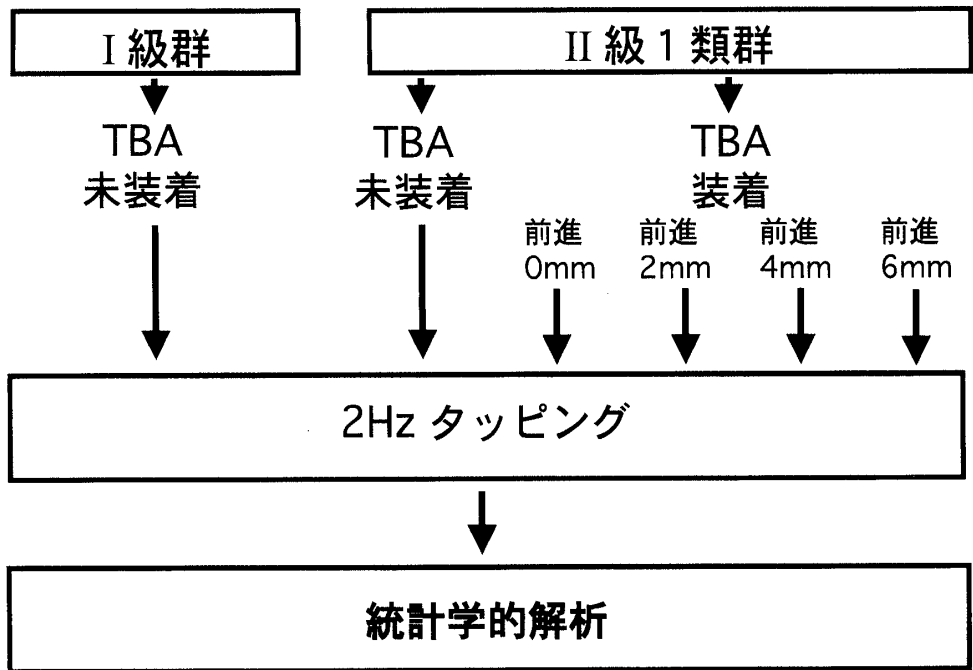


図4 タスクの設定

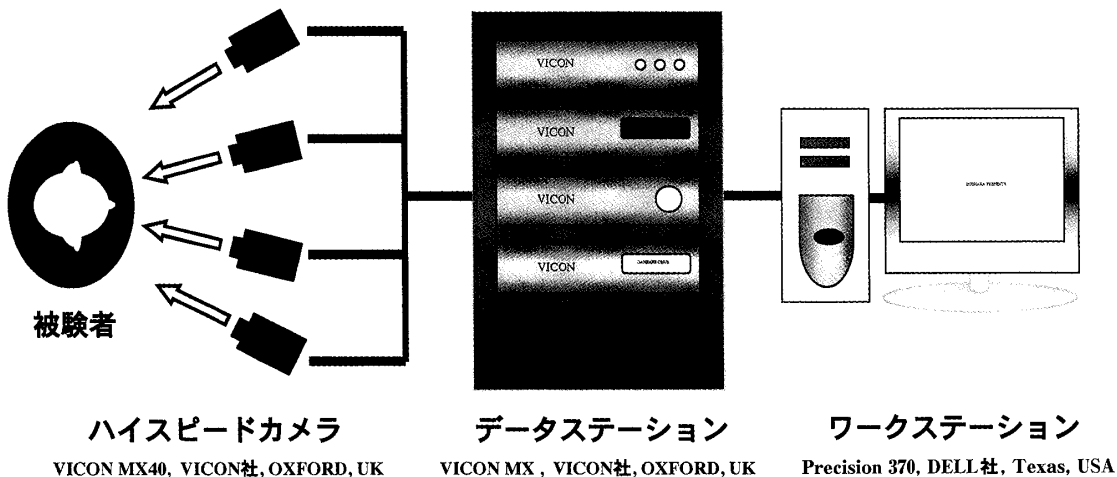


図5 システム構成図

Texas, USA) を使用した。

タッピング運動が安定する480frame付近から1280frame付近までの10回タッピング運動における最大値, 最小値を記録し, 各測定部位のマーカについてx軸, y軸, z軸方向の平均移動距離を算出したタッピングタスクとデータ採取の一例を示した(図6)。

7. 統計学的分析

I級未装着群とII級未装着時の比較では, Mann-Whitney U-testを, II級未装着群を

controlとしII級装着群0mm, 2mm, 4mm, 6mm移動時の2群間の比較でDunnett's testを行った。

II級群のオーバージェットと顔面18か所の計測部位のx軸, y軸, z軸方向における平均移動距離との間で回帰分析を行った。統計学的解析には, ソフトウェア (SPSS 14.0J, SPSS社, Tokyo, JAPAN) およびパーソナルコンピュータ (Vectra VE, Hewlett Packard社, California, USA) を使用した。

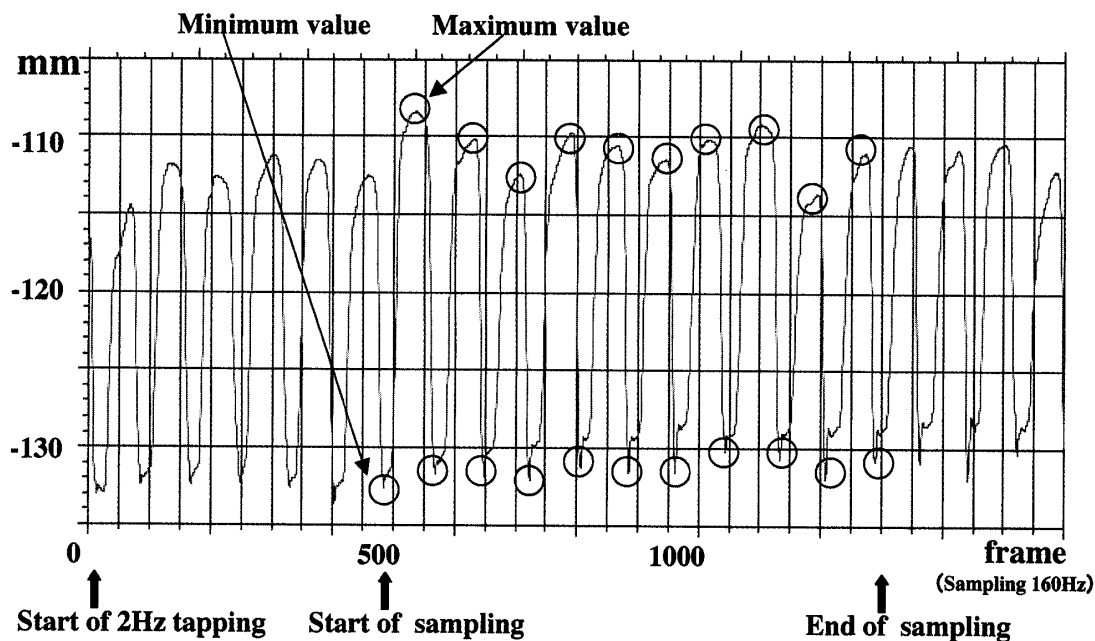


図6 タッピングタスクとデータ採取

Z軸方向における軟組織ポゴニオンの動きの一例：タッピング運動が安定する480frame（3秒後）付近から800frame（5秒後）を用い、その間の20の最大値と最小値の差から、距離の平均値を求めた。

結 果

1. 未装着時の顔面軟組織移動量

未装着時におけるⅡ級群の左右方向の移動量は、未装着時のⅠ級群と比較して左眼窩点、右眼窩点、鼻尖点、鼻下点、上唇点、右口角結節点、左口角結節点、右口角下部点、左下顎角部、右下顎角部において統計学的に有意に小さかった(表2、図7)。

Ⅱ級群の前後方向の移動量は、Ⅰ級群と比較して右眼窩点、右鼻翼点で統計学的に有意に小さかった。上下方向を含むその他の部位に統計学的に有意な差は認められなかった。

2. 下顎前進移動時の顔面軟組織平均移動量

Ⅱ級未装着群とⅡ級装着群を比較すると、4mm移動時の右眼窩点における左右方向で統計学的に有意にⅡ級装着群の移動量が大きかった。前後方向では、6mm移動時の右眼窩点および鼻尖点、鼻下点、右鼻翼点において統計学的に有意に移動量の大きいことを示した。

上唇点では4mm移動時に、前後方向および上下方向の移動量が統計学的に有意に大きいことを示した。左口角結節点は、4mm移動時および6

mm移動時左右方向で統計学的に有意に移動量が小さかった。右口角結節点は、前後方向において0mm移動時および2mm移動時、6mm移動時で統計学的に有意に移動量が小さかった。左口角下部では、左右方向において2mm移動時および4mm移動時において統計学的に有意に移動量が小さく、前後方向における2mm移動時において統計学的に有意に移動量が小さかった。その他の部位に統計学的に有意な差は認められなかった(表3、図8)。

3. オーバージェットと顔面18か所の計測部位における平均移動距離の回帰分析を行った結果、下顎4mm前進時に上唇点において相関係数 $r = -0.656$ ($p = 0.039$)で負の相関が認められた(図9)。

考 察

Ⅱ級1類不正咬合におけるオーバージェットやオーバークロウの増加は、口唇閉鎖を困難にし、咀嚼、嚥下、呼吸、発音の生理的機能を発揮する際に口腔周囲筋の代償性機能を生じさせ、上下顎前歯間に習慣的に入り込む下唇や、口輪筋の機能低下による無力性の上唇、また下唇、オトガイ部

表2 装置未装着時のI級群とII級群の比較

(Mann-Whitney U-test)

測定部位	軸方向	I 級 群			II 級 群			有意水準
		中央値	4分位範囲	平均値	中央値	4分位範囲	平均値	
左 眼 下 点	x	0.298	0.178	0.328	0.154	0.125	0.177	**
右 眼 下 点	x	0.342	0.292	0.375	0.154	0.123	0.164	**
	y	0.638	0.591	0.714	0.316	0.311	0.322	**
鼻 尖 点	x	0.467	0.391	0.567	0.269	0.190	0.305	*
鼻 下 点	x	0.672	0.350	0.690	0.301	0.213	0.295	**
右 鼻 翼 点	y	0.771	0.596	0.880	0.431	0.264	0.374	**
上 唇 点	x	0.677	0.605	0.868	0.273	0.241	0.324	**
左口角結節点	x	2.437	1.499	2.702	2.037	1.049	2.200	*
右口角結節点	x	2.074	1.907	2.383	1.146	1.070	1.511	*
右口角下部点	x	1.318	1.744	2.201	0.485	0.553	0.752	*
左下顎角部	x	1.182	0.691	1.195	0.729	0.371	0.676	*
右下顎角部	x	1.485	1.152	1.509	0.341	0.510	0.456	**

*P<0.05, **P<0.01

表3 下顎の段階的移動時の比較

(Dunnett's test)

測定部位	軸方向	未装着 (Control)	0mm	2mm	4mm	6mm
		平均±SD	平均±SD	平均±SD	平均±SD	平均±SD
右 眼 下 点	x	0.164±0.067	0.180±0.055	0.189±0.073	0.413±0.269*	0.280±0.117
	y	0.322±0.184	0.501±0.376	0.606±0.416	0.741±0.371	0.903±0.801*
鼻 尖 点	y	0.327±0.227	0.534±0.451	0.626±0.520	0.584±0.394	1.092±1.005*
鼻 下 点	y	0.514±0.283	0.541±0.437	0.772±0.516	0.741±0.361	1.186±0.956*
右 鼻 翼 点	y	0.373±0.139	0.560±0.482	0.690±0.517	0.646±0.402	1.091±1.094*
上 唇 点	y	0.474±0.244	0.621±0.419	0.796±0.473	1.329±0.690*	1.110±1.008
	z	0.506±0.505	0.680±0.504	0.696±0.581	1.121±0.313*	0.684±0.720
左口角結節点	x	2.200±0.591	1.827±0.615	1.652±0.470	1.498±0.612*	1.329±0.530**
右口角結節点	y	3.575±0.769	2.292±0.879*	2.223±0.869*	3.003±1.361	2.270±1.451*
左口角下部点	x	1.677±0.867	1.421±1.020	0.867±0.419*	0.870±0.576*	0.965±0.322
	y	5.800±1.994	3.702±1.882	3.292±1.538*	5.014±2.789	4.159±2.169

*P<0.05, **P<0.01

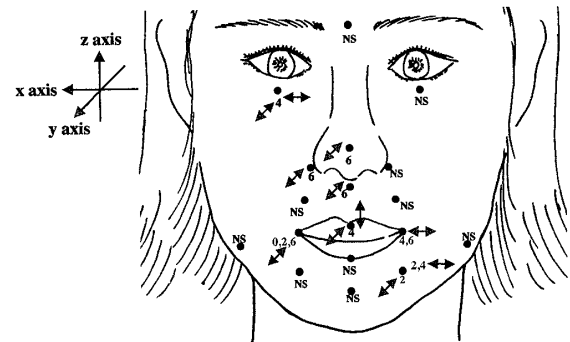
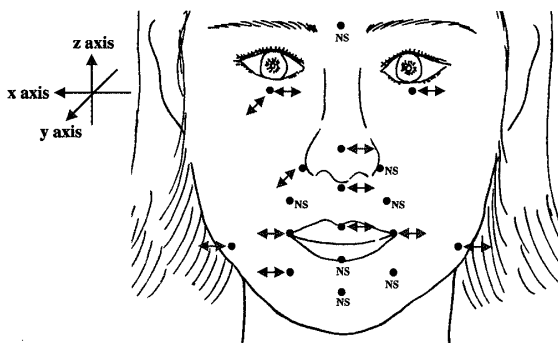


図7 装置未装着時のI級群とII級群比較

II級群の移動量が有意に小さい部位を矢印で示す。

↔：横断方向, ↗：前後方向

NS：Not Significant

図8 II級群の下顎段階的の前進移動時の比較

矢印：青は横断方向，赤は前後方向，緑は上下方向を示す。

0：0mm前方，2：2mm前方，4：4mm前方，6：6mm前方移動時，NS：Not Significant 黒数字：移動量が有意に大きい，赤数字：移動量が有意に小さい

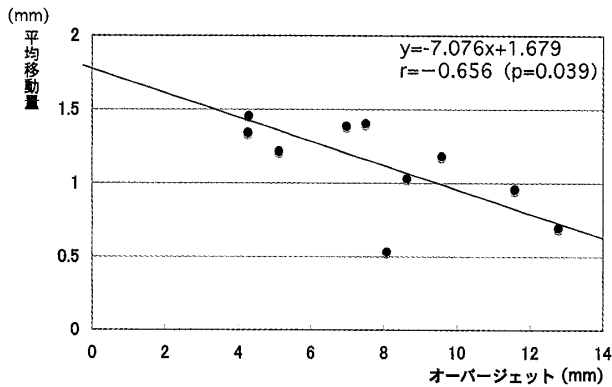


図9 II級群下顎4mm前進時におけるx軸方向の上唇部の平均移動量とII級未装着時オーバージェットの相関

の筋の過度な緊張を引き起こす。口腔周囲の筋機能については、上唇の口唇圧が弱い¹¹⁾、上唇の前後の運動距離が小さい¹²⁾、口唇閉鎖力と上顎前歯傾斜角との関連性¹³⁾、下顎前歯傾斜角と口輪筋活動との関連性¹⁴⁾が指摘されており、上唇を含めた口輪筋における非活動性が不正咬合発現の一つの要因である¹³⁾と考えられている。

坂口ら¹⁵⁾によれば、健常者の咀嚼時における上唇正中部の変化は主に上下方向の運動成分が大きく、側方成分が少ないと述べている。本研究のTwin block appliance未装着時のII級群とI級群を比較するとII級群は、鼻下点、上唇点で前後方向および上下方向で移動量に差がないものの、左右方向の移動量が有意に小さかった。これはII級群の上唇の機能低下を示しているものと考えられる。

II級群の未装着時と装着時を比較した結果では、下顎前進4mm移動時の鼻下点において前後方向への、上唇点において前後方向および上下方向への移動量が大きかった。このことは、タッピングという単純な運動にもかかわらず、Twin block applianceを介し、下顎を咬合挙上させ前進させることで前後方向および上下方向に上唇部口輪筋の活動性が向上し、上唇の運動機能が一時的に活性化され、改善したものと考えられる。

右口角結節点および右口角下部では、Twin block appliance未装着時のII級群は、I級群と比較して左右方向移動量が有意に小さかった。個性正常咬合者の口角結節部における運動は、前後成分よりも側方成分が大きく、口角を中心として放射状に配列する筋の走行が、口角付近の運動に

影響を与えている¹⁶⁾。本研究のII級群は、I級群と比較して、左右側の口角結節点および右側口角下部の3点で左右方向の動きが小さかったことから、II級群の口角結節点の左右方向への機能不全を示していると推察された。

下顎前進移動時の口角結節点では、右側で前後方向、左側で側方方向の運動量が減少した。これは、装置を介して咬合挙上し、下顎を前進させタッピングしたために、口輪筋の主体である頬筋および上唇挙筋、下唇下制筋、笑筋が伸長され、前後方向、側方方向の移動量が減少したものと考えられた。

下唇点および軟組織ポゴニオンでは、装置未装着のI級群とII級群の比較、II級群の下顎段階的前方移動時の比較を行った結果、有意な差は認められなかった。これはII級不正咬合者のタスクが口唇閉鎖を指示しない単純なタッピング運動であったことから、下顎を前進移動させても下唇やオトガイ部の筋の運動に影響を与えなかったものと推察される。

以上のことから、下顎を4mm前進させることでII級群の上唇部における機能を向上させる可能性が示唆された。Iwashita¹⁷⁾らは、口唇閉鎖不全群の上顎前歯にダミーを用い、実験的にオーバージェットを増減させても口唇の筋機能は回復しなかったと述べている。しかしながら下顎を前方移動することによりオーバージェットを減少させた本研究の方法とは異なるものである。中村ら¹⁸⁾は、健康な成人男性を対象にTwin block applianceを装着しタッピング運動したところ、2mm、4mm前進時に人中部の軟組織表面温度が上昇したと報告している。本研究では、上唇点において左右方向の移動量が小さいII級群は、下顎を4mm前進させることで上下方向および前後方向へ運動が増加したことから、下顎4mm前進時に上唇部において機能が亢進したと考えられる。

下顎前進4mm移動時における上唇点の上下方向平均移動距離とオーバージェットとの間で回帰分析を行った結果、負の相関 ($r = -0.656$) が認められ、オーバージェットが大きいほど上唇の上下方向の運動距離が小さいことを示していた。本研究のII級群のオーバージェットは、 $8.25 \pm 3.6\text{mm}$ で、下顎4mm前進はそのおよそ50%に相

当していた。構成咬合の活性量について、スクリーによる段階的前進が有効で¹⁹⁾、前進3mmと5～6mmを比較し効果に差がない²⁰⁾、最大前方運動量の70%を超えてはならない²¹⁾という報告があり、本研究の結果はこれらの数値に近似しているものと考えられる。したがって本研究で、下顎前進4mm時にⅡ級1類不正咬合者の上唇の運動量の増加がみられたことから、構成咬合量は下顎前進4mmが適切である可能性が示唆された。

結 論

Ⅱ級1類不正咬合の上唇の運動量は、Ⅰ級群と比較し左右方向で小さかったが、下顎4mm前進時に上下方向および前後方向で増加したことから、Twin block applianceの適用によって上唇の運動機能を回復する可能性が示唆された。

謝 辞

稿を終わるに臨み、本研究の遂行にご協力を頂きました歯科矯正学分野の教職員各位に厚く御礼申し上げます。

研究のデータ測定にご協力いただいた本学歯学部学生の被験者の方々に感謝いたします。

本研究の要旨の一部は、第65回日本矯正歯科学会大会(2006年9月 札幌)、第41回奥羽大学歯学会(2006年11月4日 郡山)、第83回Congress of the European Orthodontic Society(2007年6月20日 ベルリン、ドイツ)においてそれぞれ発表した。

文 献

- 1) Clark, W. J. : The twin block traction technique. *Eur J Orthod* 4 ; 129-138 1982.
- 2) Clark, W. J. : Introduction to Twin block. *Twin block functional therapy*. 2nd Ed ; 5-20 Mosby 2002.
- 3) 小川秀樹, 福井和徳, 氷室利彦 : ツインブロック装置を適用した混合歯列期のAngle Class II div. 1の1症例. *J Tohoku Orthod* 10 ; 31-37 2002.
- 4) Sidlauskas, A. : The effects of the Twin-block appliance treatment on the skeletal and dentoalveolar change in Class II Division 1 malocclusion. *Medicina* 41 ; 392-400 2005.
- 5) Quintão, C., Brunharo, V. P., Menezes, R. C. and Almeida, A. O. : Soft tissue facial profile changes following functional appliance therapy. *Eur J Orthod* 28 ; 35-41 2006.
- 6) Clark, W. J. : Treatment of class II division 1 malocclusion deep overbite. *Twin block functional therapy*. 2nd Ed ; 89-103 Mosby 2002.
- 7) Banks, P., Wright, J. and O'Brien, K. : Incremental versus maximum bite advancement during Twin-block therapy: A randomized controlled clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 126 ; 583-588 2004.
- 8) Daljit, S. G. and Robert, T. L. : Prospective clinical trial comparing the effects of conventional Twin-block and mini-block appliances : Part 1. Hard tissue changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 127 ; 465-472 2005.
- 9) 村岡史麻, 川野貴子, 中島昭彦 : 高速度カメラを用いた口唇の発語運動解析. *Orthod Waves-Jpn Ed* 65 ; 87-100 2006.
- 10) Martin, R. : *Lehrbuch der Anthropologie*, 3 Aufl. von Saller, K, Gustav Fisher Verlag. 316-321 Stuttgart 1957.
- 11) 眞下雅充 : 表情動作による下顔面軟組織の変動量と口唇圧変化について. —正常咬合者と第Ⅱ級1類不正咬合者との検討— *日大口腔科学誌* 19 ; 111-130 1993.
- 12) Weeden, J. C., Trotman, C. A. and Faraway, J. J. : Three dimensional analysis of facial movement in normal adults. Influence of sex and facial shape. *Angle Orthod* 71 ; 132-140 2001.
- 13) Jung, M-H., Yang, W-S. and Nahm, D-S. : Effects of upper lip closing force on craniofacial structures. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 123 ; 58-63 2003.
- 14) Yamaguchi, K. : Morphological differences in individuals with lip competence and incompetence based on electromyographic diagnosis. *J Oral Rehabil* 27 ; 893-901 2000.
- 15) 坂口 究, 川崎貴生 : 咀嚼時における口唇周囲軟組織の動きに関する空間的構造分析. —主成分分析の応用— *顎機能誌* 5 ; 101-114 1999.
- 16) 水口俊介 : 口腔機能時における顔表面の動き. *補綴誌* 30 ; 1359-1373 1986.
- 17) Iwahashi, F., Yamaguchi, K., Nokita, T., Kouno, R. et al. : Activity of the lips associated with simulated upper incisors position. *Orthod Waves* 63 ; 7-14 2004.
- 18) Nakamura, S., Himuro, T. and Fukui, K. : Changes in cranio-facial soft tissue surface temperature and brain activity during tapping with Twin block appliance. *Orthodontic Waves* 65 ; 112-119 2006.
- 19) Carmichael, G. J., Banks, P. A. and Chadwick,

- S. M. : A modification to enable controlled progressive advancement of the twin block appliance. *Br J Orthod* **26** ; 9-14 1999.
- 20) Falke, F. and Fränkel, R. : Clinical relevance of step by step mandibular advancement in the treatment of mandibular retrusion using the Frankel appliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop* **96** ; 333-341 1989.
- 21) George, P. T. : A new instrument for function appliance bite registration. *J Clin Orthod*

26 ; 721-723 1992.

著者への連絡先：大植一樹，(〒963-8611)郡山市富田町字三角堂31-1 奥羽大学歯学部成長発育歯学講座歯科矯正学分野

Reprint requests : Kazuki OUE, Division of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Department of Oral Growth and Development, Ohu University School of Dentistry.

31-1 Misumido, Tomita, Koriyama, 963-8611, Japan