

Title	Hemifacial Microsomiaの顎運動機能に関する研究
Author(s)	鈴木, 基; 坂本, 輝雄; 一色, 泰成
Journal	歯科学報, 104(4): 417-429
URL	http://hdl.handle.net/10130/801
Right	

Hemifacial Microsomia の顎運動機能に関する研究

鈴木 基 坂本輝雄 一色泰成

抄録：本学矯正歯科に来院し Hemifacial microsomia Murray 型と診断された患児11名における顎運動機能の特性を明らかにすることを目的として、下顎運動、筋電図、咬合力バランスの観点から健常児と比較検討し、以下の結論を得た。

下顎運動リズムは延長し、不安定であり、運動経路は患側へ側方偏位する特異なパターンを呈し不安定を示した。咀嚼筋の最大咬合圧負荷時の筋活動は疾患側で小さく、特に咬筋の筋活動が低く、著しく非対称を示した。咬合力バランスは4：6の不均衡で健側優位を示した。以上より Hemifacial microsomia 患児は形態のみならず顎運動機能においても健常児とは明らかに異なっており、本症の治療に機能的改善の必要性が高いことが示唆された。

緒 言

Hemifacial microsomia は主に第1鰓弓および第2鰓弓由来の顎顔面骨組織、軟組織の低形成や発育障害により顔面非対称を主徴候とする先天性疾患で、第1第2鰓弓症候群とも呼ばれている¹⁾。その発生頻度は10,000人に対し2～3人と報告されており²⁻⁴⁾、頭蓋顎顔面領域において唇顎口蓋裂に次いで多い先天異常である。通常、片側性の外耳、下顎頭、下顎枝に低形成や発育不全が頻発し著しい顔面非対称を呈する。歯科矯正学的には成長発育におい

て歯列の水平的、垂直的な不正を呈し、下顎骨偏位や相対的な上顎骨変形、咬合平面の傾斜、開咬、交叉咬合など多様な不正咬合が発現する^{5,6)}。また、増齢に伴い顔貌の非対称は顕著化することが知られている^{7,8)}。したがって形態と顎運動機能について包括的に評価することは、診断や治療、さらにはリハビリテーションにおいて重要であるものと考えられる。

近年、本疾患に関する顎顔面形態や仮骨延長術を応用した治療法などの報告がされているが⁹⁻¹²⁾、顎運動機能について報告したものは少なく、Vargervik ら¹³⁾の筋電図による下顎骨の障害程度と咀嚼筋活動に関する報告があるにすぎない。しかし、本疾患では顔面形態の外貌の改善とともに咬合を含む顎運動機能全般におよぶ改善を必要としていられる。そこで本研究は、Hemifacial microsomia における顎運動機能の特性について解明することを目的として、下顎運動、咀嚼筋筋電図、咬合力バランス等の観点から検討した。

研究方法

1. 被験者

本研究の被験者は、東京歯科大学千葉病院矯正歯科に来院した患者で、Hemifacial microsomia と診断され、さらに以下の条件を満たす患児11名(平均年齢8才6ヶ月、男子5名、女子6名)である。(以下 HFM 群とする)

- 1) Murray の分類⁹⁾において、M 型に属する(表1, 図1)
- 2) 右側を疾患側とする
- 3) Hellman の Dental age A, B である
- 4) 仮骨延長術の施行前にある

図2に HFM 群 3D-CT 画像の一例を示した。

キーワード：Hemifacial microsomia, 第1第2鰓弓症候群, 下顎運動, 咀嚼筋筋電図, 咬合力バランス
東京歯科大学大学院歯学研究科歯科矯正学講座

(指導：山口秀晴教授)

(2004年5月25日受付)

(2004年6月14日受理)

刷請請求先：〒261 8502 千葉市美浜区真砂1-2-2

東京歯科大学歯科矯正学講座 鈴木 基

表1 下顎骨変形の程度による分類 (Murray, et al. 1985)

型：下顎窩，下顎頭，下顎枝は低形成であるがその形状に問題はない
型：下顎窩，下顎頭，下顎枝は低形成および形態不良である
型：下顎窩，下顎頭，下顎枝は薄い板状骨または欠如する

対照として，顎口腔系機能に異常が認められない，HFM 群と同年齢で Dentalage A， B である個性正常咬合者10名(平均年齢9才8ヶ月，男子6名，女子4名)を選択した，(以下対照群とする)。

2. 測定装置および方法

図3に計測に用いた測定機器のブロックダイアグラムを示す。

1) 下顎運動測定

下顎運動測定には光学系非接触式の3次元6自由

度顎運動測定装置 Gnathohexgraph system JM1000 (小野測器社製)を用いた。測定にあたり，基準平面は左右外耳孔上縁および左側眼窩下縁により決定される FH 平面として，head frame を平行になるよう装着した。下顎切歯部唇面に下顎 Face bow を装着するためのクラッチを MMA 系レジン(ユニファスト)を用い適合させ， α シアノアクリレート系接着剤にて接着固定した。クラッチは咬頭嵌合位において，口唇閉鎖の障害とならぬよう下口唇に軽く接触する程度として，FH 平面に対し約10 上方に調整し，下顎 face bow を装着した。また運動解析点である切歯点は，下顎左側中切歯切縁近心隅角部を任意点指示装置(Pointer)にて設定した。なお，各種運動測定は咬頭嵌合位を基準とした，切歯点の運動軌跡を記録した。

測定記録した被験運動は以下の通りである。

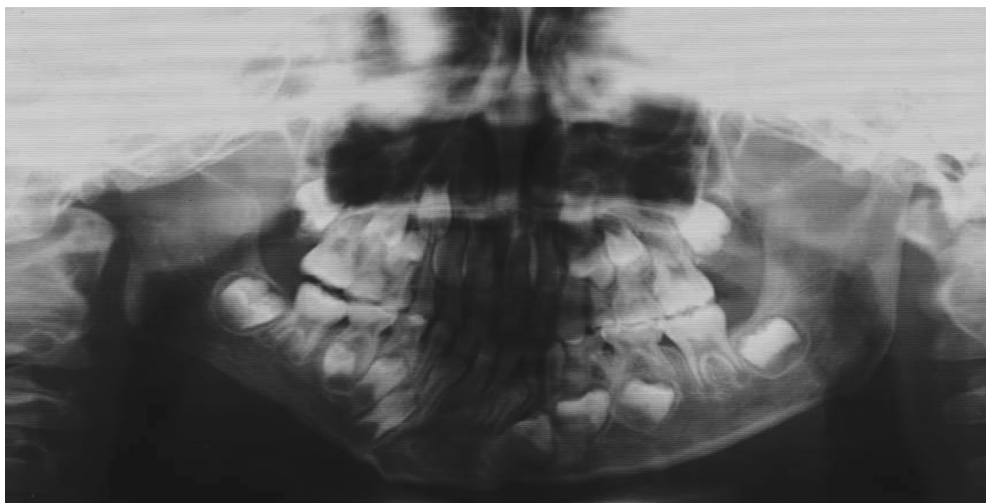


図1 Murray の分類 型(右側：疾患側)

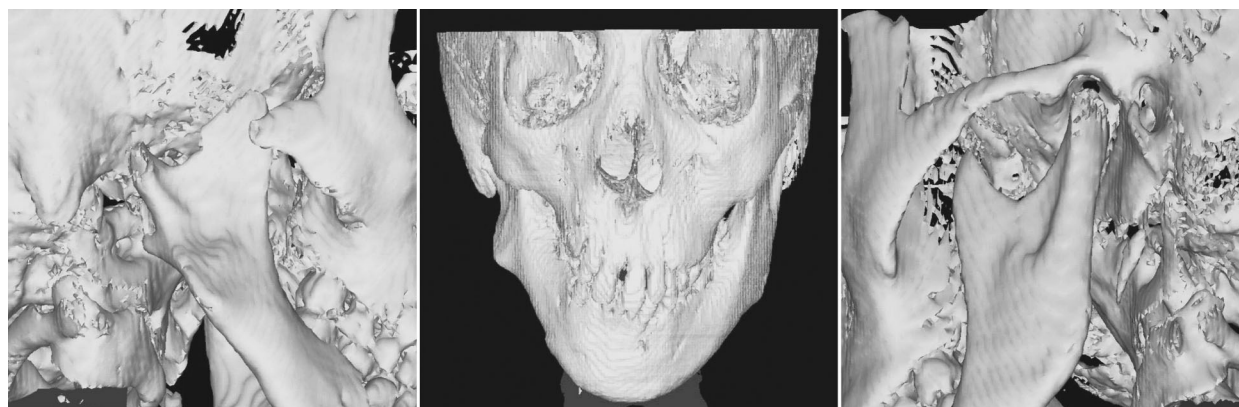


図2 HFM 群 3D-CT 画像の1例

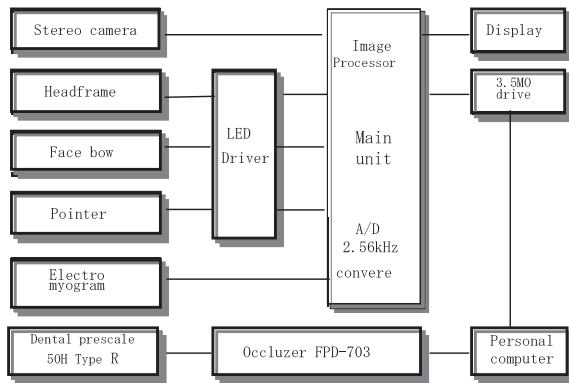


図3 測定機器のブロックダイアグラム

(1) 咀嚼運動

習慣性自由咀嚼による咀嚼運動を約30秒間記録した。安定した咀嚼運動を記録する為、チューインガム(ワーナー・ランバード社製)を約3分間自由咀嚼させ、十分軟化した後に測定した。

(2) 最大開閉口運動

下顎限界運動である最大開閉口運動を30秒間記録した。その際、開口運動は約1回/秒の速度で行い、出来るだけ大きく開口するよう随意運動を指示した。

2) 筋電図測定

筋電図の導出には、10×10mmの皿型銀板表面電極 NT 613U(NEC メディカルシステムズ社製)を電極間距離15mmとなるようレジンにて固定し、双極誘導とした。

筋電図の誘導部位は、左右側の側頭筋前腹(Ta)、咬筋浅部中央(Mm)の計4筋とした。

電極の貼付部位を規格化するため坂本¹⁴⁾の方法を参考として、側頭筋前腹は、2つの電極のうち下方電極を耳介附着部下端と外眼角を結ぶ直線上で外眼角より20mmの点上から垂直に20mm上方の点とした。咬筋では、外眼角と下顎角を結んだ直線上で耳介附着部下端と口角を結んだ交点を電極の中心とした。HFM群の患側では、耳介の変形および附着異常が認められ、上記のように規格化することは困難であるため、健側を基準として、可及的に対称となるよう電極の貼付部位を設定した。また不関電極は耳朶に貼付した。電極の貼付部位には生体信号モニター用皮膚前処理剤(日本光電社製スキンピュアー)にて皮膚面を拭掃し、乾燥させた後、電極を基準点

および筋束の走行と平行にさせ、電極ペーストを用いて貼付けした。なお、いずれも電極間抵抗値が10kΩ以内であることを確認した。

測定には、3秒間の最大咬みしめを3回記録し、導出した活動電位を生体信号用増幅器(NECメディカルシステムズ社製6R21KF)にて時定数0.01秒、感度20μV/0.5Vで増幅後、A/D変換ボードよりサンプリング周波数2.56kHzにてメインボードに取り込み、筋電位解析ソフトJM 0154にて分析した。

3) 咬合力測定

測定には感圧フィルム Dental Prescale 50H type R、サイズS(富士写真フィルム社製)を用いた。測定にあたり、歯面をエアーでよく乾燥させ、Dental Prescaleを可折式ホルダー(富士写真フィルム社製)に装着し歯列全体を覆うよう適合させ、下顎安静位付近からの咬頭嵌合位にて、約3秒間の最大咬みしめを記録した。各計測には十分休憩をとり、計5回測定した。記録したDental Prescaleを専用解析装置Occluzer FPD 703(同社製)にて分析した。

下顎運動、筋電図、咬合力測定は、シールドルーム内にて頭部を固定せず、可及的にフランクフルト平面と床が平行となるように座らせ、できるだけ自然な状態で測定した。

3. 分析方法

1) 下顎運動について

下顎運動の分析は、いずれも運動開始後第5ストロークからの10ストロークを分析区間として、以下の項目について検討した。また、分析にあたり運動周期の設定は、切歯点の運動軌跡において、最上方位より0.7mm下方の点から最下方位までを開口相、開口相の終わりから最上方位より0.7mm下方の点までを閉口相、そして咬合相を閉口相の終わりから開口相の開始までと設定し、分析を行った。

(1) 咀嚼運動

a. 運動リズム

各ストロークにおける開口相時間、閉口相時間、咬合相時間、その総和である咀嚼周期を算出し、平均値(Mean)、標準偏差(S.D.)を求め、運動リズムの指標とした。さらに、咀嚼周期に対する開口相、閉口相、咬合相時間の比率および開口相時間と閉口相時間の比率を求めた。

b. 運動リズムの変動係数

各被験者における開口相時間、閉口相時間、咬合相時間、咀嚼周期の平均値と標準偏差から変動係数 $C. V. (Coefficient\ Variation) = S. D. / Mean$ を算出し、運動リズムの安定性の指標とした。

c. 運動経路および開口量と変動係数

運動経路は咬頭嵌合位を基準とした開閉口経路について観察した。また、その開口量を計測し、平均値 (Mean)、標準偏差 (S. D.) および変動係数 (C. V.) を算出した。

(2) 最大開閉口運動

a. 運動経路および最大開口量

運動経路は咬頭嵌合位を基準とした開閉口経路について観察した。また、最大開口量を計測し、平均値 (Mean) および標準偏差 (S. D.) を算出した。

b. 最下方点の三次元的分布

各ストロークの最下方点 (変曲点) の前後、側方的、垂直的分布 (三次元座標値) を計測し、各平均値 (Mean)、標準偏差 (S. D.) を算出した。

なお、咬頭嵌合位を基準とした 3 次元座標値は前方 (+)、後方 (-)、右側 (+)、左側 (-)、上方 (+)、下方 (-) とした。

2) 筋電図について

随意運動である最大咬合力負荷時の咀嚼筋活動を検討した。筋電図分析は、導出した各咀嚼筋の波形において安定した 1 秒間を抽出し、筋電位解析ソフト JM 0154 にて積分処理した。各筋について、計測した 3 回の平均値を筋活動量とした。

(1) 筋活動量の平均値および標準偏差を算出した。
(2) 総筋活動量に対する各咀嚼筋活動量の比率 (規準化積分値) を算出し、活動性の指標とした。

3) 咬合力について

最大咬みしめにより、歯列上に発現する最大咬合圧の左右的な平衡性を検討した。

各被験者の 5 回の測定結果における最大および最小を示す測定値を除外した測定値を分析対象とし

て、専用解析装置 Occluzer FPD 703 にて分析した。咬合力バランスは、感圧シート上に発現した各咬合接触点を歯列上の左右側に分割し、各側における咬合力の合計比率を求め、各平均値および標準偏差を算出した。

以上、下顎運動、筋電図、咬合力測定の実験項目について検討した。また、計測値の検定には、Mann-Whitney's U test を用い相違を評価した。

研究成績

1. 下顎運動測定について

1) 運動リズム

開口相時間、閉口相時間、咬合相時間、咀嚼周期の平均値と標準偏差を表 2 に示す。

(1) 開口相時間

HFM 群は 260.9 ± 83.7 msec、(最小値 130 msec、最大値 470 msec)、対照群は 252.3 ± 53.9 msec、(最小値 130 msec、最大値 310 msec) である。HFM 群の開口相時間は、対照群と比較して延長した。

(2) 閉口相時間

HFM 群は 300.4 ± 124.9 msec、(最小値 140 msec、最大値 660 msec)、対照群は 241.5 ± 50.1 msec、(最小値 210 msec、最大値 330 msec) である。HFM 群の閉口相時間は、対照群と比較して延長しており、標準偏差が大きい。

(3) 咬合相時間

HFM 群は 290.4 ± 161.1 msec、(最小値 140 msec、最大値 630 msec)、対照群は 261.5 ± 54.3 msec、(最小値 220 msec、最大値 350 msec) である。HFM 群の咬合相時間は、対照群と比較して延長しており、標準偏差が大きい。

(4) 咀嚼周期

HFM 群は 854.8 ± 263.1 msec、(最小値 530 msec、最大値 1330 msec)、対照群は 754.6 ± 91.2 msec、(最小値 696 msec、最大値 850 msec) である。HFM 群の咀嚼周期は、対照群と比較して延長しており、

表 2 開口相時間、閉口相時間、咬合相時間、咀嚼周期 (msec)

	開口相時間	閉口相時間	咬合相時間	咀嚼周期
HFM 群	260.9 ± 83.7	300.4 ± 124.9	290.4 ± 161.1	854.8 ± 263.1
対照群	252.3 ± 53.9	241.5 ± 50.1	261.5 ± 54.3	754.6 ± 91.2

表 3 咀嚼周期に対する各相時間の比率、閉口相と開口相時間の比率 (%)

	開口相時間	閉口相時間	咬合相時間	開口相/閉口相時間
HFM 群	31.0	34.6	34.2	86.3
対照群	33.3	32.3	34.4	100.3

表4 開口相時間,閉口相時間,咬合相時間,咀嚼周期の変動係数

	開口相時間	閉口相時間	咬合相時間	咀嚼周期
HFM群	30.8	33.5	31.9	19.5
対照群	18.7	11.9	24.2	13.1

標準偏差は著しく大きい。

(5) 咀嚼周期に対する各相時間の比率および開口相時間と閉口相時間の比率(表3)

開口相時間はHFM群31.0%,対照群33.3%,閉口相時間はHFM群34.6%,対照群32.3%,咬合相時間はHFM群34.2%,対照群34.4%を示した。

開口相時間と閉口相時間の比率は,HFM群86.8%,対照群100.05%であった。HFM群は対照群と比較して開口相時間が減少し,閉口相時間の延長を示した。

2) 運動リズムの変動係数

開口相時間,閉口相時間,咬合相時間,咀嚼周期の変動係数の平均値を表4に示す。

(1) 開口相時間の変動係数

HFM群は30.8(最小値17.2,最大値55.5),対照群では18.7(最小値15.4,最大値26.3)である。HFM群は,対照群と比較して変動係数の平均値が大きく,開口相時間の運動リズムに乱れを示した。

(2) 閉口相時間の変動係数

HFM群は33.5(最小値16.6,最大値73.2),対照群は11.9(最小値8.5,最大値16.4)である。HFM群は,対照群と比較して変動係数の平均値が大きく,閉口相時間の運動リズムに乱れを示した。

表5 咀嚼運動時の開口量と変動係数

	開口距離(mm)	開口距離変動係数
HFM群	15.2±9.2	60.5
対照群	15.3±4.7	30.7

(3) 咬合相時間の変動係数

HFM群は31.9(最小値27.4,最大値58.9),対照群は24.2(最小値22.0,最大値36.0)であり,HFM群は対照群と比較して変動係数の平均値は大きく,咬合相時間の運動リズムは不安定である。

(4) 咀嚼周期の変動係数

HFM群は19.5(最小値7.2,最大値43.3),対照群は13.1(最小値3.9,最大値17.2)であり,HFM群は対照群と比較して咀嚼周期の運動リズムは不安定である。

3) 運動経路および開口量と変動係数(表5,図4)

咀嚼運動経路における対照群の運動経路は,開口経路では咬頭嵌合位から咀嚼側方向へスムーズに開口し,閉口経路でも外側を通り中心咬合位へ閉口する。また,閉口経路では直線状あるいは凸状の円弧を描く経路を呈する。HFM群の健側を主咀嚼側として,86%が非咬合側すなわち患側方向へ開口し,患側から外側経路を通り健側方向に閉口する。開口量はHFM15.2±9.2mm,対照群15.3±4.7mmである。また,変動係数はHFM群21.7,対照群15.9であり,HFM群の開口量は対照群と差を示さないが変動係数が大きく,不安定を示した。

4) 最大開閉口運動の三次元表示(表6,図5)

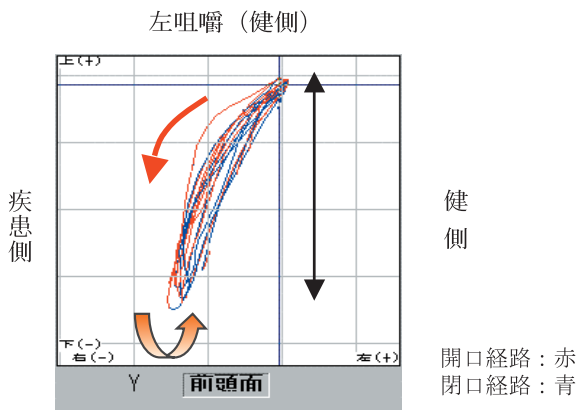


図4 咀嚼運動経路

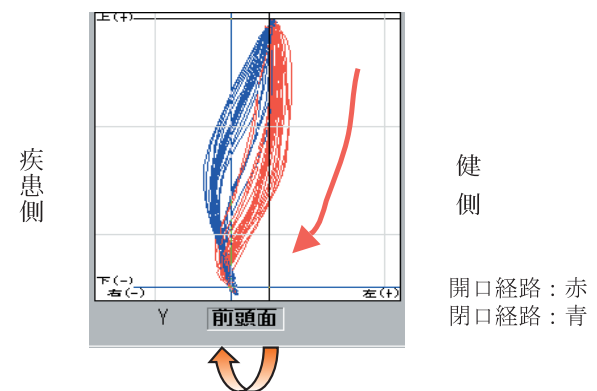


図5 最大開閉口運動経路

表 6 最大開閉口運動における最大開口位の 3 次元的分布

	開口距離	前後的	側方的	垂直的
HFM 群	35.3 ± 12.2	-16.9 ± 9.5*	2.8 ± 1.6*	-25.6 ± 8.8
対照群	45.1 ± 8.5	-32.0 ± 6.6	1.2 ± 0.6	-31.2 ± 11.3

*HFM 群と対照群間で有意差あり：p < 0.05

表 7 筋活動量の平均値および標準偏差(mV/sec)

	側頭筋		咬筋	
	右側	左側	右側	左側
HFM 群	183.1 ± 112.2**	328.4 ± 149.7	183.7 ± 110.4**	555.3 ± 214.5
対照群	417.0 ± 39.5*	385.1 ± 59.2	467.0 ± 46.9*	448.4 ± 61.2

(1) 運動経路および最大開口量

HFM 群は最大開閉口運動においても、70%が疾患側方向へ開口し、疾患側よりさらに外側を通り閉口する特異な運動経路を示した。また、HFM 群 35.3 ± 12.2mm、対照群 45.1 ± 8.5mm であり、HFM 群の最大開口量は、側方成分により対照群と比較して小さい傾向を示した。

(2) 最下方点の三次元的分布

最下方点(変曲点)は HFM 群で後方に 16.9 ± 9.5mm、患側に 2.8 ± 1.6mm、下方に 25.6 ± 8.8mm、対照群で後方に 32.0 ± 6.6mm、右方に 1.2 ± 0.6mm、下方に 31.2 ± 11.3mm であった。HFM 群の最大開口位分布は対照群と比較して前後的に狭く、側方的に広く、垂直的の小さい分布を示し、前後および側方的分布に 5%の危険率で有意差を認めた。

2. 筋電図について

1) 筋活動量(表 7, 図 6)

HFM 群の側頭筋前部活動量は、疾患側 183.1 ± 112.2mV/sec、健側 328.4 ± 149.7mV/sec である。咬筋浅部活動量は、疾患側 183.7 ± 110.4mV/sec、健側 555.3 ± 214.5mV/sec である。対照群の側頭筋前部活動量では、右側 417.0 ± 39.5mV/sec、左側 385.1 ± 59.2mV/sec である。咬筋活動量は、右側 467.0 ± 46.9mV/sec、左側 448.4 ± 61.2mV/sec である。HFM 群の咀嚼筋活動量は疾患側で小さく、両群間において患側咬筋が最小値を示した。健側咬筋では、対応する対照群の左側咬筋より大きく、両群間において、最大値を示した。HFM 群の側頭

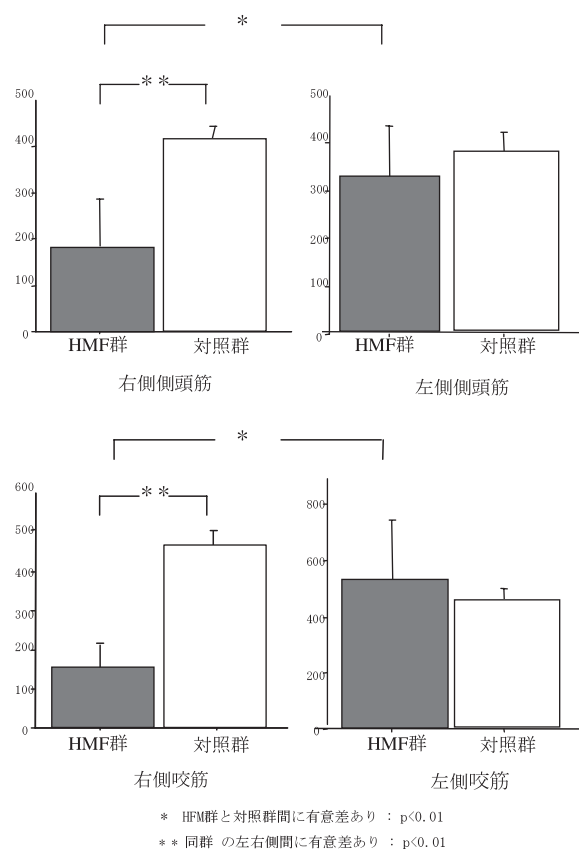


図 6 筋活動量の平均値と標準偏差(mV/sec)

筋、咬筋の左右側間に 1%の危険率で有意差を認めた。また、HFM 群の疾患側側頭筋、咬筋活動量と対照群の右側側頭筋、咬筋との間に 1%の危険率で有意差を認めた。

2) 規準化積分値(表 8, 図 7)

活動性の指標である規準化積分値は、HFM 群で患側側頭筋 15.5 ± 7.6%、健側側頭筋 26.6 ± 3.6%、疾患側咬筋 9.1 ± 7.0%、健側咬筋 48.8 ± 10.7% である。対照群では、右側側頭筋 24.3 ± 4.6%、左側側頭筋 22.4 ± 3.6%、右側咬筋 27.2 ± 5.5%、左側咬筋 26.1 ± 4.4% である。HFM 群において、健側咬筋が最大値を示し、著しく健側優位な活動性を示した。対照群では、側頭筋より咬筋の活動性が僅かに優位であり、左右側側頭筋、左右側咬筋に対称的な活動性を示しており、HFM 群の側頭筋、咬筋に左右側間の活動性の差が大きく 1%の危険率で有意差を認めた。

表8 総筋活動量に対する各筋の比率(%)

	側頭筋		咬筋	
	右側	左側	右側	左側
HFM群	15.5±7.6*	26.6±3.6	9.1±7.0*	48.8±10.7
対照群	24.3±4.6	22.4±3.6	27.2±5.5	26.1±4.4

*同群の左右側間に有意差あり：p < 0.01

表9 咬合力バランス

	咬合力バランス(%)	
	右側	左側
HFM群	40.6±11.9*	59.5±11.9
対照群	50.2±7.1	48.4±7.1

*HFM群と対照群間に有意差あり：p < 0.05

3. 咬合力について

咬合力バランスの平均値および標準偏差(表9)咬合力バランスはHFM群では右側(疾患側)40.6±11.9%,左側(健側)59.5±11.9%であった。対照群では右側50.2±7.1%,左側48.4±7.1%であった。すなわち、HFM群の咬合力バランスは、4:6の不均衡で健側優位を示し、対照群ではほぼ1:1の対称性を示した。HFM群と対照群間に5%の危険率で有意差を認めた。

考 察

1. Hemifacial microsomia について

Hemifacial microsomia は片側小顔面症、第1第2鰓弓症候群、Craniofacial microsomia とも呼ばれている。発現頻度は、Grabb²⁾によると1/5642であり、男性が有意に高く、左右差はなく、Jonse⁴⁾は1/3000~5000で男性がわずかに多く、右側が多い傾向にあり、Poswillo³⁾は1/3500で性差はないと報告している。

鰓弓は発生学的にも動脈や軟骨、神経、筋組織などを構成し、顎顔面部や頸部、口腔領域に多くの器官を形成することから、その病態は、片側性に小耳症や外耳道の閉鎖、巨口症や第一鰓洞、耳下腺や耳下腺管の欠如、下顎骨、上顎骨、頬骨、側頭骨、耳小骨の発育不全、咀嚼筋や顔面表情筋、舌、軟口蓋筋の発育不全、顔面神経麻痺など多様であり、重症

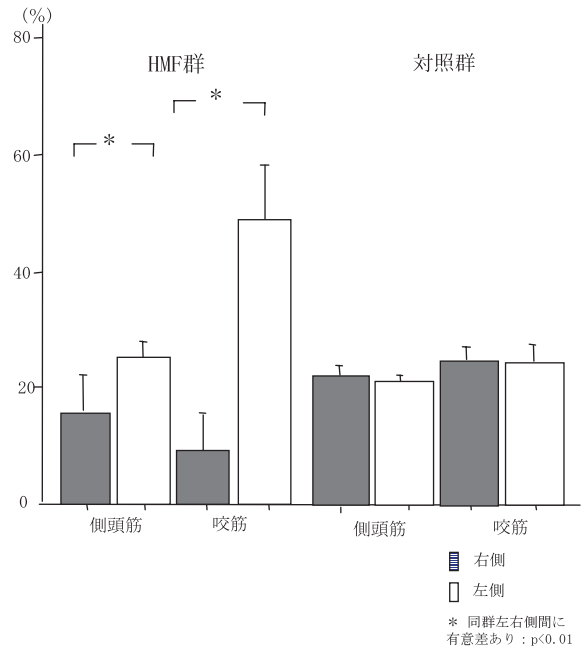


図7 総筋活動量に対する各筋の比率(%)

例では、頭蓋や頸椎、胸郭にまで障害が及ぶこともある¹⁻¹³⁾。その顎顔面形態における3次元的な顎骨変形は幼少時より発現し、成長発育において健側と疾患側の成長量やそのポテンシャルの相違により顕著化することが知られている。

本邦では、通常の顎変形症に関する治療体系や治療法は、ほぼ確立されており、これまで先天的、後天的に幼児期から著しい顎変形や咬合異常を認める場合にも成長期に顎矯正手術を行うことは回避して、思春期以降まで手術を待たねばならなかった。しかし、近年、本症に対してMcCarthyら¹⁵⁾により、仮骨延長術を応用した早期顎骨変形の改善の有用性が示され、多くの報告がされている。つまり、早期に顎骨の対称性を獲得することにより、二次的に生じる顎骨変形や顎口腔機能異常の発現を抑制できるとしている。しかし、著しい機能異常は、外科手術後においても後戻りの原因や術後の安定性に問題となることがある。したがって、形態的評価のみならず咀嚼機能を含めた顎口腔機能の向上と相互の調和を獲得するための包括的な評価を必要としていることは言うまでもない。そこで、本研究は、仮骨延長術の施行前にある患児を対象として顎運動機能の特性について検討した。

2. 研究方法について

1) 下顎運動測定

(1) 測定方法

本実験装置 Gnathohexgraph system は head frame, face bow, light-emitting diodes (LED), stereo camera, personal computer (Gnathohexgraph system Ver.1.13) から構成され、LED と高分解能 CCD カメラを応用した光学系非接触式 3 次元 6 自由度顎運動測定装置である。測定において被験者の頭部や姿勢を拘束しないため、生理的条件下での計測が可能である。また、頭部に取り付けられる head frame は鼻骨と左右頭頂部および後頭部の比較的動きの少ない部位に支持点があるため、本疾患のように疾患側耳介部の形成不全や付着異常により支持を求められない場合、特に有効である。face bow は 12 g と小型軽量であるため、小児においても口腔環境の変化および負担は少ないと思われる。測定精度は X, Y, Z 軸の各軸方向あたり $\pm 0.15\text{mm}$ 、解析点の解析誤差は $\pm 0.05\text{mm}$ と報告されており¹⁶⁾、本研究目的において十分な測定精度を有すると考えられる。また、記録したデータの評価に際し、指標となる分析を単独で用いるのではなく、さまざまな指標から検討する必要があることから¹⁷⁾、本研究では運動リズムおよび運動経路について検討した。

(2) 被験食品

被験食品としてチューインガムは咀嚼時に硬さや量の変化が少なく運動経路や運動リズムの安定性が良いことから咀嚼機能の定量評価に広く用いられている。ガム咀嚼の特徴は、測定日が変化しても安定した咀嚼リズムが得られる、咀嚼回数が増加しても硬さや量に変化が少ない、中心咬合位付近まで嵌合する、頭部動揺が少ないなどの利点がある¹⁸⁾。また軟化前のガム咀嚼では軟化後より垂直的かつ側方的な運動量が大きく、運動リズムが不安定であることから¹⁹⁾、本研究では咀嚼開始から約 3 分以降の十分軟化した状態を計測した。ガムの選択には被験者の年齢、体格等を考慮し、比較的小さいものを選択した。

2) 筋電図測定

咀嚼筋の筋電図測定には閉口筋の主体を成し、比較的表層に位置する側頭筋前部および咬筋浅部について表面電極を用い双極誘導にて活動電位を導出し

た。表面電極は患者への負担が少なく比較的簡便に咀嚼筋活動様相を観察できるがノイズや皮膚表面の干渉波など種々な因子に影響受けやすいため、シールド室内にて皮膚と電極間抵抗値が $10\text{k}\Omega$ 以下である事を確認し測定した。電極の貼付け部位や角度の規格は坂本¹⁴⁾の方法に準じ、筋束の走行と平行になるよう貼付けた。また、特に本疾患では各咀嚼筋の解剖学的条件や左右側間の差を考慮する必要があることから触診にて確認した。

3) 咬合力測定

咬合力測定には面圧測定用材料を応用した測定法として Dental Prescale や Photo occlusion, T-Scan system などが知られている。本研究では、可及的に生理的な状態で測定を行うため咬合挙上が最小限であり、測定範囲が広いことから歯列全体の咬合力分布測定が可能である、測定が比較的簡便で被験者に負担が少ない、測定の再現性や測定精度が高い^{20, 21)}などの利点を有すことから Dental Prescale 50H type R (富士写真フィルム社製) を選択した。Dental Prescale 50H type R は、厚さ 0.098mm の感圧フィルムで、上下顎歯列の間に介在させ、咬みしめることによりフィルム上に印記された咬合接触部位や状態について分析した。測定にあたり、感圧フィルムの特性や再現性を考慮し、下顎安静位から咬頭嵌合位までの咬みしめを 3 秒間持続させた。その際、「できるだけ強く」咬むよう指示した。

3. 研究結果について

1) 下顎運動分析

(1) 運動リズム

咀嚼運動は、大脳皮質より口腔機能に関連した上位中枢が活動し、脳幹部にあるセントラルパターンジェネレーターにより形成されるリズムと咀嚼筋を支配するバーストジェネレーターにより協調した活動が行われる。そのバーストジェネレーターは末梢からの顎反射やフィードバック機構により作用することが知られている²²⁾。顎口腔系の要素の中でも咀嚼筋は下顎に付着し直接下顎運動を司る器官であり、閉口筋の筋紡錘感覚受容器は運動速度や下顎位に参与し、調節されていることから、不正咬合者ならびに本症の形態的機能的な左右差や相違が咀嚼運動に強く反映するものと考えられる。

これまで不正咬合者^{14, 18, 23-25)}や顎機能異常者^{26, 27)}の

咀嚼運動に関する多くの研究がなされており、正常咬合者と比較して、いずれも不正咬合者と顎機能異常者において運動リズムの延長および変動係数の増加が報告され、歯列不正や機能的障害が運動リズムの延長や不安定性につながることを示唆するものである。

本研究では HFM 群において開口相時間、閉口相時間、咬合相時間、咀嚼周期が対照群と比較していずれも延長した。閉口相時間および咬合相時間が延長した要因として、閉口終末付近の運動速度記録が低下を示すことから筋力自体の弱さによる咀嚼能力の低下を時間的に補償しているものと考えられた。また、開口経路の著しい非咀嚼側偏位や終末位の乱れから咀嚼筋群の方向性や活動性に不調和が生じているものと考えられた。

一般的には小児の咀嚼運動は成人と比較し、食片を噛み込むのに時間を要し、咀嚼負荷を時間で補うことから咀嚼周期は延長することが報告されている^{28, 29)}。本疾患においても咀嚼筋の筋活動やその協調運動の低下により咀嚼能率、食品粉碎能力が低下して咀嚼周期が延長したのと考えられた。

しかし、運動リズムの延長および変動係数の増加が認められたが、時間的パラメーターにその差は著明に現れにくい傾向にあった。その要因として、末梢の知覚神経終末の存在がなくとも運動リズムは形成され、正常に発達すること³⁰⁾、また、咀嚼運動の基本的な動作が中枢性の脳幹部にプログラムされており、セントラルパターンジェネレーターがバーストジェネレーターより高位に位置することから筋活動や下顎運動様相に比べ求心性感覚ニューロンの影響は受けにくいこと、さらに先天性疾患であることから幼児期より獲得される運動リズムに対応して、形態的機能的障害の環境下においても生体の恒常性維持として適応や代償性機構が巧みに作用していることなどが考えられた。

(2) 運動経路

咀嚼運動経路は、食品の性状や大きさ、咬合状態など口腔内からの求心性感覚ニューロンによりバーストジェネレーターが作用し変化する³¹⁾。HFM 群ではガム咀嚼において健常側を主咬合側としており、患側方向へ開口し、その内側を通り咀嚼側である健側方向へ開口するリバース型運動経路³²⁾を示し

た。閉口経路の方向性から不随意性の咀嚼運動の中枢性機構や健側の歯根膜受容器や筋紡錘などによる正常な反射機構が働いていることが考えられた。また、運動経路は歯列不正や咬合異常により、上下的にも側方的にも小さくなり、不正咬合の治療や咬合異常を改善することにより開口量は増加することが示唆されている³³⁾。正常咬合者の開口量について柴垣²⁴⁾は16.3mm、石川ら³³⁾は14.7mm、芳賀ら³⁴⁾は16.2mmと報告し、個体間での差はあるが、個体内において運動距離は、一定していると述べている。本研究においてこれらの報告と近似しており、HFM 群と対照群に差を示さなかった。その要因として、本疾患は開口運動の主体である開口筋において低形成の影響が少ないものと考えられた。

(3) 最大開閉口運動における対照群の運動経路が前頭面でほぼ顔面正中の軸上にあるのに対し、HFM 群では患側方向へ開口し、反転し S 字状に閉口する特異的な運動経路を示した。咀嚼運動と異なる経路を示したことは最大開閉口運動が意識的要因が大きく働き患側の挙上筋群の筋活動が閉口路で随意運動として働く可能性が考えられた。

最大開口量について、山口³⁵⁾は成人正常咬合者と Dentalage A の小児について検討し、成人の開口量は48.62mm、小児は43.78mmと報告しており、小児の開口量は小さい。本研究の対照群において同年齢にある山口の報告と同様の結果を得た。HFM 群では顎骨変形およびその付着する開口筋の作用により疾患側方向への開口経路を呈し、最大開口位の後方および下方成分が減少したのと考えられた。最下方点の再現性、安定性は運動経路の規則性と深く関係していることから、HFM 群では運動経路が不安定であることが示された。また開口運動終末付近で疾患側方向への経路が是正される傾向を示す要因として、開口経路終末期における健側閉口筋の伸展による閉口反射や顔面部軟組織により規制を受け疾患側偏位が是正されることが考えられた。

2) 筋電図分析

筋電図は下顎運動や咬合圧などの総合的な顎口腔活動の結果の記録であり、個々の筋束における活動を反映している客観的定量評価法である。

(1) 筋活動量

Vargervik¹³⁾は Hemifacial microsomia を下顎骨の

障害程度により分類し、筋電図を用いて筋活動量を最小、中程度、最大の3段階にて評価した。Murray型にほぼ該当する型群の最大クレンチングは、疾患側側頭筋活動で最大を示したものが38%、最少が48%であった。疾患側咬筋では最小を示したものが69%であり、本研究のHFM群は同程度の活動結果を示すものと思われた。また、咀嚼運動時の筋活動量はクレンチング時と比較していずれも側頭筋の活動は増加を示し、咬筋では健側で増加を示すが、疾患側では変化を示さないと報告している。本研究では左右側同名筋および対照群と比較して筋活動量は疾患側咬筋で著しく小さく、次いで疾患側側頭筋で小さい傾向を示したが健側咬筋において対照群より筋活動量は大きい。このことは第一鯁弓由来の咀嚼筋では疾患側咬筋において病態の影響を最も強く受けることを示し、さらに、健側の咬筋活動量は、患側での筋力低下に対する代償性機能や平衡性の維持として増加したものと考えられた。

(2) 規準化積分値

混合歯列期にある小児は咬合発育段階にあり、歯列における形態的变化のみならず成長発育に伴う咀嚼筋活動の機能的変化として、乳歯列期の小児の側頭筋優位であった筋活動が、成人の咬筋優位の筋活動に変化することが知られている³⁶⁾。咬筋はA期に至るまで成長を続け、側頭筋と同程度の筋活動量を示すようになり、B期までの混合歯列期における活動様相は比較的安定しており、その後下顎骨の成長と共に咬筋主導型へと変化することが報告されている^{37,38)}。本研究ではHFM群は疾患側咬筋の活動性は著しく小さく、次いで疾患側側頭筋が小さい傾向を示し、健側咬筋において最も大きく総筋活動の約50%を占めており、各咀嚼筋における筋活動は著しく健側偏位を示した。本来、左右側同名筋はその付着部位、形態、筋線維の構成比率ならびに神経支配がほぼ同じであるため、対照的な筋活動を示すことから、対照群において各咀嚼筋の活動性は、バランス良く協調した活動性を示した。しかしHFM群では著しい健側優位な非対称な活動性を示した。負荷により筋活動に影響を及ぼす要因として、生理学的には歯根膜感覚や筋紡錘感覚により、解剖学的には筋束の付着部位や方向などによるものと考えられる。歯根膜感覚受容器はその刺激方向や

強さにより興奮性反射が誘発されており、筋紡錘感覚受容器もまた同様である。疾患側では側頭筋および咬筋の停止部である下顎骨筋突起、頬骨弓の低形成や欠如症例を認めることから筋束の低形成および機能不全により筋紡錘の数も減少していることが考えられた。また、個体内において相対的な健側側頭筋、咬筋の活動性の増大は、代償性機能によるものと考えられた。

3) 咬合力分析

咬みしめ時における閉口筋活動による収縮力は、歯列上の咬合力となって発現し、主に歯牙や顎関節部により負担される。歯列上の各咬合接触点および両側顎関節に作用する力の大きさや方向は、咀嚼筋の活動様式、下顎位、咬合状態などに関連すると考えられる。しかし、正常咬合者では咬合力分布の左右比や咬合力バランスは左右対称的であり、その平衡点は犬歯を基準とした歯列の正中線上付近にあると報告されている³⁹⁾。本研究の対照群は混合歯列期にあるため側方歯の交換および第一大臼歯咬合の確立程度により咬合接触面積や咬合力に差を示すが、左右的バランスに変化は少なく、安定しているとする田村ら⁴⁰⁾の報告と同様の結果を示した。また、咬合力の僅かな右側優位は筋電図所見と一致した傾向を示し習慣性咀嚼側などの影響が考えられた。HFM群における咬合力の健側への偏位は筋電図所見と同様であるが、その程度は咬合力バランスにおいて筋電図所見がより減少した。咬合力分布はおもに咀嚼筋群の随意的な等尺性収縮による総合的な結果として歯列に発現されたものである。咀嚼筋群、顎顔面筋群では、運動に対応して活動する筋束やその作用や大きさ、方向などが異なることやパーストジェネレーターの歯根膜や咀嚼筋からの求心性インパルスからの応答、中枢性のフィードフォワード制御の存在なども示唆されていることから⁴¹⁻⁴³⁾中枢性および神経筋機構により咀嚼筋の形態的機能的な低下を何らかの代償性活動が巧みに作用し、恒常性を維持しようとしているものと考えられた。

結 論

本学矯正歯科に来院しHemifacial microsomia Murraytype と診断された患児(HFM群)1名における顎運動機能の特性を明らかにすることを目的

として、下顎運動測定、咀嚼筋電図測定、咬合力測定を行い、健常児と比較検討した結果、以下の結論を得た。

1) HMF 群は咀嚼運動リズムの開口相時間、閉口相時間、咬合相時間、咀嚼周期はいずれも延長した。また、咀嚼周期に対する開口相時間、閉口相時間、咬合相時間の比率は、開口相時間の減少、閉口相時間の増加を示した。

2) HMF 群は咀嚼運動リズムの開口相時間、閉口相時間、咬合相時間、咀嚼周期の変動係数はいずれも不安定を示した。

3) 咀嚼運動の開口量に対照群との差はないが、変動性が高く、不安定を示した。

4) HMF 群は咀嚼運動経路において86%が咬合側の健側から非咬合側の疾患側へ開口し、疾患側より閉口する運動経路を示した。

5) HMF 群は最大開閉口運動経路において70%が疾患側方向へ開口し、閉口経路は疾患側より外側経路を通り閉口する運動経路を示した。

6) HMF 群は最大開閉口運動経路において開口量は小さい。また、開口経路の側方偏位により、最下方点の3次元分布は前後的分布の後方移動量が小さく、側方的分布の疾患側偏位量が大きく有意差を認めた。

7) 各筋活動量は疾患側で小さい傾向を示し、疾患側咬筋が最小値、健側咬筋が最大値であった。側頭筋および咬筋の左右側間に有意差を認めた。また、疾患側側頭筋と対照群右側側頭筋、疾患側咬筋と対照群右側咬筋との間に有意差を認めた。

8) 咬合力バランスはその比率において4:6の不均衡であり健側優位を示した。

本論文の要旨の一部は、第10回日本顎変形症学会総会(2000年4月21日、大津)ならびに第59回日本矯正歯科学会大会(2000年10月25日、大阪)において発表した。

謝 辞

稿を終えるに臨み、御指導、御校閲を賜りました本学歯科矯正学講座主任山口秀晴教授ならびにご協力いただいた講座各位に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 田嶋定夫：頭蓋顎顔面外科，最近の進歩．克誠堂出版，東京．1994．
- 2) Grabb, W. C.: The first and second branchial arch syndrome. *Plast Reconstr Surg*, 36: 485~508, 1965.
- 3) Poswillo, D.: The pathogenesis of the first and second branchial arch syndrome. *J Oral Maxillofac Surg*, 35: 302~328, 1973.
- 4) Jones, K. L.: Facio-auriculo vertebral spectrum. In Smith 's recognizable patterns of human malformation, 4th ed. 584~587, WB Saunders Co, Philadelphia, 1988.
- 5) 尾崎登喜雄, 浜田 驥, 民本和子: Branchial syndromeの3例と文献的考察. *口腔科誌*, 27: 89~96, 1978.
- 6) 須佐美隆史: Hemifacial microsomiaの顎態, 咬合様式の検討. *日矯歯誌*, 50: 87~99, 1991.
- 7) Kearns, G. J., Padwa, B. L., Mulliken, J. B. and Kaban, L. B.: Progression of facial asymmetry in hemifacial microsomia. *Plast Reconstr Surg*, 105: 492~498, 2000.
- 8) 小玉晃平, 安藤葉介, 岡崎恵一郎, 石井教生, 堀井豪, 宇賀 大, 雪野直子, 中村進司: Hemifacial microsomiaにおける顎顔面形態の成長変化. *北海矯歯誌*, 25: 41~59, 1997.
- 9) Murray, J. E.: Hemifacial microsomia In *Birth defects compendium*, 2nd ed., ed. Bergsma D., Alan R. Liss, Inc., 511. New York, 1979.
- 10) Jeffrey, L. Marsh., Dan Baca, B. A. and Michael, W. Vannier.: Facial Musculoskeletal Asymmetry in Hemifacial Microsomia. *Cleft Palate J*, 26: 292~301, 1989.
- 11) Kaban, L. B., Mulliken, J. B., Murray, J. E.: Three-Dimensional Approach To Analysis and Treatment of Hemifacial Microsomia. *Cleft Palate J*, 18: 90~99, 1981.
- 12) Leonard, B. kaban., Michael, H. moses., and Jones, B. mulliken: Surgical Correction of Hemifacial microsomia in the Growing Child. *Plast Reconsturg*, 82: 9~19, 1988.
- 13) Vargervik, K., Miller, A.J.: Neuromuscular pattern in hemifacial microsomia. *Am J Orthodont*, 86: 33~42, 1984.
- 14) 坂本輝雄: 片側性唇顎口蓋裂患者の筋電図による顎運動機能に関する研究. *歯科学報*, 87: 1035~1057, 1987.
- 15) McCarthy, J. G., Schreiber, J. and Karp, N.: Lengthening the human mandible by gradual distruction. *Plast Reconstr Surg*, 89: 1~8, 1992.
- 16) 常磐 肇, 三浦不二夫, 桑原洋助, 脇本康夫, 鶴田正彦: 汎用型顎口腔機能総合解析システムの開発. *顎機能誌*, 3: 11~24, 1996.
- 17) 志賀 博, 小林義典: 咀嚼運動の分析による咀嚼機能の客観的評価に関する研究. *日補綴誌*, 34: 112~1126, 1990.
- 18) 柴田孝典: 下顎前突症における顎運動機能に関する研究. *歯科学報*, 81: 241~265, 1981.
- 19) 志賀 博, 小林義典, 王 孝, 栃倉 純: ガム軟化咀嚼前後における咀嚼運動 運動経路と運動リズム. *顎機能誌*, 1: 45~55, 1994.
- 20) 服部佳功, 奥川博司, 渡辺 誠: Dental Prescale を用いた歯列における咬合力測定. *日補綴誌*, 38: 835~841, 1994.
- 21) 鈴木哲也, 渡邊竜登美, 吉富信幸: 感圧シートを用いた新しい咬合圧測定システムの有用性. *日補綴誌*, 38: 966~973, 1994.
- 22) 河村洋二郎: 口腔生理学. 第2版, 永末書店, 京都, 1972.

- 23) 仲谷 豊, 中村俊弘, 石川晴夫: 骨格性反対咬合者の咀嚼運動リズム. 日矯歯誌, 56: 170~179, 1997.
- 24) 柴垣光志: 交叉咬合の咀嚼運動に関する研究. 歯科学報. 92: 1325~1347, 1992.
- 25) 石川晴夫, 中村俊弘, 加藤靖之: 開咬における咀嚼運動経路と咀嚼リズムについて. 日顎機能, 11: 39~44, 1993.
- 26) 瑞森崇弘: 咀嚼運動分析による顎運動機能診断に関する研究. 大歯学誌, 32: 105~136, 1987.
- 27) 尾崎佳孝: 顎関節症にみられる顎運動異常に関する研究. 歯科学報, 83: 937~978, 1983.
- 28) 中田志保, 早崎治明, 西嶋憲博, 中田 稔: 小児における咀嚼の進行に伴う下顎運動の変化. 小児歯誌, 35: 783~789, 1997.
- 29) 田村厚子: 小児における咀嚼運動の筋電図学的研究. 日大歯学, 62: 299~311, 1988.
- 30) アルバート・ラリナガ・グアダルーペ, 宝田 貫, 西田文彦, 西野瑞穂: 成長発達に伴う咀嚼筋の筋活動量ならびに咀嚼リズムの変化に関する研究. 小児歯誌, 27: 895~906, 1989.
- 31) Hidaka, O. and Morimoto, T.: Regulation of masticatory force during cortically induced rhythmic jaw movements in the anesthetized rabbit. J. Neurophysiology, 77: 3168~3179, 1997.
- 32) 秀島雅之: 片側性臼歯部交叉咬合を伴う口蓋裂患者の咀嚼運動について. 臼歯部被蓋の違いが咀嚼パターンに及ぼす影響. 補綴誌, 33: 1168~1182, 1989.
- 33) 石川晴夫, 中村俊弘, 新井一仁, 小林慶介, 仲谷 豊: 矯正治療後の咀嚼運動経路の変化について Angle 級叢生症例. 日顎機能誌, 1: 243~248, 1995.
- 34) 芳賀 景, 志賀 博, 小林義典: 咀嚼運動の機能分析. 日顎機能誌, 6: 61~66, 1988.
- 35) 山口公子: 小児の6自由度顎運動測定による顎口腔機能評価. 小児歯誌, 38: 129~137, 2000.
- 36) 広瀬永康: 成長発達に伴う小児咀嚼筋の瞬発力に関する研究. 小歯誌, 26: 97~111, 1988.
- 37) 堀川清一: 小児の咬合の機能的発達に関する研究. 小児歯誌, 23: 78~87, 1985.
- 38) 美島達平: 小児における側頭筋および咬筋筋活動の総筋活動量に占める割合. 小児歯誌, 29: 755~766, 1991.
- 39) 服部佳功, 佐藤智昭, 渡辺 誠: 咬みしめ時の歯列における咬合力分布. 顎機能誌, 2: 111~117, 1996.
- 40) 田村弘子, 森川富昭, 群 由紀子, 西野瑞穂, 五十嵐清治, 小口春久, 甘利英一, 野田 忠, 渡部 茂, 高木祐三, 赤坂守人, 内村 登, 宮沢祐夫, 渡辺直彦, 吉田忠宏, 大東道治, 長坂信夫, 木村光考, 中田 稔, 本川涉, 小涼 正: 小児の咀嚼機能に関する総合的研究. デンタルプレスケールおよびグミゼリーを用いた咀嚼機能検査結果について. 小児歯誌, 36: 111~222, 1998.
- 41) 加納昭彦: 顎顔面形態が咬合力および咀嚼筋活動に及ぼす影響について. 3, 筋放電活動の非対称性指数と正貌顎顔面形態および偏咀嚼指数との関連性. 日補綴誌, 41: 252~260, 1996.
- 42) Blanksma, N. G., VanEijden, TMGJ. and Weijs, W. A.: Electromyographic heterogeneity in the human masseter muscle. J Dent Res, 71: 47~52, 1992.
- 43) 岡部良博, 藍 稔, 屋嘉智彦: 内側翼突筋に関する筋電図学的検討. 日補綴誌, 43: 681~688, 1999.

Evaluation of mandibular movement, masticatory muscle activity,
and bite force balance in hemifacial microstomia

Motoi SUZUKI, Teruo SAKAMOTO, Yasushige ISSHIKI

Department of Orthodontics, Tokyo Dental College

(Director : Prof. Hideharu Yamaguchi)

Key words: *Hemifacial microstomia, Mandibular movement, Masticatory muscle, Bite force balance*

Hemifacial microstomia exhibits facial asymmetry by unilateral hypoplasia, and deformation of a marked degree is found unilaterally. There have been a number of reports on maxillofacial morphology and therapeutic methods in this disease, but no detailed report has been made on craniomandibular dysfunction. This disease is a maxillofacial malformation with abnormality in maxillofacial morphology and masticatory dysfunction. The asymmetry is further enhanced in association with the growth and development of the patient. In this context, it is important to elucidate the masticatory functions. To accomplish this, we analyzed the details of this disease from the viewpoints of mandibular movement, electromyograph, and bite force balance.

As a result, the mandibular movement rhythm was extended, and showed instability by specific disease - side deviation in the path of movement. Muscular activities at the maximum masticatory pressure of the masseter muscle were small on the disease side and showed remarkable asymmetry. Inclination of 60% to the unaffected side was shown by the ratio of bite force balance. The HFM was clearly different from that of a healthy child in craniomandibular function and morphology, and the necessity of functional improvement was suggested for the treatment of this syndrome. (*The Shikwa Gakuho* , 104 : 417 ~ 429 , 2004)