原 著 論 文

咀嚼時における筋圧の発現様相

—上顎第一大臼歯部の頬舌側圧—

織田 展輔

Muscle Pressures during Chewing

—Pressures Exerted on the Buccal and Lingual Surfaces of the Maxillary First Molar Area—

Oda Nobusuke

歯科補綴学的意義

無歯顎補綴において、周囲軟組織の動態は人工歯の配列位置や研磨面形態などと深く関連し、これを明らかにすることは重要である。本研究は、基準もしくは目標となる正常有歯顎者について、咀嚼時における頬、舌の動態を筋圧の面から検討したものである。得られた結果から、咀嚼側における頬舌の活発な関与が明らかになり、無歯顎補綴の基準となる1指標が示唆された。

抄 録

目的：本研究の目的は、全部床義歯装着者の咬合高径や配列位置の目標となる正常有歯顎者を対象に、咀嚼側および非咀嚼側での頬、舌の動態を、筋圧の面から明らかにすることである。

方法：被験者には、男性正常有歯顎者6名（平均年齢 27.1 ± 0.7 歳）を選択した。シート状圧力センサ（カスタムボタンセンサ、ニッタ）を用い、常温重合レジン製シーネにセンサを固定して口腔内に設置した。板状ガムを咀嚼させ、上顎左右第一大臼歯頬舌側部に加わる咀嚼時筋圧を測定した。また、下顎運動も同時測定した。得られた圧発現波形のピーク値およびピークを有する波形の発現数を用い、頬舌側および咀嚼側、非咀嚼側における差、咀嚼の進行に伴う変化について検討した。

結果：筋圧のピーク値は、舌側が頬側より有意に大きく、咀嚼側が非咀嚼側より有意に大きかった。咀嚼側では、頬舌側ともに咬合相後期から開口相中期と閉口相中期にピークが多く発現した。咀嚼の進行に伴いピーク値は咀嚼側頬側で有意に大きくなり、ピークの発現数は咀嚼側頬舌側において有意に増加したが、非咀嚼側では変化しなかった。

結論：正常有歯顎者において、咀嚼側では頬と舌が協調して咀嚼が進行していることが、筋圧の面から示唆された。

和文キーワード

筋圧、咀嚼運動、咀嚼側、非咀嚼側

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科口腔機能再構築学系摂食機能回復学講座摂食機能評価学分野（主任：早川 巖教授）
Complete Denture Prosthodontics, Department of Masticatory Function Rehabilitation, Division of Oral Health Sciences,
Graduate School, Tokyo Medical and Dental University (Chief: Prof. Hayakawa Iwao)

受付：2003年2月24日/受理：2004年1月27日

Received on February 24, 2003/Accepted on January 27, 2004

I. 緒 言

全部床義歯の維持、安定をはかるうえで、義歯周囲軟組織の働きを考慮することは重要である¹⁾。義歯周囲の筋肉と調和するように、人工歯の設定位置や研磨面形態を適切に付与すれば、筋肉の動きを義歯の維持に利用することが可能となる²⁾。このような考え方を基とした臨床術式として、フレンジ・テクニク^{3,4)}が知られている。しかし、フレンジ・テクニクから得られる形態は、指示する運動の強さの違いやワックスの軟化操作の誤りなどで著しく異なり^{5,6)}、また、筋圧によって形成されたままでは、その時点での口腔状態の個体差は表現できるが、本来どのような形態を与えるべきかという方向性をもったものにはなりえないことが指摘されている⁷⁾。

一方、最近では、天然歯が元あった位置を目標に人工歯を配列しようとする考え方⁸⁾が広く支持されている。天然歯の植立位置は、本来、周囲組織と最も調和を持続してきた位置と考えられることから、ここに人工歯を配列すれば、頬や舌のバランスがとれ、義歯の維持安定が高まる。頬圧と舌圧のバランスがとれた部位をニュートラルゾーン⁹⁾と呼び、人工歯の設定に最適な部位とされている¹⁰⁾。しかし、Proffit¹¹⁾は、正常有歯顎者の歯面に加わる頬側と舌側の圧は、1対1の関係ではないことを報告しており、実際に天然歯における頬圧と舌圧が常に均衡しているかは異論もある¹²⁾。

これまで筋圧の研究では、単純な指示された運動や安静時を測定したもの^{13~22)}がほとんどで、義歯の動きが大きく、軟組織との調和が特に必要となる咀嚼時の筋圧を測定したものは少ない^{12,23~25)}。咀嚼時では、咀嚼側と非咀嚼側の違いや開口時と閉口時などで、頬、舌は異なった動きをし、それに伴って発現する筋圧も変化すると思われるが、これについて詳細に検討した報告はみられない。

本研究の目的は、全部床義歯装着者の基準もしくは目標となる有歯顎者について、咀嚼時における頬、舌の動態を筋圧の面から明らかにすることであり、上顎第一大臼歯の頬、舌側面に加わる筋圧が、咀嚼側の違いや咀嚼の進行に伴い、どのように変化するかを検討した。

II. 実験方法

1. 被験者

被験者には東京医科歯科大学に在籍する歯科医師で、第三大臼歯以外はすべて残存している顎口腔系に特に異常を認めず、矯正経験を有しない男性正常有歯顎者6名(平均年齢 27.1 ± 0.7 歳)を選択した。なお、被験者に対して、本研究の主旨および方法を十分に説明し、同意を得た後に実験を開始した。

2. 圧力センサ

筋圧の測定には、今回新たに開発したシート状圧力センサ(カスタムボタンセンサ、ニッタ)を用いた。筋圧の大きさの違いに応じて、頬側にはモデルナンバー TOK 01803 を、舌側には 11008 A 001 を使用した(表1)。これらのセンサは直径8 mm、厚さ約50 μ m の円形のシートで、感圧部の直径は4 mm である(図1)。センサの電極部に、直径0.08 mm の PTFE 極細電線(GT01A070 SA 7/0.08, 潤工社)を、ドータイト導電ペースト(type D-500, 藤倉化成)を用いて付着した。24時間以上放置し、ドータイトの硬化を確認した後に、同部に表面処理剤(メタルプライマーII[®], ジーシー)を塗布し、電極部の保護と防水のためにスーパーボンド C&B[®](サンメディカル)を築盛した。次に、同部に接着剤(プライマーT[®], 信越化学工業)を塗布し、さらに一液型RTVゴム(KE 348 T, 信越化学工業)を用いて、電極部を完全に被覆した。

3. 実験装置

測定部位は上顎左右第一大臼歯の頬、舌側面の計4部位とした。常温重合レジン製シーネを用いて圧力センサを口腔内に固定した。シーネの頬側、舌側部を上顎第二大臼歯部遠心にて連結し、一体型とした。圧力センサ感圧部の中央が近遠心的には第一大臼歯の中央に、上下的には咀嚼時にシーネが干渉せず、最も咬合平面に近い高さとなるようにシーネを整形した。またセンサ設置角度については、可能な限り咬合平面と垂直に設定した。補強のために第二大臼歯部の周囲にワイヤークラスプを屈曲し、埋入した。なお、シーネの厚みはセンサ感圧部中央において頬側約1.2 mm、舌

表 1 Typical performance of the sensors
センサの特性

	Model number	
	TOK 01803	11008 A 001
Capacity	250 g/cm ²	1.5 kg/cm ²
Linearity (Error)	±5%	
Hysteresis	4.5% FS	
Repeatability	±2.5% FS	
Operating temperature	-10°C~70°C

図 1 Physical properties
センサの形状

側約 0.6 mm であった。シーネにプライマー T[®] を塗布した後、センサ電極部を一液型 RTV ゴムでシーネに固定した。その際、舌側の電線を頬側のシーネに沿わせ、頬側センサの電極部とともにシーネに固定した (図 2)。

圧力センサの出力は自作のアンプにて増幅し、A/D 変換機 (ML 795, ADInstruments) にて A/D 変換し、パーソナルコンピュータに入力した。

また、下顎運動を同時に記録するために、無接触ポテンシオメーター (CP-2 U, 緑測器) を用いた簡易顎運動記録装置²⁶⁾ を使用し、同じく A/D 変換後、パーソナルコンピュータに入力した。

4. 測定方法

被験者を椅子にリラックスさせて座らせ、フランクフルト平面を床と平行になるように、頭部を安頭台で固定させた。被験者の上顎臼歯部を防湿後、シアノアクリレート系接着剤によりシーネを口腔内に固定した。電線は、口角部より口腔外に導出した。咀嚼時に干渉がないことを確認した後、簡易顎運動記録装置を被験者に装着し、開閉口運動を指示して下顎運動のキャリブレーションを行った。

筋圧の測定は、被験者の実験装置への慣れ、センサ部の温度の安定化などを考慮し、シーネを装着してか

図 2 Pressure-measuring pieces which were made of self-curing acrylic resin with sheet formed sensors
常温重合レジン製シーネ

ら 10 分後に開始した。

被験食品はガム (フリーゾーン[®], ロッテ) とし、板状のガム 1 枚を長軸方向で 1/2 に分割 (3.6×2 cm) したものを用了。

ガムを被験者の舌背に乗せた後、咀嚼側を指定し、第一大臼歯部で 20 回咀嚼させた。電子メトロノーム (ME-200, ヤマハ) により、1 分間に 90 回のリズム音を聞かせ、それに合わせて咀嚼するよう指示した。咀嚼中の嚥下は禁止した。測定終了ごとに 1 分間の休息時間を設けた。数回の練習を行わせた後、ランダムに左右側 5 回ずつ合計 10 回、測定日を変えて 2 日、合計 20 回記録した。

5. 分析項目

測定部位を咀嚼側頬側、咀嚼側舌側、非咀嚼側頬側、非咀嚼側舌側とした。咀嚼時に記録された圧発現波形において、波形上のピークを筋圧のピーク値とし、その発生数をピーク数として分析の対象とし、ピーク値、ピーク数を部位別に分類した。次に、ノイズやエラーの影響を考慮し、各測定部位のピーク値の平均値を算出した後に、上下端 2 SD 以上の値を示す波形は分析から削除した。咀嚼時の下顎運動に関しては、TFT 液晶画面上の波形表示を基に、開口相、閉口相、咬合相の 3 相にわけ、画面上でカーソルを用いて各開始点を計測し²⁷⁾、咀嚼運動相時間²⁸⁾を算出した。さらにそれぞれの運動相時間を前期、中期、後期に 3 等分して計 9 区間とし、各部位におけるピーク数を分類した。20 回の咀嚼ストロークのうち、前後および中央の 5 ストローク (第 1~第 5 ストローク、第 8~第 12 ストローク、第 16~第 20 ストローク) を抽

出し、それぞれ咀嚼前期、咀嚼中期、咀嚼後期とし、咀嚼の進行に伴う筋圧の変化を分析した。

6. 統計分析

測定部位間におけるピーク値の比較には、Mann-Whitney 検定を用いた後、Dunn 検定による多重比較を行った。咀嚼運動相時間の比較には Mann-Whitney 検定を用いた。各咀嚼運動相のピーク数の比較には、Dunn 検定による多重比較を行った。9 区間分類のピーク数の咀嚼側、非咀嚼側間の比較と、頬側と舌側間の比較には Mann-Whitney 検定を用いた。咀嚼の進行に伴う各部位のピーク値とピーク数の変化および咀嚼運動相時間の変化に関しては、Kruskal-Wallis 検定と Dunn 検定による多重比較を用いた。有意水準はすべて 5% とした。

III. 実験結果

1. 咀嚼運動相時間

全被験者の平均値は、開口相時間が 0.22 ± 0.08 秒、閉口相時間が 0.23 ± 0.07 秒、咬合相時間が 0.23 ± 0.06 秒、咀嚼周期が 0.68 ± 0.09 秒であった。咀嚼の進行に伴い開口相時間は有意に延長したが、閉口相時間は有意に短縮した (図 3)。咬合相時間に変化は認められなかった。咀嚼周期は咀嚼前期では被験者間でばらつきが認められたが、中期、後期では被験者間の差が小さくなる傾向がみられた。

2. 筋圧のピーク値

全被験者の平均値は、咀嚼側頬側で 58.7 ± 26.1 gf/cm²、咀嚼側舌側で 157.7 ± 86.3 gf/cm²、非咀嚼側頬側で 28.7 ± 8.6 gf/cm²、非咀嚼側舌側で 61.7 ± 36.2 gf/cm² であった (図 4)。すべての被験者において、頬舌側ともに咀嚼側が非咀嚼側よりも有意に大きく、また、咀嚼側、非咀嚼側ともに舌側が頬側よりも有意に大きかった。

3. 咀嚼運動相におけるピーク数

各咀嚼運動相中のピーク数は、非咀嚼側舌側を除く 3 部位では、開口相と閉口相中のピーク数が咬合相と比較して有意に多かった。9 区間に分類した場合、被験者のうち 1 名の舌側を除いて、咀嚼側と非咀嚼側で

図 3 Changes of the time of 3 phases and cycle time during the course of chewing
Initial : Initial stage during the course of chewing, Middle : Middle stage during the course of chewing, Final : Final stage during the course of chewing
咀嚼の進行に伴う咀嚼運動相時間の変化
Initial : 咀嚼前期, Middle : 咀嚼中期, Final : 咀嚼後期

図 4 Peak pressures
BC : Buccal surface of chewing side, LC : Lingual surface of chewing side, BnC : Buccal surface of non-chewing side, LnC : Lingual surface of non-chewing side
筋圧のピーク値
BC : 咀嚼側頬側, LC : 咀嚼側舌側, BnC : 非咀嚼側頬側, LnC : 非咀嚼側舌側

ピーク数の分布が有意に異なっていた。咀嚼側頬側および舌側では、咬合相では後期が、開口相では中期が、そして閉口相では中期にピークが多く認められ (図 5)、咬合相後期から開口相中期に向かってピーク数が大きく増加していた。非咀嚼側頬側では、開口相後期、閉口相前期にピーク数が多く認められ、非咀嚼側舌側では、咬合相後期および開口相中期にピーク数

図5 Distribution of the number of the peaks
BC: Buccal surface of chewing side, LC: Lingual surface of chewing side, BnC: Buccal surface of non-chewing side, LnC: Lingual surface of non-chewing side, I: Initial stage of the phase, M: Middle stage of the phase, F: Final stage of the phase, Op: Opening phase, Cl: Closing phase, Oc: Occluding phase
ピーク数の分布
BC: 咀嚼側頬側, LC: 咀嚼側舌側, BnC: 非咀嚼側頬側, LnC: 非咀嚼側舌側, I: 咀嚼運動相前期, M: 咀嚼運動相中期, F: 咀嚼運動相後期, Op: 開口相, Cl: 閉口相, Oc: 咬合相

が多く認められた。

4. 咀嚼の進行に伴う変化

筋圧のピーク値においては、咀嚼側頬側においてのみ、咀嚼前期と比べ咀嚼後期で有意に増加した(図6)。一方、ほかの部位では変化が認められなかった。

咀嚼側頬舌側それぞれのピーク数の総数は、咀嚼前期と比べ咀嚼後期では有意に増加した(図7)。咀嚼側頬側では開口相のピーク数が、咀嚼側舌側では開口相、閉口相中のピーク数が有意に増加した(図8)。一方、非咀嚼側においては、頬舌側ともに変化は認められなかった。

IV. 考 察

1. センサ

口腔内の筋圧測定には、従来ダイヤルゲージを用い

図6 Changes of peak pressures during the course of chewing
BC: Buccal surface of chewing side, LC: Lingual surface of chewing side, BnC: Buccal surface of non-chewing side, LnC: Lingual surface of non-chewing side, Initial: Initial stage during the course of chewing, Middle: Middle stage during the course of chewing, Final: Final stage during the course of chewing
咀嚼の進行に伴うピーク値の変化
BC: 咀嚼側頬側, LC: 咀嚼側舌側, BnC: 非咀嚼側頬側, LnC: 非咀嚼側舌側, Initial: 咀嚼前期, Middle: 咀嚼中期, Final: 咀嚼後期

たDynamometer²⁹⁾, マノメーター³⁰⁾, 歪みゲージを用いたカンチレバー¹²⁾, ダイアフラム型圧力センサ^{13,14)}などが用いられてきた。最近、きわめて薄いシート状センサ(Flexiforce, ニッタ)が開発され、構音評価や人間工学の分野に用いられている³¹⁾。このセンサは、非常に薄いこと、形態の自由度が高く、大きさや形をある程度指定できること、さらにセンサの単価が廉価であることなどの利点を有する。今回、このセンサを口腔内の筋圧測定に適するように感度を高め、小型化したものを開発した。本実験で記録された筋圧の最大値は、頬側で141.9 gf/cm², 舌側で361.0 gf/cm²であり、それぞれ使用したセンサの測定範囲内で十分に対応できるものであった。頬側と舌側の筋圧の平均値を比較した場合、各部位ごとに2.2~2.7倍と大きく異なっているため、±10%と比較的大きな測定誤差を有する本センサを用いても、得られる結果に与える影響は少ないと考えられた。

シーネを用いてセンサを口腔内に装着したが、咀嚼時にシーネの変形や電線の動揺が起こると測定値に誤差が生じる。そこで、本実験ではシーネの咬合力による変形を防止するために、ワイヤークラスプを埋入し

図 7 Changes of the number of peaks during the course of chewing
BC : Buccal surface of chewing side, LC : Lingual surface of chewing side, BnC : Buccal surface of non-chewing side, LnC : Lingual surface of non-chewing side, Initial : Initial stage during the course of chewing, Middle : Middle stage during the course of chewing, Final : Final stage during the course of chewing
咀嚼の進行に伴うピーク数の変化
BC : 咀嚼側頬側, LC : 咀嚼側舌側, BnC : 非咀嚼側頬側, LnC : 非咀嚼側舌側, Initial : 咀嚼前期, Middle : 咀嚼中期, Final : 咀嚼後期

図 8 Changes of the number of peaks in 3 phases during the course of chewing
BC : Buccal surface of chewing side, LC : Lingual surface of chewing side, BnC : Buccal surface of non-chewing side, LnC : Lingual surface of non-chewing side, Initial : Initial stage during the course of chewing, Middle : Middle stage during the course of chewing, Final : Final stage during the course of chewing
咀嚼の進行に伴う咀嚼運動相中のピーク数の変化
BC : 咀嚼側頬側, LC : 咀嚼側舌側, BnC : 非咀嚼側頬側, LnC : 非咀嚼側舌側, Initial : 咀嚼前期, Middle : 咀嚼中期, Final : 咀嚼後期

た。さらに常温重合レジンと一液型 RTV ゴムでシーネ中に電線を埋入することにより、電線の動揺による影響を最小限に抑えたとともに、唾液の浸潤を防止することが可能となった。これらの加工を加えた段階で較正を行ったが、センサ特性に変化は認められなかった。以上のことから、使用した筋圧測定装置は口腔内での使用に適したものと思われた。

2. 測定部位

センサの歯面からの突出量については、従来より Gould と Picton^{14,15)} の頬側 2 mm, 舌側 1 mm 以内が 1 つの基準となっている。本実験では、欠損のない正常有歯者を測定対象としたため、頬側 1.2 mm, 舌側 0.6 mm とわずかであるが歯面より突出した。しかし、本研究の目的は、筋圧の絶対値よりも咀嚼側による差異や下顎運動との発現のタイミングを主に検討することであり、今回のセンサの突出量では、それら

が研究結果に及ぼす影響は少ないと思われた。

測定部位には下顎第一大臼歯部も考えられるが、下顎を選択した場合、頬舌側ともに食塊がセンサに頻繁に衝突することによる測定誤差の発生、舌側でのシーネの異物感など、実験遂行上の問題が多い。また、X 線映画法による観察^{32,33)}から、上顎大臼歯部頬側歯列に面する頬筋は、下顎と類似した経路をとり、舌は最大開口時においても、咀嚼側では上顎大臼歯部舌側面に接触していることが報告されている。

以上のことから、上顎の測定結果からも下顎での筋圧の様相を推測可能であると思われる。頬と舌の調和を検討するという本研究の目的を考慮すると、まず不確実な要因の少ない上顎から測定するということが妥当であると考えられた。そこで、シーネや電線の設置が容易で、食塊の衝突による影響の少ない上顎を選択し、シーネが咬合干渉を避けられる範囲内で、咬合平面に最も近い位置にセンサを設置した。

3. 被験食品

筋圧は、咬合圧などと比較すると得られる数値がきわめて小さい。そのため、わずかな動きの違いや、細粒化した食塊の感圧面への衝突などで数値が大きく変動する。そこで、被験食品の選択には、比較的安定した咀嚼パターンを呈し、記録される圧発現波形に規則性があり、異常値を判断しやすい食品が望まれる。また、口腔内にシーネや電線が入ることから、咀嚼運動へのそれらの影響を小さくするため、噛みやすい食品が適している。ガム咀嚼は、咀嚼運動、Electromyography パターンにおいて優れた安定性、再現性を有していることが報告されている³⁴⁻³⁶⁾。また、咀嚼の進行によりガムの硬さが変化し、咀嚼運動が変化することも確認されている³⁷⁾。

以上の点から、今回選択したガムは、咀嚼時の筋圧の動態を検討するうえで、被験食品として妥当であると思われた。

4. 実験結果

1) 咀嚼運動相時間

正常有歯顎者におけるガムの自由咀嚼では、咀嚼周期は平均 0.66 秒であったと報告されている³⁷⁾。本実験ではこの報告を参考に、1 分間に 90 回 (0.67 sec) の頻度を目標として咀嚼させた。実際には、咀嚼前期ではガムがまだ硬いため、咀嚼周期のばらつきは大きかったが、咀嚼中期、後期では安定した値を示した。

加藤³⁷⁾は、ガムの軟化により咀嚼周期にしめる開口相時間の割合は増加し、閉口相時間の割合は減少したと報告しており、本実験でも同様の傾向が認められた。咀嚼の進行に伴いガムが軟化し、咬合が容易になったため、閉口相時間は減少し、規定された咀嚼周期のなかで、開口相時間が相対的に延長したものと思われる。

2) 筋圧のピーク値

咀嚼時のピーク値の平均値は咀嚼側で約 2.7 倍、非咀嚼側で約 2.2 倍と、舌側が頬側より明らかに大きかった。Ingervall ら²³⁾、Fröhlich ら²⁴⁾の正常有歯顎者の上顎臼歯部のビスケット咀嚼時の報告においても、咀嚼側頬側の平均値が約 38 gf/cm²、最大値が 99 gf/cm²、咀嚼側舌側の筋圧の中央値は 95.2 gf/cm²、最大値が 237.3 gf/cm² であり、舌側の値が大きかった。舌は食塊の咬合面への運搬、唾液との混和など咀

嚼時には、頬側と比較し大きな活動が必要となり、そのため、発現する筋圧も大きいものと思われる。

咀嚼時以外でも、頬舌圧の平衡という点から過去の報告をみると、短時間の測定では、口角牽引や強い噛みしめなどの指示された運動の一部で、頬圧が大きい場合²⁰⁾もみられたが、嚥下運動時^{23,24)}や安静時²⁰⁾では、舌圧が頬圧を上回っていた。長時間にわたる測定を行い、筋圧の総和で頬舌圧を比較した Lear と Moorrees¹²⁾ は、上顎第一、第二小臼歯部間の筋圧は咀嚼時、嚥下時では舌圧が優勢であり、安静時や発音時では頬圧が優勢になる場合もあるが、全体の総和では、舌圧が優勢な被験者が多かったと報告している。

以上のことから、人工歯の配列位置を考えると、頬と舌の調和した位置とは、少なくとも咀嚼時においては、頬側と舌側の筋圧が一致する位置とは考え難く、咬合力などのほかの要因との関係も考慮すべき¹¹⁾と思われた。

3) 筋圧のピーク数

筋電図による観察から、咀嚼時には開口相と閉口相のどちらにも頬筋の筋活動が確認されている³⁸⁻⁴⁰⁾。しかし、両相の比較では研究者間に違いがみられ、角倉³⁸⁾、Lundquist³⁹⁾ は頻度、筋活動量ともに閉口相で大きいことを、反対に Schieppati ら⁴⁰⁾は開口相で大きいことを報告している。本研究においても、咀嚼側頬側の開口相と閉口相のピーク数は咬合相に比べ有意に多いものの、開口相と閉口相のピーク数を比較すると被験者により差異が認められた。

閉口相における咀嚼側のピーク数は、頬舌側ともに中期で多かった。X 線テレビ映画法による観察^{32,33)}から、咀嚼時には頬側では最大開口位付近で頬筋の収縮がおこり、閉口相 1/2 程度まで収縮が持続すること、舌側では大臼歯相当部舌縁が最も作業側方へ突出するのは、閉口開始 1/8 程度であり、その後食塊が咬合面からこぼれ落ちるのを防ぐために、作業側臼歯舌側面付近を強く圧迫し壁を作ることが報告されている。閉口相中期は、このように頬と舌で壁を作り、咬合面上で食塊を保持する時期と一致することから、ピーク数の増加がみられたと思われる。

堀ら⁴¹⁾は、グミゼリー咀嚼時にセンサを埋め込んだ上顎口蓋床を設置し、舌圧を計測した結果、咬合相末期から開口相間で筋圧が発現したことから、舌が食片を咀嚼側の歯列咬合面上にのせる働きをしていると推

察している。本実験でも、咀嚼側舌側では咬合相後期から開口相中期の間でピーク数が多く、舌がガムを咬合面に押し戻している様相がうかがえた。

非咀嚼側頬側では、咀嚼時に頬粘膜は下顎の開閉口運動と同調して動き、最大開口時に最も舌側寄りに位置することが報告されている³²⁾。本実験において観察された最大開口位付近でのピーク数の増加は、このような下顎の開閉口運動に付随した頬粘膜の移動によるものと考えられる。そのため、ピーク値そのものの値も小さく、咀嚼の進行によるピーク数の変化も認められなかった。

非咀嚼側舌側では、咬合相後期にピーク数が多かった。戸村³³⁾は、閉口 1/2 時に最大傾斜していた舌が閉口終了時にその角度を最も減じることを報告している。咀嚼側方向にねじれ、閉口相で壁を作っていた舌が咬合相に移り、安静状態に戻ることで、非咀嚼側での舌圧の発現がみられたものと思われる。

4) 咀嚼の進行に伴う変化

木戸⁴²⁾は、正常有歯顎者では咀嚼の進行に伴って食塊の頬側貯留率は順次減少し、舌側貯留率が増加することを報告している。さらに Amemiya ら⁴³⁾は、ガムを用い、食塊の流れを有限要素法を用いて解析し、正常有歯顎者では舌側方向に食塊が誘導されることを報告している。舌側に食塊を落とし唾液と混合することにより、嚥下可能な Bolus を形成することは、咀嚼の目的に適うものである。咀嚼側頬側にみられたピーク値の増加は、このような舌側への食塊の流れを促すため、咀嚼の進行に伴い頬粘膜が歯冠頬側面に密接し、より強固な壁を形成している様相を示すものと思われる。

咀嚼側舌側の開口相、閉口相におけるピーク数の増加は、咀嚼の進行に伴い、舌側に流れやすくなった食塊を、舌が開口相で咬合面上に寄せ、また、閉口相で保持しようと、より活発に活動していたことを示すものと思われる。

以上のように、正常有歯顎者では、頬と舌が協調して咀嚼が進行していることが筋圧の面から示唆された。そこで、全部床義歯装着者においても、有歯顎時と同じ位置に人工歯を戻せば、頬や舌の感覚が有歯顎と変わらないため、義歯との調和が円滑にはかれる⁷⁾。しかし、人工歯が天然歯のあった位置より舌側に配列されると、頬と舌で作られる壁は舌側にずれることになる。頬側ではもともと小さな頬圧はより小さ

くなり、食塊の保持が十分になされず、食塊が頬側に落ち込むことが危惧される。また、舌側では大きな舌圧はさらに大きくなり、義歯の安定が損なわれることが心配される。実験的にも舌房の侵害により咀嚼リズムが乱れることが報告されている⁴⁴⁾。この頬と舌による壁は、同時に咬頬、咬舌を避けるための機構ともなっていると考えられている³⁶⁾。咬合平面が低く設定されると、頬と舌の上下顎咬合面間への最突出位置が下方にずれることになり、下顎運動と頬、舌との調和の乱れが危惧される。そこで、今回得られた正常有歯顎者の結果を基準として、全部床義歯装着者では、人工歯の位置や咬合平面の高さの違いにより筋圧がどのように変化するか、今後さらに検討する必要があると考える。

V. 結 論

正常有歯顎者のガム咀嚼時における上顎左右第一大臼歯部頬舌側に加わる筋圧と下顎運動を測定、分析し、以下の結論を得た。

1. ピーク値の大きさは舌側が頬側より有意に大きく、また、頬舌側ともに咀嚼側が非咀嚼側より有意に大きかった。

2. 咀嚼側頬側および舌側では、咬合相では後期が、開口相では中期が、そして閉口相では中期にピークが多く認められ (図 5)、咬合相後期から開口相中期に向かってピーク数が大きく増加していた。非咀嚼側頬側では、開口相後期、閉口相前期にピーク数が多く認められ、非咀嚼側舌側では咬合相後期および開口相中期にピーク数が多く認められた。

3. 咀嚼の進行により、咀嚼側頬側のピーク値は有意に増加した。また、咀嚼側頬側では開口相のピーク数が有意に増加し、咀嚼側舌側では開口相、閉口相のピーク数が有意に増加した。非咀嚼側では咀嚼の進行に伴う変化は認められなかった。

以上のことから、正常有歯顎者において、咀嚼側では頬と舌が協調して咀嚼が進行していることが筋圧の面から示唆された。

稿を終えるにあたり、終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜りました東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科摂食機能回復学講座摂食機能評価学分野の早川 巖教授に深甚なる感謝の意を表します。さらにご支援をいただきました教員各位に心よ

り感謝いたします。最後に、本研究に快くご協力いただきました被験者諸氏にお礼申し上げます。

本論文の要旨の一部は、第6回日本補綴歯科学会東関東支部学術大会(2003年2月9日, 東京)において発表した。

文 献

- 1) Faber BL. Retention and stability of mandibular dentures. *J Prosthet Dent* 17: 210-218, 1967.
- 2) Fish EW. Principles of full denture prosthesis, 6th ed. 32-57, London: Staples Press, 1964.
- 3) Lott F, Levin B. Flange technique, An anatomic and physiologic approach to increased retention, comfort and appearance of dentures. *J Prosthet Dent* 16: 394-413, 1966.
- 4) 細井紀雄, 大貫昌理. フランジテクニク—全部床義歯の筋圧維持法— 11-33, 東京: 口腔保健協会, 2001.
- 5) 藤原 顕. 下顎総義歯の歯肉部形態とその安定性との相互関係に関する研究. 補綴誌 17: 135-145, 1970.
- 6) 鈴木哲也, 小林賢一. 難症総義歯への対応 フランジテクニクを再検討する. 日歯医師会誌 45: 100-109, 1992.
- 7) 早川 巖. コンプリートデンチャーの理論と臨床 総義歯をイメージする 65-106, 東京: クインテッセンス出版, 1995.
- 8) 早川 巖. 総義歯の研磨面形態 デンチャーカントップをイメージする 7-22, 東京: クインテッセンス出版, 1991.
- 9) Murphy M. The neutral zone and the polished surface of full dentures. *Dent Pract* 16: 244-248, 1966.
- 10) Beresin VE, Schiesser FJ (柳田尚三, 小林義典, 鳥居建吾). The neutral zone in complete dentures. Principles and technique (ニュートラルゾーン総義歯学—その理論と実際— 1-15, 東京: 医歯薬出版, 1976), 1973.
- 11) Proffit WR. Equilibrium theory revisited: Factors influencing position of the teeth. *Angle Orthod* 48: 175-186, 1978.
- 12) Lear CSC, Moorrees CFA. Buccolingual muscle forces and dental arch form. *Am J Orthod* 56: 379-393, 1969.
- 13) Winders RV. Forces exerted on the dentition by the perioral and lingual musculature during swallowing. *Angle Orthod* 28: 226-235, 1958.
- 14) Gould MSE, Picton DCA. A method of measuring forces acting on the teeth from the lips, cheeks, and tongue. *Br Dent J* 112: 235-242, 1962.
- 15) Gould MSE, Picton DCA. An evaluation of a method of measuring forces exerted by the tongue on the teeth. *Br Dent J* 114: 175-180, 1963.
- 16) 黒田敬之. 吸綴運動時の口腔内圧の研究—拇指吸引癖に関連して—. 口病誌 31: 276-300, 1964.
- 17) 窪田勝信. 顎の静止ならびに運動時における口腔筋圧について. 日矯歯誌 27: 217-246: 1968.
- 18) Luffingham JK. Pressure exerted on the teeth by the lips and cheeks. *Dent Practit Dent Rec* 19: 61-64, 1968.
- 19) Christiansen RL, Evans CE, Sue SK. Resting tongue pressures. *J Dent Res* 49: 92-97, 1979.
- 20) 下山和弘. 下顎大臼歯頰舌側面における筋圧. 口病誌 49: 633-662, 1982.
- 21) 鈴木哲也. 上顎中切歯, 犬歯唇側面における筋圧. 補綴誌 29: 1-14, 1985.
- 22) Archer SY, Vig PS. Effects of head position on intraoral pressure in class I and class II adults. *Am J Orthod* 87: 311-318, 1985.
- 23) Ingervall B, Thüer U. Cheek pressure and head position. *Angle Orthod* 58: 47-57, 1987.
- 24) Fröhlich K, Thüer U, Ingervall B. Pressure from the tongue on the teeth in young adults. *Angle Orthod* 61: 17-24, 1991.
- 25) Casas MJ, Kenny DJ, MacMillan RE. Buccal and lingual activity during mastication and swallowing in typical adults. *J Oral Rehabil* 30: 9-16, 2003.
- 26) 関田俊明. 上顎全部床義歯の咬合時の動揺に関する研究. 補綴誌 35: 137-150, 1991.
- 27) 甲藤克彦. 咀嚼運動機能の計測と指標に関する研究. 愛院大歯誌 25: 229-249, 1987.
- 28) 熊谷 宏. 全部床義歯装着者の咀嚼運動に関する臨床的研究 咀嚼運動経路と咬合接触について. 口病誌 60: 15-34, 1993.
- 29) Friel S. An aspect diagnosis: Use of muscle dynamometers. *J Dent Res* 46: 678-683, 1926.
- 30) Feldstein L. An Instrument for measuring muscular forces acting on the teeth. *Am J Orthod* 36: 856-859, 1950.
- 31) 今井智子, 和久本雅彦, 丹生かず代. パラトグラフィーによる構音の評価. 音声言語医学 41: 159-169, 2000.
- 32) 大森明彦. X線テレビ映画法による頬粘膜の運動変化について. 歯科学報 79: 1757-1809, 1979.
- 33) 戸村善明. X線テレビ映画法による咀嚼時の舌運動について. 2. 前額方向からの観察. 歯科学報 80: 33-51, 1980.
- 34) Mushimoto E, Mitani H. Bilateral coordination pattern of masticatory muscle activities during chewing in normal subjects. *J Prosthet Dent* 48: 191-197, 1982.
- 35) 田中康隆. EMG Coordination Pattern からみた咀嚼運動の食品差について. 補綴誌 32: 798-813, 1988.
- 36) 今井敦子, 川添堯彬, 田中昌博ほか. 各種食品咀嚼時における舌運動観察に関する超音波画像の応用. 補綴誌 40: 338-346, 1996.
- 37) 加藤信次. 顎関節機能障害者の切歯点における咀嚼運動について. 歯科医学 41: 117-146, 1978.
- 38) 角倉 紳. 咀嚼運動時における口輪筋と頬筋の筋活動に関する研究. 歯科学報 91: 871-907, 1991.
- 39) Lundquist DO. An electromyographic analysis of the function of the buccinator muscle as an aid to denture retention and stabilization. *J Prosthet Dent* 9: 44-52, 1959.
- 40) Schieppati M, Francescisco G, Nardone A. Patterns of activity of perioral facial muscles during mastication in man. *Exp Brain Res* 77: 103-115, 1989.
- 41) 堀 一浩, 小野高裕, 耕田英樹ほか. 咀嚼時の舌圧発現様相と下顎運動との関連性. 補綴誌 45・105 回特別号: 552, 2001.
- 42) 木戸寿明. 咀嚼時の食物動態に関する研究. 補綴誌 40: 524-534, 1996.
- 43) Amemiya K, Hisano T, Ishida K et al. Relationship between the flow of bolus and occlusal condition during mastication—computer simulation based on the measurement of characteristics of the bolus. *J Oral Rehabil* 29: 245-256, 2002.
- 44) 児玉秀夫. 舌房の侵害が顎筋活動におよぼす影響. 歯学 65: 1008-1042, 1978.

著者連絡先: 織田 展輔

〒113-8549 東京都文京区湯島1-5-45

TEL: 03-5803-5583

FAX: 03-5803-0214

E-mail: n.oda.ore@tmd.ac.jp

Muscle Pressures during Chewing

—Pressures Exerted on the Buccal and Lingual Surfaces of the Maxillary First Molar Area—

Oda Nobusuke

Complete Denture Prosthodontics, Department of Masticatory Function Rehabilitation,
Division of Oral Health Sciences, Graduate School, Tokyo Medical and Dental University
(Chief : Prof. Hayakawa Iwao)

J Jpn Prosthodont Soc 48 : 261-270, 2004

ABSTRACT

Purpose : The purpose of this study was to clarify the behavior of buccal and lingual muscles of subjects without stomatognathic dysfunction by analyzing muscle pressures.

Methods : Six male subjects (average age 27.1 ± 0.7) without stomatognathic dysfunction participated in this study. Pressure-measuring pieces which were made of self-curing acrylic resin with sheet formed sensors (Custom button sensor, Nitta), were placed around the maxillary molar areas except occlusal surfaces. Muscle pressures exerted on the buccal and lingual surface areas of the maxillary first molar were recorded bilaterally during chewing. Mandibular movements were recorded simultaneously. Peak pressures and the number of peaks were compared between buccal and lingual, chewing side and non-chewing side, and changes during the course of chewing.

Results : The lingual peak pressure was significantly higher than the buccal peak pressure on the chewing side and non-chewing side. Not only was the buccal pressure on the chewing side significantly higher than that on the non-chewing side, but also the lingual pressure on the chewing side was significantly higher than that on the non-chewing side. Peaks were frequently seen from the final stage of the occluding phase to the middle stage of the opening phase and in the middle stage of the closing phase on the chewing side. During the final stage of course of chewing, the peak pressure on the buccal surface of the chewing side was significantly increased and the number of peaks on both buccal and lingual surfaces were significantly increased. However there was no change on the non-chewing side.

Conclusions : This study examined subjects without stomatognathic dysfunction, and indicated the coordination of buccal and lingual muscles of the chewing side during chewing in regard to muscle pressures.

Key words

muscle pressure, masticatory movement, chewing side, non-chewing side