

偏側咀嚼習慣が下顎機能と顔面形態に及ぼす影響

市川 淳一郎 宇野 光 乗 石 神 元 倉 知 正 和

Effect which the Habitual Chewing Side does to Jaw Function and Face Form

ICHIKAWA JUNICHIROU, UNO MITSUNORI, ISHIGAMI HAJIME and KURACHI MASAKAZU

偏側咀嚼習慣の程度の違いが顔面形態差と左右的顎機能差(咀嚼能率, 咬合接触面積)とに及ぼす影響について比較的若い年齢(24.2歳 \pm 0.9)を対象とし検討したところ, 以下の結論を得た.

1. 習慣側が確定している者(明確群)の習慣側は, 対側に比べ顔面の幅, 長径が大きい, 膨らみは少なく, 咀嚼能率が高く, 咬合接触面積が大きく, 左右差が大きい.
習慣側が確定していない者(不明確群)は, 顔面形態, 咀嚼能率は明確群と同傾向, 左右差は少ない.
咬合接触面積は小さい.
2. 明確群の内, 偏側咀嚼習慣の程度が高い(LI値 \pm 3, 4, 5)者は, 顔面形態と咀嚼能率, 接触面積との間で高い相関関係($r=0.76$)が認められた.
3. 以上から, 偏側咀嚼習慣の程度が顕著な者は, 若い年齢でも, 咀嚼能率, 咬合接触面積, そして顔面形態を左右的非対称とさせることが示唆された.

キーワード: 偏側咀嚼習慣, 咀嚼能率, 咬合接触面積, 顔面形態

This study concerns the difference in the grade of the habitual chewing side, facial symmetry and jaw function(masticatory efficiency, occlusion contact surface product) The subjects were 24.2 years old \pm 0.9. The results were as follows.

1. Subjects (clear group) in whom the habitual chewing side had been decided had a large occlusion contact surface product with masticatory efficiency swelling, large facial width and facial major axis compared with the non-habitual side and sufficient, and facial laterality was large.
2. In the clear group, a correlation ($R = 0.76$) with person high between face gestalt, masticatory efficiency, and occlusion contact surface product and a high (LI value \pm 3, 4, 5) grade of the habitual chewing side was accepted.
3. Therefore, in masticatory efficiency, occlusion contact surface product, and facial gestalt, individuals with remarkable grade of the habitual chewing side were noted with right-and-left asymmetry even at a young age.

Key words: Habitual chewing side, Masticatory efficiency, Occlusion contact area, Face form

緒 言

通常, 咀嚼は左右どちらか片側で行われ, 対側に比べて咀嚼回数が多い側, あるいは咀嚼しやすい側を習慣性咀嚼側と呼ぶ。こうした咀嚼習慣は生来的なものではなく, 歯, 歯周組織の疾患, あるいは左右不均衡な成長など後天的な要因により生じる¹⁻⁷⁾とされている。また, この咀嚼習慣は全てに存在するものではないが大多数の人に存在し, この習慣を長期間持続することによって機能的左右差をもたらす, 咀嚼運動の経路^{8,9)}

や筋の活動様相¹⁰⁻¹³⁾, さらには顔貌を左右的に非対称とさせる要因になり得ることが示唆されている^{14,15)}。

一方, この片側に偏った咀嚼習慣, すなわち偏側咀嚼習慣には程度があるとして, 倉知ら¹⁶⁾は偏側咀嚼習慣の程度を偏側咀嚼指数として数量化することを提言しているが, この程度と顎口腔系の左右的機能差, 形態差とは相互関係を有すると推察されるものの, 明確にされていないのが現状である。

本研究は偏側咀嚼習慣の程度と顎口腔系の左右的機能差, 形態差との関係を検索することを目的として,

年齢が比較的若い者を対象として、偏側咀嚼習慣の程度が顎口腔系に及ぼす影響を、顔面形態、咀嚼能率および咬合接触面積の左右側差から検討した。

研究方法

1. 被験者

被験者には、朝日大学歯学部男子学生の中から、天然歯列を有し、第三大臼歯を除いて歯の欠損がなく、全身および顎口腔系に自・他覚的に異常を認めない37名(平均24.2歳±0.9)を採択した。なお、いずれの被験者も研究内容とその趣旨を十分に説明し、理解の得られた者のみである。また、本研究は1997~1999年の間に行ったものである。

2. 習慣性咀嚼側の判定

各被験者の習慣性咀嚼側(以下、習慣側)の判定は、倉知らの方法¹⁶⁾によって算出した偏側咀嚼指数(以下、LI値)の正負、問診そしてピーナッツの咀嚼開始第一ストロークの咀嚼側という3種類の方法を用いた。

1) LI値

LI値は、Sirognathograph(シーメンス社、以下、SGG、東京)を用いて記録した前頭面的な咀嚼運動軌跡から判定した左右側各々の咀嚼回数から求めた。

静電シールドルーム内の木製椅子にリラックスした姿勢でかけさせ、眼耳平面が可及的に床と平行になるようにしてから、あらかじめ十分に軟化しておいたガム(フリーゾーン[®]、ロッテ社、東京)1枚を、咀嚼開始の合図とともに60秒間の自由咀嚼させた。咀嚼側の判定可能なストロークを有効ストローク数として、全有効ストローク数に対する左右各々の有効ストローク数を、次式(右側咀嚼数-左側咀嚼数)/(右側咀嚼数+左側咀嚼数)×100に代入して偏側咀嚼の頻度割合¹⁶⁾を算出した。

得られた値は-100~+100%の間に分布するが、これを正負ともに20%ごとの5階級に区分して、LI値を算出した。

したがって、LI値が正の場合には右側を習慣側、負の場合は左側を習慣側とした。また正負ともにLIの数値が大きいほど偏側咀嚼習慣の程度が高いことを意味する。

2) アンケート

習慣側の有無をアンケート形式で回答させた。

アンケートの内容は「食事の際、好んで咀嚼する側はどちらですか?」という質問に対し、「右・左・どちらでもない」という3つのカテゴリーから選択、回答させた。

3) ピーナッツの咀嚼開始第一ストローク

ピーナッツ1gを舌背中央部に乗せ中心咬合位で閉

口させた後、合図とともに咀嚼させた際の第一ストロークを、著者の視覚と被験者に確認することによって判定した。

3. 顔面形態の計測方法

1) 2次元的(顔面輪郭)計測

被験者のフランクフルト平面が床と平行になるようにイヤードによって頭部を固定後、咬頭嵌合位で軽く咬合させた状態を、イヤードとレンズ間距離を150cmとし、レンズ中心軸が両側イヤードの中心に一致するように設定した規格写真撮影装置によって撮影した。現像して得られた顔面正貌規格写真を2.5倍に引き延ばした後、以下に示す方法で設定した顔面各部位間距離を計測した。

左右内眼角の中心を基準点A、左右内眼角を結ぶ延長線を基準線Xとし、基準線Xが顔面輪郭と交差する点を起始点として、基準点Aを中心に10度刻みとした放射状分割線が顔面輪郭と交わる左右的対称な9部位(点0~80)の18ポイントと基準線Xに垂直なCS-90を加えた19ポイントを設定し、各々基準点Aとの距離計測を行った(図1)。

上記の計測はデジタイザーDT-1000マイタレット(グラフテック社、神奈川)を使用し、PC-9801RA(NEC社、東京)に入力した。

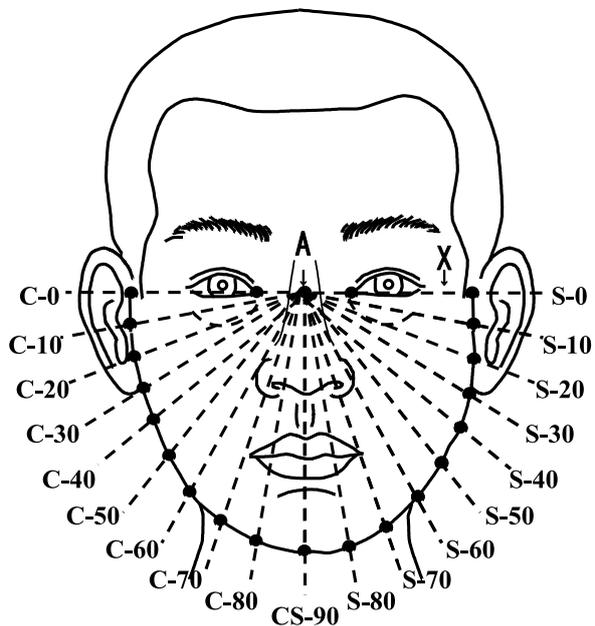


図1 顔面2次元的計測部位

2) 3次元的計測

顔面形態の3次元計測には、非接触型三次元動画画像解析システムMAS-TD V2.00(ケイオー電子工業社、大阪)を用いた(図2)。

フランクフルト平面が床と平行となるようイヤード



図2 非接触型三次元動画画像解析システム

ロッドで頭部を固定し、後記する計測各部位に直径5 mmのプラスチック小球を貼付した後、咬頭嵌合位で軽く咬合させた状態を画像に取り込んだ。

計測部位は、まず計測基準点を両内眼角の midpoint から垂線を下ろした鼻下点とした。次に、鼻翼下縁(点3)から鼻聴道線と平行な2, 4 cm 外方の各2部位(点2, 1)と、この部位から1 cm 下方の各部位(点4, 5), そして口角(点6)の6部位12ポイントとし、このポイントと鼻下点を含んだ前頭面との距離を計測した(図3)。

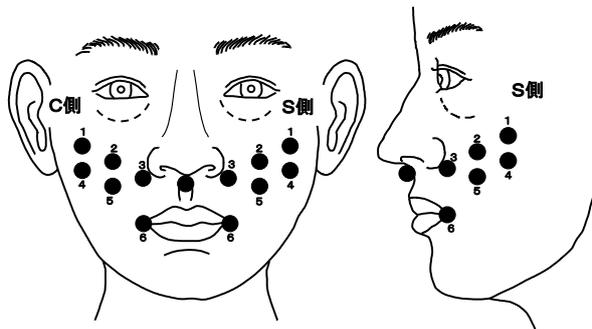


図3 顔面3次元計測部位

4. 咀嚼能率

咀嚼能率は、食品中からの溶出グルコース濃度測定法を用い、片側ごとで測定した。

グミゼリー(果汁グミグレープ100[®], 明治製菓, 東京) 1個(3.9g ± 0.1)を、嚥下させないようにして15回の片側による咀嚼を行わせた。ついで20, 30mlの水を含ませ、口内の全てのグミをピーカーに吐き出させた。それを20の蒸留水で30秒間水洗し、唾液を取り除いた。そして一旦ピーカー中の水を捨てた後、35, 30mlの蒸留水中にて、スターラーを用いて一定速度で30秒間攪拌したその上澄み液中のグルコース溶出量を、血糖値測定装置TIDE(バイエル・三共社, 東京, 図4)を用いて測定した。左右側各々で得られ

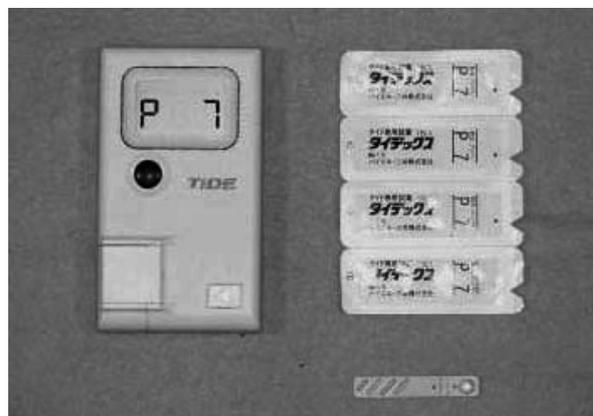


図4 血糖値測定装置

た測定値を咀嚼能率の指標とした。

5. 咬合接触面積

被験者をフランクフルト平面が床に平行になるように座らせた後、デンタルプレスケール50H・Rタイプ(富士フィルム社, 東京)を中心咬合位で3秒間最大咬合力で咬合させた。これを咬断表面積測定器オクルーザーFDP703(富士フィルム社, 東京, 図5)によって解析し、臼歯部の咬合接触面積(以下、接触面積)を左右側各々で求めた。



図5 咬断表面積測定器

6. 解析方法

1) 被験者の分類と分析方法

まず、既述した3種類の方法で判定した習慣側が全て一致した者(以下、明確群)と、一致しなかった者(以下、不明確群)に分類した。この分類下で習慣側の存在が顔面形態、咀嚼能率および接触面積に及ぼす影響を観測項目ごとの左右側で求めた平均値と標準偏

差によって、比較検討した。

ついで、明確群に分類された被験者を偏側咀嚼習慣の程度が低い(LI±1, 2)群と、高い(LI±3, 4, 5)群に分類し、前者を顕著群、後者を非顕著群とした。これに先の不明確群を加えた3群間で、偏側咀嚼習慣の程度が顔面形態と咀嚼能率、接触面積の左右的歪み間の相互依存関係に及ぼす影響を比較検討した。

2) 正準相関分析

顔面形態と咀嚼能率、接触面積との相互依存関係は、1変量(観測項目)ずつによる単相関ではなく、複数の構成要素間の相関関係をも同時に考慮し、それらを一塊として分析する正準相関分析によって求めた正準相関係数によって比較することとした。

正準相関分析に際しては、顔面形態の2および3次元計測の各々左右的対称な9部位と6部位から、顔面形態の左右側差が表出しやすいと考えた各1変量を抽出した。

その後、顔面形態の2変量を目的変量とし、咀嚼能率と接触面積の2変量を説明変量とした正準相関分析を行った。正準相関分析のアルゴリズムは統計解析ソフト・エクセル統計(エスミ社、東京)を使用した。

なお、分析に用いたサンプルデータは顔面形態、接触面積、咀嚼能率いずれも被験者ごとに次式(習慣側での値 - 対側での値) / (習慣側での値 + 対側での値) × 100に代入して求めた Asymmetry Index(以下、AI)を用いた。

また、各被験者の習慣側は、便宜上、LI値の符号(正負)によって判定した側とし、習慣側をC側に、対側をS側として分析した。

結 果

1. 習慣側の判定

1) LI値とその分布様相

全被験者37名中、LI値の符号が正、すなわち習慣側が右側と判定した者は16名で、LI値の符号が負、すなわち習慣側が左側と判定した者は21名であった。

偏側咀嚼習慣の程度を示すLI値は、LI±1が13名と最も多く、ついでLI±3に9名が、そしてLI±2に8名が分布した。最少はLI±4の3名であった(図6)。

2) アンケート

アンケートの結果、習慣側が「どちらでもない」と回答したものは皆無で、「右側」と回答した者は19名、「左側」と回答した者は18名であった(図7)。

3) ピーナッツの咀嚼開始第一ストローク

ピーナッツ咀嚼による判定では、習慣側が右側であったのは15名で、左側であったのは22名であった(図

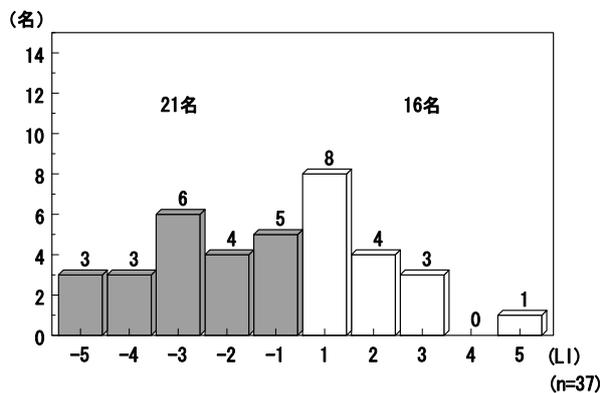


図6 全被験者のLI値分布

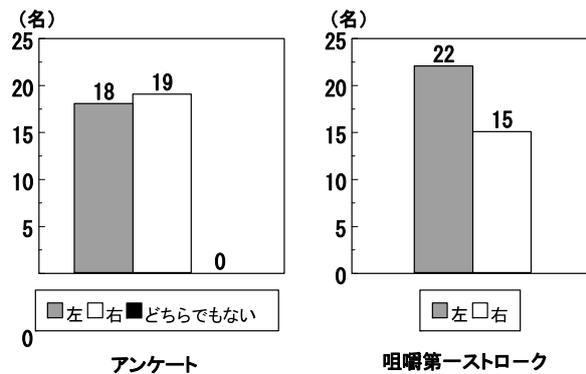


図7 習慣側の判定

7)。

2. 被験者の分類

3種類の判定結果がすべて一致した被験者(明確群)は26名存在した。

偏側咀嚼習慣の程度が低いLI±1(7名)とLI±2(6名)には13名が、そして偏側咀嚼習慣の程度が高いLI±3, 4, 5には13名が該当した(図8)。

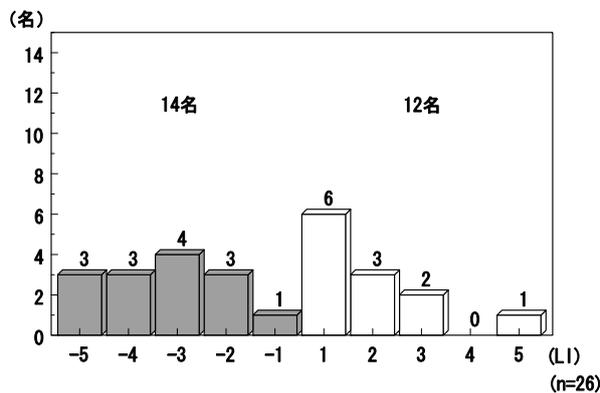


図8 明確群のLI値分布

一方、3種類の判定結果のうち習慣側の判定が1種類でも異なった者(不明確群)には11名が該当したが、LI±4, 5には1名も該当しなかった(図9)。

3. 顔面形態

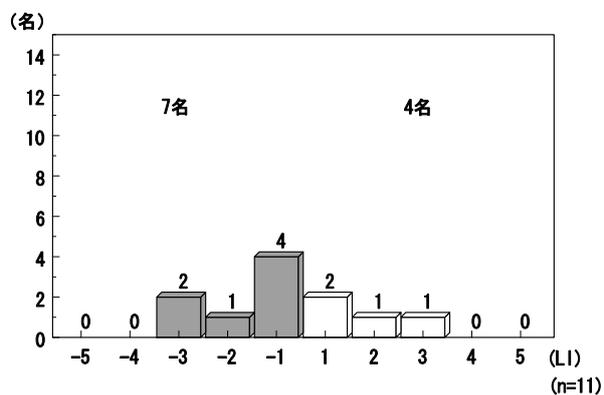


図9 不明確群のLI値分布

1) 2次元計測

図10は2次元計測19ポイントの観測値の平均値と標準偏差を群(明確群, 不明確群)別にグラフ表示したものである。

平均値では、いずれのポイントも明確群のほうが不明確群よりもやや大きい傾向がうかがわれる。また両群とも下顎角からオトガイ付近にかけて大きな値であること、そしてC側の方がS側よりも大きい傾向を示していることが共通している。また、左右的に対称な計測ポイント間で求めた観測値の左右側差(C側とS側との差分)は、いずれも明確群のほうが不明確群よりも大きいことが推察された(図11)。

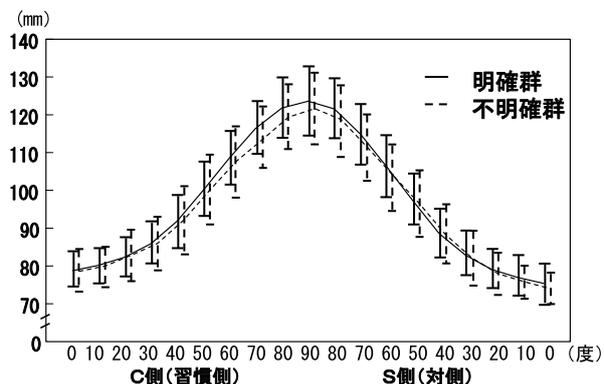


図10 顔面2次元計測値の平均と標準偏差

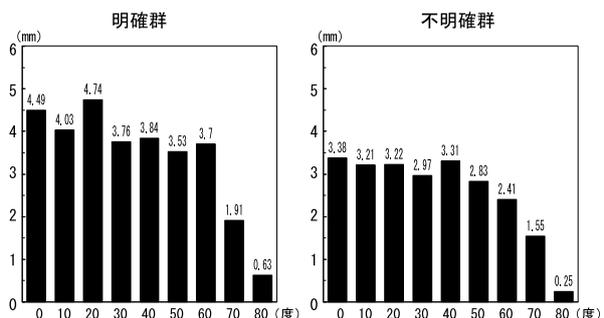


図11 明確群と不明確群における左右差

標準偏差では、C側、S側いずれも不明確群のほうが大きな値を示し、特にC-50付近が顕著であった。

2) 3次元計測

図12は、3次元計測12ポイントの観測値の平均をグラフ表示したものである。グラフ横軸が前頭面で、中央の点が鼻下点に相当する。

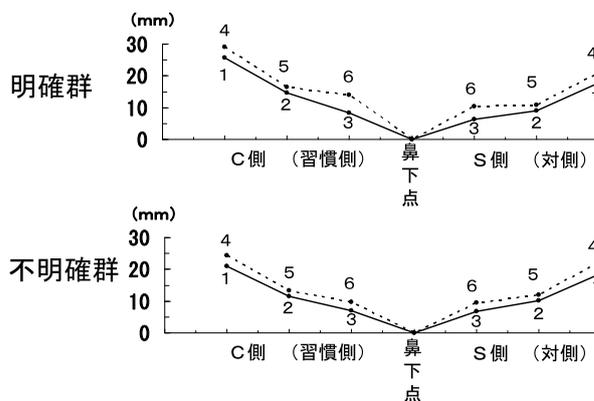


図12 顔面3次元計測値の平均

両群ともに上方の計測ポイント(点1, 2, 3)が大きい傾向を示すこと、そして習慣側のほうが対側よりも大きな値、すなわち膨らみが少ない傾向を示したことは共通した。また、左右的な対称部位間での左右差は明確群が顕著であった。

4. 咀嚼能率

図13に咀嚼能率の平均値と標準偏差を群別にグラフ表示した。

明確群は習慣側が193.05mg/dl ± 55.59を、対側が185.03mg/dl ± 61.01を示し、平均値では習慣側が、標準偏差は対側のほうが大きい傾向を示した。

不明確群は習慣側が191.15mg/dl ± 59.58を、対側が186.87mg/dl ± 59.78を示し、平均値では習慣側がやや大きいことが推察された。

習慣側と対側との平均値での左右側差は、不明確群

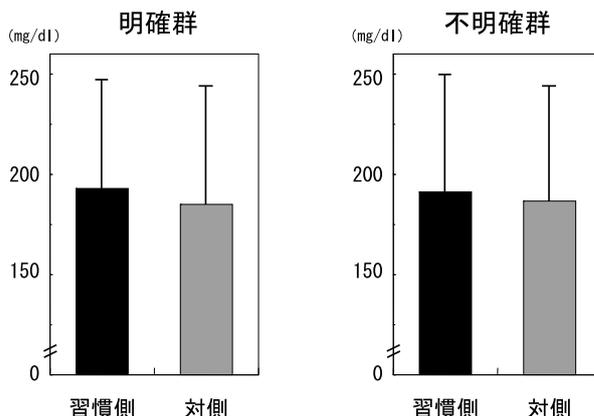


図13 咀嚼能率の群間比較

より明確群のほうがやや大きいことが推察される。

5. 咬合接触面積

図14に接触面積の平均値および標準偏差を群別にグラフ表示した。

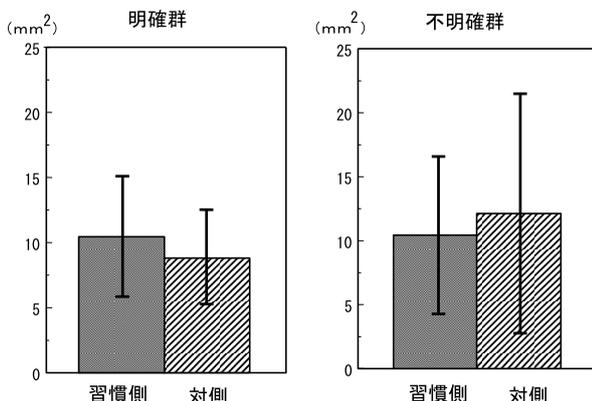


図14 咬合接触面積の群間比較

明確群では、習慣側 (10.45mm² ± 4.66) のほうが、対側 (8.81mm² ± 3.65) より大きい値を示した。

不明群では、習慣側 (10.44mm² ± 6.15) が対側 (12.13mm² ± 9.35) より小さな値を示し、咀嚼能率とは逆の傾向を示した。

6. 顔面形態の特徴抽出

1) 顔面各部形態の相互関係

全被験者を対象として、顔面形態の2次元計測の9部位間と3次元計測の6部位間の相互関連性を、AI値を用いて直線回帰して得られた単相関係数から検討した(表1)。

2次元計測の9部位間の単相関係数(表1)は、最小でもCS-0とCS-70間が示したr=0.45で、最高はCS-0とCS-10間が示したr=0.97であった。また、3次元計測の6部位間では、最小でもCS-4とCS-6間がr=0.87を示し、いずれの計測部位間でも比較的大きな相関を有することが認められた。

一方、2次元計測9部位と3次元計測6部位のAI間での単相関係数は、最大でもCS-30とCS-6間が示したr= -0.28であった。

したがって、顔面形態は2次元計測9部位と3次

表1 顔面各部位測定値間の単相関行列

(n=37)														
	CS-0	CS-10	CS-20	CS-30	CS-40	CS-50	CS-60	CS-70	CS-80	CS-1	CS-2	CS-3	CS-4	CS-5
CS-0	1	0.97	0.94	0.88	0.84	0.79	0.61	0.45	0.46	-0.10	-0.16	-0.16	-0.11	-0.16
CS-10		1	0.95	0.88	0.85	0.80	0.63	0.49	0.48	-0.07	-0.13	-0.12	-0.08	-0.13
CS-20			1	0.94	0.91	0.87	0.72	0.57	0.52	-0.11	-0.16	-0.15	-0.11	-0.17
CS-30				1	0.96	0.93	0.79	0.67	0.61	-0.16	-0.20	-0.17	-0.16	-0.21
CS-40					1	0.96	0.81	0.88	0.62	-0.15	-0.18	-0.13	-0.15	-0.20
CS-50						1	0.91	0.80	0.72	-0.11	-0.11	-0.08	-0.10	-0.14
CS-60							1	0.93	0.84	-0.03	-0.02	-0.01	-0.01	-0.06
CS-70								1	0.87	-0.06	-0.05	-0.05	-0.03	-0.09
CS-80									1	-0.14	-0.11	-0.13	-0.10	-0.16
CS-1										1	0.97	0.99	0.97	0.98
CS-2											1	0.94	0.96	0.99
CS-3												1	0.88	0.93
CS-4													1	0.96
CS-5														1
CS-6														

元的計測6部位からの抽出各1変量に代表させることとした。

2) 変量選択

顔面計測各部位と咀嚼能率、接触面積のAI間で求めた単相関係数(表2)の検討から、顔面形態を代表する変量の選択を行った。

咀嚼能率との単相関係数は、2次元計測との間ではCS-60と70が大きな値を示し、3次元計測とではCS-2と5が比較的大きな値を示した。

接触面積との単相関係数は2次元計測の間ではCS-80と60が大きな値を示し、3次元計測とではCS-1と5が比較的大きな値を示した。咀嚼能率および接触面積とのいずれとも比較的大きな相関を示したのは、2次元計測ではCS-60、3次元計測ではCS-5であった。したがってこの2変量を顔面形態を代表する変量として抽出した。

7. 正準相関分析

明確群をさらに分類した顕著群(13サンプル)と非顕著群(13サンプル)、そして不明群の3群(11サンプル)を分析対象とし、それぞれ顔面形態からの抽出2変量(CS-60, CS-5)を目的変量として、咀嚼能率と接触面積を説明変量とした正準相関分析を行った。

その結果を表3に示したが、第一正準相関係数は不明群がλ1=0.48を、非顕著群がλ1=0.62を、そして顕著群が最大のλ1=0.76を示した。また分析精度においてこれら3群のうち顕著群のみが危険率5%で有意性が認められた。

表2 顔面形態と咀嚼能率、接触面積との単相関係数 (n=37)

	咀嚼能率	接触面積
CS-0	0.06	-0.09
CS-10	0.04	-0.06
CS-20	0.01	-0.10
CS-30	0.06	-0.17
CS-40	0.07	-0.20
CS-50	0.11	-0.19
CS-60	0.13	-0.21
CS-70	0.12	-0.17
CS-80	0.10	-0.25
CS-1	0.18	0.33
CS-2	0.24	0.31
CS-3	0.14	0.28
CS-4	0.17	0.30
CS-5	0.23	0.32
CS-6	0.13	0.28

表3 正準相関分析

不明確群		非顯著群		顯著群	
正準相関係数		正準相関係数		正準相関係数	
$\lambda 1 = 0.48 (ns)$		$\lambda 1 = 0.62 (ns)$		$\lambda 1 = 0.76 (*)$	
係数ベクトル		係数ベクトル		係数ベクトル	
CS-60	-0.994 咀嚼能率 0.840	CS-60	-0.160 咀嚼能率 0.816	CS-60	-0.162 咀嚼能率 0.282
CS-5	0.182 接触面積 -0.480	CS-5	0.886 接触面積 0.719	CS-5	0.920 接触面積 0.978

(*: p < 0.05)

考 察

1. 実験方法について

1) 被験者について

被験者には男性を用いた。北條⁵⁾は顔面の体積の左右的非対称率は、女性のほうが男性よりほとんどの部位で大きい傾向を示し、前方部の下唇、オトガイ部では有意差があったことを、また森ら¹⁷⁾は眼耳平面付近での水平断非対称率は女性のほうが男性より有意に大きかったことを報告しており、これらの部位で左右的非対称率に性差がみられたのは、皮下脂肪や軟組織の厚さがその大きな要因であると考察している。

一方、咀嚼筋機能や顎口腔系機能の左右的不均衡が顎顔面形態の非対称性に関連する¹⁴⁾ことが、そして顔面は加齢とともに脂肪組織、皮膚表面の変化、表情筋、咀嚼筋などの変化によって非対称性が増大する¹⁰⁻¹⁴⁾ことが報告されている。したがって、左右的機能差の持続が顔面形態の非対称性を時間依存性に増加する可能性は推察されるが、比較的年齢の若い成人では、明確にされていない。そこで、本論では皮下脂肪や軟組織の影響を受けにくいと考えられる男性で、年齢が比較的若く、咀嚼について理解ある歯学部学生を被験者とした。

2) 習慣側の判定方法について

習慣側の判定には3種類の方法を用いた。LI値は当教室の倉知ら¹⁶⁾が、習慣側が咀嚼時に好んで用いる側である以上、対側に比較して咀嚼頻度が多い側が習慣側であるとの考えから導入したもので、その数値の大きさは偏側咀嚼習慣の程度を、そして数値の正負は習慣側が左右側のどちらであるかを表すものである。

また、アンケートによる方法は、被験者自身が自覚する側を習慣側と判定したものであるが、これは習慣側は顎口腔機能が左右不均衡な状態であるために認識される¹⁸⁾と考えられる。実際、河村¹⁹⁾は習慣側と筋活動量は一致すると述べている。

つぎに習慣側を咀嚼開始時の第一ストロークから判定する方法は、咀嚼時の偏好パターンは咀嚼時の抵抗

感と関連があるとした Delport ら²⁰⁾が、硬さの異なる4種類の食品を用いて、その第一ストロークの咀嚼側を優位側として判定したことを参考としたものであるが、硬い食品および大きな食品を咬むためには大きな咬合力を要し、そのために開口量や下顎の側方偏位量が大きくなる²¹⁾ことから、目視によって比較的容易に判定できる。

これら3種類の判定方法のうち、どの方法が真の習慣側を示したものであるのかは不明であるが、これら3種類の判定による習慣側が全て一致し、しかもLI値の絶対値が大きい者(顯著群)が習慣側の存在が明確であるとしたのは、倉知ら¹⁶⁾も述べているように、LI値の絶対値が大きい者は、他2種の判定方法とよく合致していたことから妥当であると考えた。

3) 計測方法について

(1) 顔面形態について

顔面形態は2次元計測と3次元計測による2種類の方法を用いて計測したが、2次元計測は各被験者の顔面輪郭が同一の規定条件で測定することが容易である²²⁾こと、そして著しく片側に偏った咀嚼習慣を長期間持続している者の顔貌は、正面から観察した場合に習慣側は下顎角部の角度が小さく、わずかに短いこと、そしてオトガイの位置が咀嚼側に移動する²³⁾などの特徴があることが示唆されていることから、この正面顔貌規格写真による計測を行った。

また3次元計測については、従来より石膏模型²⁴⁾、Physiographic Cinemato-graphy^{25,26)}、モアレトポグラフィ^{27,28)}、立体写真²⁹⁻³¹⁾およびレーザー計測^{32,33)}などが応用されている。本研究では、観測対象が軟組織であることから非接触による計測が必要であったこと、被験者の疲労を考慮して短時間で記録できること、データ処理がシステム化されていることなどを理由として、非接触型三次元動画像解析システムを用いた。なお本装置の精度については、当教室の宇野ら³⁴⁾が報告しており、その有用性が認められている。

(2) 咀嚼能率について

咀嚼能率の測定は石原³⁵⁾、Manly³⁶⁾をはじめ、多くの咀嚼粉碎効率を研究した人たちは篩分法を広く応用している。被験食品についてもピーナッツ以外に生米³⁵⁾、生人参²⁰⁾などを用いた実験が行われている。しかし、篩分法は測定が煩雑で時間も要すること、さらにこれらの被験食品は品質の規定、衛生面などに問題があることに加えて、一定の咬合力が加わると粉碎されてしまうという特徴を持つ被粉碎性食品³⁷⁾である。

本研究では、食品内部の結合力に打ち勝って咬みきるという特徴をもつ被咬断性食品³⁷⁾のグミゼリーを用い、グミゼリーからの溶出グルコース濃度を咀嚼能率

の指標とした。すなわち、咀嚼の進行に伴ってグミゼリーの表面積は増大するが、その含有成分の一つであるグルコースの溶出量も比例的に増加する³⁸⁾ことを利用して、光電反射法を用いた血糖値測定装置によって測定したグルコース溶出量から咀嚼能率を推定するものである。

なお、市販のグミゼリー10個をテクスチュロメータ³⁹⁾⁴⁰⁾を用いてV型刃先1mm幅のプランジャー、クリアランス0.1mm、品温22℃で測定した結果、平均値は硬さ5.6kg、凝集性0.69であったが、その重さ、形状およびグルコース含有量が食品間で微妙に異なることが分かった。こうした食品間の差異はグルコース溶出量を変動させる要因³⁸⁾と考えられた。そこで、重さは3.9g±0.1で、形と大きさができるだけ類似したものを、また、グルコース含有量については、グミゼリー1個を35℃の温水30ml中でスターラーによる30秒間の攪拌によって、グルコース濃度が45mg/dl±2である条件を満たしたグミゼリーのみを被験食品に供した。

また、予備実験によって以下の事を確認した。グミゼリーによる咀嚼回数は15回に規定したが、それは20回咀嚼させると唾液とともにグミゼリーを嚥下してしまう者がいたこと、逆に10回の咀嚼では測定値が非常に小さく、個体差が消失してしまうことが認められた。図15は上記の条件を満たしたグミゼリーを用いて、被験者4名に各15回咀嚼させたグルコース濃度3回分の結果である。個体差はあるが、被験者ごとで行った測定値のバラツキは小さいことが示された。

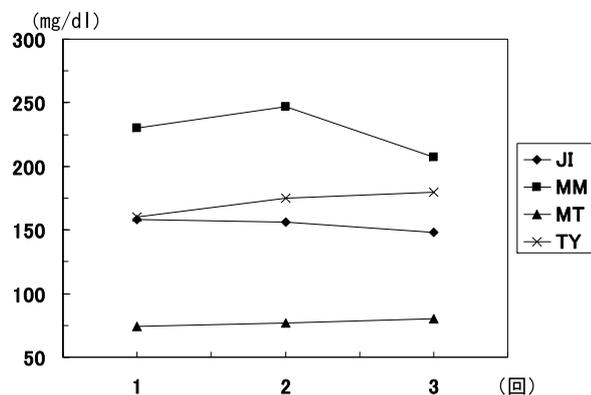


図15 咀嚼能率の変動様相

田中ら³⁸⁾および松尾ら⁴¹⁾は、グミゼリー咀嚼時のグルコース溶出量(濃度)の分析によって、咀嚼機能の客観的評価法が確立できることを示唆している。よって本論ではグミゼリー咀嚼によるグルコース濃度を咀嚼能率の指標とした。

(3) 咬合接触面積について

従来では、咬合接触面積咬合接触部位などをワックス、ブラックシリコン⁴²⁾およびシェラック板⁴³⁾などの咬合印記材などを用いた分析が行われていたが、近年では咬合接触圧、咬合接触時間なども含めて定量的咬合分析を行う目的で Photoocclusion⁴⁴⁾T-scan⁴⁵⁻⁴⁷⁾などの画像解析を応用した分析装置が開発されてきている。しかし、いずれも一長一短があり、一般臨床での有用性は疑問視されている⁴⁶⁾。

本論では感圧シート・デンタルプレスケールと専用評価機器・OCCLUZERによる咬合圧測定システムを用いた。

本システムで用いられるデンタルプレスケールの構造は、PET(ポリエチレンテレフタレート)フィルムに顔色剤とマイクロカプセル化した発色剤を層状に塗布したものである。マイクロカプセルの直径は平均7.3μmで種々の破壊強度を有するように設計されている。したがって、デンタルプレスケールに圧力が加わると、それに応じてマイクロカプセルが破壊され中の発色剤が浸出する。その発色剤が顔色剤と化学反応し、赤色となる。加わった圧力に応じて発色濃度が異なることから、その発色濃度から圧力が算定可能となる。このような原理で咬合圧が測定されると同時に咬合接触面積も得られる。

服部ら⁴⁸⁾および鈴木ら⁴⁹⁾は、デンタルプレスケール50H・Rタイプにおいて最大咬みしめ強さにおける咬合力とその歯列の分布の定量的な測定が可能で、咬合力の評価に十分有用性があるとしている。また本システムと類似のT-scan system⁴⁶⁾に用いられているセンサと比較して、厚さはほぼ同じであるが、柔軟性があることから、咬みしめ時に下顎の偏位を招く可能性は少ないと考えられている⁵⁰⁾。以上の報告からも本システムの信頼性は得られていると考えられた。

本論では、感圧シートを咬頭嵌合位で最大咬合力による3秒間の咬みしめによって接触面積を求めた。

福田⁵¹⁾は咬合接触面積と咬合力が高い相関性($r=0.96$)を有しており、咬合力に依存して接触面積が大きくなることを報告し、久恒ら⁵²⁾は、正常有歯顎者においてバイトチェッカーによる咬合接触部位とデンタルプレスケールの発色部位は咬みしめが強いほど両者の一致率が高かったことを報告している。これが最大咬合力による咬みしめを行わせた理由である。また、咬みしめ時間が長いほど発色濃度は高くなることが推察されたが、福島ら⁵³⁾は10~60秒間の範囲内で発色濃度に有意差を認めなかったことを、そして鈴木らも5秒以内では有意差がなかったことを報告している。したがって、咬みしめ時間は発色濃度の変動要因になり得ないこと推察された。一方、被験者に長時間一定の

顎位と咬合力を保持させることは困難⁴⁹⁾で、またデンタルプレスケールにずれが生じることも考えられた。そこで、比較的安定した咬合力が発揮できると考えた約3秒に規定して咬みしめさせた。

2. 実験成績について

1) 習慣側の判定について

石原³⁵⁾やDelport²⁰⁾は、習慣側は男女ともに右側が左側の3倍ほどであったことを、Pond⁵⁴⁾は左右でほぼ同数であったことを、また上田⁵⁵⁾や倉知⁵⁶⁾は、右側がやや多い傾向はみられたものの顕著な差ではなかったことを報告している。

本研究における3種類の判定方法による習慣側は、アンケート結果を除けば左側のほうが右側よりやや多い傾向を示した。これは被験者数が少なかったことがその要因であるとも考えられるが、上田⁵⁵⁾が推察しているように、習慣側の確立は中枢性でなく末梢性、先天性でなく後天的であること、また習慣側は比較的容易に左右側を転換させることも報告されている⁵⁷⁾ことから、習慣側は左右のどちらが多いかを論じるために、その確立要因のさらなる研究が必要と思われる。

2) 顔面形態について

顔面各部形態に認められた左右差は、明確群では不明確群よりも顕著であることが2次的、3次的計測からも推察された。これは習慣側が明確に存在している者では、習慣側と対側間での機能的差異が大きいことがその要因となって表れたものと推察する。

正常者における身体各部の軽度な左右的非対称は、「正常不均整」として病的な非対称とは区別されており、それは顎顔面形態についても例外ではないことが認められている^{3,4)}。身体のうちの顎顔面形態については、胎生期における外的、機械的な因子、内的な遺伝因子に関わる出生後の顎骨や歯の成長発育に関する因子、そして咀嚼機能や咀嚼習慣といった後天的な因子などが単独にあるいは相互に影響しあって、左右的非対称を表出していると考えられている^{1-3,5,6)}。

顎顔面の非対称が「正常不均整」であるのか、あるいは「異常不均整」であるのかの判断基準については、種々論じられるべき問題であると考えるが、顎顔面形態の後天的な非対称性に関する先行研究では、顎顔面の非対称性が増齢的に増大^{2,6)}すること、顔面の非対称が偏側咀嚼習慣の消失によって改善された⁷⁾こと、さらに咀嚼筋機能⁵⁸⁾や顎口腔系機能の左右的不均衡¹⁸⁾が顎顔面形態の非対称に関連するとした臨床的検証などから、顎顔面形態の左右的な非対称と顎口腔機能の左右的不均衡は相互依存関係を有し、習慣側と対側の非習慣側は、前記したような顔面形態の左右的対称性を崩壊させると同時に、両咀嚼側間で咀嚼運動の経路⁵⁹⁾

やりズム²⁾、そして筋活動量^{19,60)}などの機能的な差異を生じさせることが報告されている。

したがって、本研究の2次的計測で顔面幅と長径の左右差が明確群でより顕著であったこと、さらに3次的計測で明確群は習慣側の咬筋部表在筋腹相当部の膨らみが対側よりも少ない傾向が顕著であったのは、西原²³⁾が片側のみによる咀嚼癖の為害性として報告しているように、片側のみによる咀嚼習慣を継続することによって、咀嚼筋群の緊張が機能側のみで強まり、舌骨上筋群も同様に機能側のみが強く緊張し、これの左右不均衡に加えられた荷重に対応した骨梁形成から、下顎骨の輪郭の変形が起こった、あるいは起こる過程であるとも推察できる。

3) 咀嚼能率について

咀嚼能率を変動させる一般的要因としては、年齢や性別、咀嚼筋力や咬合圧、咬合関係、歯周組織の状態および補綴処置の有無や種類¹⁹⁾などが挙げられる。

本研究では明確群、不明確群いずれも習慣側のほうが対側よりもグルコース濃度が高く、したがって咀嚼能率が高いことが示されたが、その左右差は明確群で顕著であった。したがって、明確群では習慣側が対側よりも咀嚼筋力、咬合圧、歯周組織の状態、および咬合関係などが総合的に優位であったことを示したものと推察できる。

田中³⁸⁾は咀嚼能率と咀嚼運動とは緊密な関係があることを、松尾⁴¹⁾はグミゼリー咀嚼時のグルコース溶出量と運動経路の安定性とは相関性があることを、中島⁶¹⁾は筋活動時間、間隔時間の観察から、咀嚼能率が高まると咀嚼運動リズムの安定性が向上することを、さらに仁村⁹⁾は咀嚼運動は主咀嚼側咀嚼時のほうが非主咀嚼側咀嚼時に比較して有意に安定していることを明らかにし、小林⁶²⁾もグミゼリー咀嚼時で同様の結果を報告している。これらの報告は咀嚼能率が咀嚼系を構成する諸要素の総合的な働きの結果として表出する咀嚼運動と高い関連性がある¹⁹⁾ことを示したものと考える。

したがって、明確群では咀嚼運動(経路、リズム)の安定性に大きな左右差を有することが示唆された。

4) 咬合接触面積について

接触面積は報告者によって大きなバラツキがみられる。

シリコンブラック法を用い、50 μ m以内の歯列間隙を接触面積とした栗本⁴²⁾は、平均26.3mm(最大76.4, 最小6.6mm)を、シラック板を用いた平沼⁴³⁾は、本実験での咬合接触に相当すると思われる第一度(緊密)の接触面積は平均58.66mmであったことを報告している。また、著者と同じくプレスケールを用

いた沖山ら³⁷⁾は、被験者30名の内6割程度が10mm以下の面積であったとしている。本研究では全被験者の平均が20.24mmであった。このように従来の報告間で大きなバラツキがみられるのは、計測方法の違いも含んで接触面積の定義が様々であることがその要因と思われるが、いずれにしても個体差が大きかったことは共通しており、第一大臼歯では被験者によっては5倍程度の差がある例⁴³⁾も報告されている。それは本研究での値が最小0.38mmから最大32.20mmと非常に分布幅が大きかったことから認められたことである。

接触面積は、歯の萌出直後の点状接触が次第に面状へと移行し、そして咬合小面が形成され、それが徐々に多数散在するようになって面積が増していく⁶³⁾。一方、接触面積の増大は咬耗や摩耗がその要因で、その進行程度は歯質の石灰化の違い、食品嗜好の差および咬合様式の違いなどの個人差が影響すると考えられる。接触面積が咀嚼頻度依存性で増大する⁶⁴⁾と仮定すると、接触面積の左右差は咀嚼頻度によって生じたもので、したがって、明確群は習慣側での咀嚼頻度が対側よりも多い時期が比較的長く持続した結果、接触面積が対側よりも大きくなったものと解釈できる。一方、不明確群では習慣側よりも対側の方が大きな値を示したが、同時にバラツキも大きかったことから、これは習慣側が明確でないことから表れた結果と推察する。

3. 顔面形態と咀嚼能率、接触面積との相互依存関係から

顔面各部と咀嚼能率、接触面積のAIとの間で得られた単相関は、おおむね咀嚼能率よりも接触面積のほうが、また顔面の2次元的計測よりも3次元的計測のほうがともに高いことが分かった。これは咀嚼能率と接触面積のいずれも顔面形態の3次元的非対称性と比較的高い依存性を有しており、とくに接触面積との相関が高いことを示したものと考えられた。

また、2次元的計測で比較的係数が高かったCS-60は下顎下縁平面最陥凹点付近であるが、これは顔面輪郭で顔面の非対称性が表れやすい部位⁵⁾で、下顎の側方偏位を反映する部位¹⁸⁾である。

CS-5は、咬筋筋腹前縁部付近に相当するものであるが、既述したように左右の筋緊張の差異を表しやすい部位⁶⁴⁾である。

つぎに、顔面形態と咀嚼能率、接触面積との間の正準相関分析からは、習慣側が明確で偏側咀嚼習慣の程度が高い顕著群の相関係数が高く、しかも有意($p < 0.05$)な相関 $r = 0.76$ を示したが、他の2群では相関性も低く、有意性もなかった。これは顕著群が著しい偏側咀嚼習慣を長期間持続した者で、非顕著群は習慣

側が存在するが偏側咀嚼習慣の程度が低い者、そして不明確群は習慣側が確立していない群と考えれば、顕著群ではその顔面形態の非対称性と咀嚼能率、接触面積との非対称性との間には、高い相互依存関係が存在することを示唆したものと考える。

以上から、偏側咀嚼習慣は顎顔面形態や顎口腔機能に影響を及ぼし、偏側咀嚼習慣の程度が顕著な者は年齢が比較的若くても、咀嚼能率、接触面積、および顔面形態をそれぞれ左右的に非対称性とするのが示唆された。

結 論

偏側咀嚼習慣の有無、あればその程度が、顔面形態と咀嚼能率、咬合接触面積のそれぞれの左右的歪みに及ぼす影響について検討したところ、以下の結論を得た。

1. 顔面形態、咀嚼能率、咬合接触面積を左右側で比較すると、習慣側の存在が確定している者(明確群)の習慣側は、対側に比較して顔面の幅、長径が大きく、膨らみが少なく、咀嚼能率が高く、咬合接触面積が大きいという特徴と、その左右差が大きかった。

2. 習慣側の存在が確定していない者(不明確群)は、顔面形態、咀嚼能率では、明確群と同傾向の特徴を示したが、その左右差は明確群ほど小さくなく、接触面積は対側の方が大きかった。

3. 明確群の被験者を偏側咀嚼習慣の程度が高い(顕著群, $LI \pm 3, 4, 5$)13名と、程度が低い(非顕著群, $LI \pm 1, 2$)13名に分類した。これに不明確群を加えた3群間で顔面形態の2変数(CS-60, CS-5)を目的変数に、咀嚼能率と咬合接触面積の2変数を説明変数とした。それぞれAI値を用いた正準相関分析を行ったところ、顕著群では両者間に信頼性のある高い相関($r = 0.76, p < 0.05$)が認められた。しかし非顕著群、不明確群では信頼性のある相関が認められなかった。

4. 以上から、偏側咀嚼習慣の程度が顕著な者は、比較的若い年齢でも、咀嚼能率、咬合接触面積、および顔面形態を左右的非対称とさせる可能性が示唆された。

文 献

- 1) Keen JA. A study of the angle of the mandible. *J Dent Res.* 1945; 24: 77-86.
- 2) 原 三正. 非対称論(3) 顔面及び頭部の非対称性について(二). 歯界展望. 1952; 9: 280-282.
- 3) 原 三正. 非対称論(2) 顔面及び頭部の非対称性について(一). 歯界展望. 1952; 9: 186-187.

- 4) 岸本 正, 清村 寛, 河原玲二. 「歯の優良児」の正貌の Asymmetry について. 日矯歯誌. 1962; 21: 31 34.
- 5) 北條健三. モアレ稿による顔面の対称性に関する研究. 歯科学報. 1981; 81: 1203 1237.
- 6) 塩入重彰. モアレトポグラフィ法による正常人顔面対称性に関する検討. 口病誌. 1987; 45: 147 169.
- 7) 上村健太郎, 大迫恒伸, 小椋幹記. 片側咀嚼の解消で改善した顔面非対称の一例. 西日矯歯誌. 1987; 32: 23 28.
- 8) 桑原隆男, 瑞森崇弘, 西尾公一, 宮内修平, 丸山剛郎. 咀嚼運動における運動域ならびに閉口経路に関する研究. 補綴誌. 1985; 29: 106 115.
- 9) 仁村秀由喜, 小林義典. 咀嚼運動における主咀嚼側咀嚼時と非主咀嚼側咀嚼時との差異. 補綴誌. 1990; 34: 1127 1139.
- 10) 羽田 勝. 咀嚼能率に影響を及ぼす諸因子とそれらの関係の統計学的解析. 広大歯誌. 1978; 10: 21 33.
- 11) Hoogmartens MJ, Stuyck E and Wouters F. Stretch sensitivity of primary spindle endings in masseter and temporalis muscles. lateralization and association with unilateral preference pattern of mastication. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1980; 20: 369-381.
- 12) Christensen LV and Raude JT. Lateral preference in mastication: an electromyographic study. *J Oral Rehab.* 1985; 12: 429-434.
- 13) 石垣尚一, 田中孝一, 仲谷江美子, 吉川健司, 大前泰三, 井上俊二, 奥田眞夫, 赤西正光, 丸山剛郎. 咀嚼運動の巧妙性に関する筋電図学的研究. 第一報 新しい筋電図評価法. 補綴誌. 1990; 34: 415 419.
- 14) 續 肇彦. 顎関節症の臨床. 京都: 永末書店; 1989: 65 89.
- 15) Nimura H and Kobayashi Y. The Difference in Masticatory Movements between Habitual Chewing Side and Non-habitual Chewing Side. *J Jpn Prothodont Soc.* 1990; 34: 1127-1139.
- 16) 倉知正和, 石神 元, 横山佳郎, 山田早苗. 偏側咀嚼の指数表示について. 補綴誌. 1992; 36: 1026 1031.
- 17) 森 堅志, 沢崎善昭, 稲田五郎. 日本人人体の水平顔面曲線における骨部と軟部との関係(会). 日医放線会誌. 1955; 15: 336 337.
- 18) 石井弘二. 顎口腔機能の左右不均衡と顔面形態および身体の重心との関連性に関する研究. 阪大歯学誌. 1990; 35: 517 556.
- 19) 河村洋二郎. 歯科学学生のための口腔生理学. 京都: 永末書店; 1966: 158 232.
- 20) Delpont HP, Delaat A and Nijis J. Preference Pattern of mastication during the first chewing cycle. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1983; 23: 491-500.
- 21) 桑原隆男, 高島忠男, 宮内修平, 丸山剛郎. 各種食品が咀嚼運動に及ぼす影響に関する研究. 補綴誌. 1987; 31: 661 674.
- 22) 喜地直美, 松井成幸, 喜地慶雅, 片山圭司, 大塚雄一郎, 清村 寛. 下顎骨の形態的左右差が軟組織輪郭に及ぼす影響. 日顎変形誌. 1997; 7: 95 101.
- 23) 西原克成, 赤川徹弥. 口腔に関する習癖と顎口腔疾患について. 日口診誌. 1991; 4: 360 383.
- 24) 若松 晋, 小笠原和義, 猪鹿倉兼三. 等高図法による顔面の歯科学的研究. 解剖誌. 1961; 18: 179 187.
- 25) Rosenblum RE. Orofacial muscle activity during deglutition as revealed by physiographic cinematography. *Angle Orthodont.* 1963; 33: 162-177.
- 26) Martone AL. Physiographic cinematography studies of a prosthodontic patient: an initial report. *J Prosth Dent.* 1964; 14: 1069-1079.
- 27) 橋本 淳. モアレ稿応用による顔面の動的観察 表情運動の変化について. 歯科学報. 1973; 73: 1507 1560.
- 28) 橋本 淳. モアレ稿応用による顔面の動的観察 咀嚼運動の変化について. 歯科学報. 1973; 73: 1818 1847.
- 29) 大内英男, 椎名統治, 西口定彦, 延島三男, 伊藤宣昌. Photogrammetry による顔面観察(第1報). 日矯歯誌. 1963; 22: 62 65.
- 30) 大内英男, 延島三男, 西口定彦, 伊藤宣昌. Photogrammetry による顔面観察(第2報). 日矯歯誌. 1964; 23: 201 210.
- 31) 太田是男. 義歯による顔面の変化. 歯科学報. 1971; 71: 395 420.
- 32) 斉藤比登志, 大畑 昇, 内山洋一. 顎顔面形態計測の新しい試み(レーザー・ITV システムを応用した非接触型形状自動測定). 顎顔面補綴. 1984; 7: 167 168.
- 33) 斉藤比登志, 大畑 昇, 内山洋一. 顎顔面形態計測の新しい試み その2 光計測の高速化. 顎顔面補綴. 1985; 8: 112 113.
- 34) 宇野光乗, 石神 元, 岡 孝典, 太田義人, 倉知正和, 藤井輝久. 3次元動画画像解析システムの測定精度. 岐歯学誌. 1995; 22: 389 396.
- 35) 石原寿郎, 平沼謙二, 橋本 譲, 根本一男. 生米を試験食品とする咀嚼粉碎効率の算出基準について. 口病誌. 1959; 26: 620 622.
- 36) Manly RS. Factors affecting masticatory performance and efficiency among young adults. *J Dent Res.* 1951; 30: 874-882.
- 37) 沖山誠司, 吉田 実, 山本 誠, 森井まどか, 野首孝祠. 試験用グミゼリーの物性と咬合接触状態が咀嚼能率に及ぼす影響. 補綴誌. 1996; 40: 710 717.
- 38) 田中 彰, 志賀 博, 小林義典. グミゼリー咀嚼時のグルコースの溶出量の分析による運動機能および咀嚼筋筋活動の定量的評価. 補綴誌. 1994; 38: 1281 1294.
- 39) 蕭 美英, 河野 巨. 食品テクスチャーの違いが嚥下までの咀嚼時間に与える影響. 補綴誌. 1993; 37: 172 181.

- 40) 森田 武．精神的ストレス負荷時の生体反応に対するグミおよびガム咀嚼の軽減効果について．日歯心誌．1995；10：47 59．
- 41) 松尾 卓，志賀 博，小林義典．グミゼリー咀嚼時における咀嚼能率と咀嚼運動の安定性との関係．補綴誌．1997；41：686 697．
- 42) 栗本清勝．咀嚼能率に関与する因子の研究 咬合面形態・咬合力との関係．補綴誌．1978；22：166 183．
- 43) 平沼謙二．咬合面積並びにその咀嚼効率に及ぼす影響．補綴誌．1952；1：17 36．
- 44) Dawson PE and Arcan M. Attaining harmonic occlusion through visualized stain analysis. *J Prosthet Dent*. 1981; 46: 615-622.
- 45) Manes WL, Benjamin M and Podoloff R. Computerized occlusal analysis: a new technology. *Quintessence Int*. 1987; 18: 287-292.
- 46) 川添堯彬，田中昌博，井田治彦，鍋島史一，前野郁尚，更谷啓治，河野 亘．新しい咬合診査機器 T-Scan システムについて．歯科医学．1988；51：1148 1154．
- 47) 徳村和明，山下 敦．咬合分析装置 T-Scan system に関する研究その1．精度について．補綴誌．1989；33：1037 1043．
- 48) 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．補綴誌．1973；17：164 173．
- 49) 鈴木哲也，渡邊竜登美，吉富信幸，石鍋 聡，熊谷 宏，内田達郎，水口俊介，関田俊明，小林賢一，長尾正憲．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．補綴誌．1994；38：966 973．
- 50) Patyk A, Lotzmann V and Scherer C. Vergleichende Okklusions- Analytische Studie zur klinischen Anwendbarkeit des T-scan Systems. *ZWR*. 1989; 98: 752-755.
- 51) 福田光男．新しい咬合力測定システムについて ニュープレスケールとその測定装置について．日歯周誌．1981；23：397 414．
- 52) 久恒泰宏，増木英郎，松本貴子，小松孝雪，内山洋一．「デンタルプレスケール」を用いた咬合接触圧の測定基礎的検討．補綴誌．1993；37・89回特別号：64．
- 53) 福島俊士，戸代原孝義，神山範子，榎本通典，山本鉄雄，花村典之，平野 進，平澤 忠．圧力測定用シート「プレスケール」に関する基礎的研究．補綴誌．1980；24：203 339．
- 54) Pond LH, Barghi N and Barnwell GM. Occlusion and chewing side preference. *J Prosthet Dent*. 1986; 55: 498-500.
- 55) 上田直克，弓場直司，田中昌博，徳永 徹，河野 亘，金田龍洙，今西俊雅，川添堯彬．咀嚼得手側の自覚に関する調査．補綴誌．1991；35：708 714．
- 56) Kurachi M, Ishigami H and Yamada S. Function of the jaw and morphology of each part of the face especially its relationship to habitual chewing side. *J Gifu Dent Soc*. 1992; 19: 384-394.
- 57) 山村善治．非習慣性咀嚼側での咀嚼が咀嚼機能に及ぼす影響．補綴誌．1994；38：406 420．
- 58) 佐藤康守．咬筋機能の左右的不均衡が下顎の成長発育に及ぼす影響．阪大歯学誌．1986；31：137 164．
- 59) 山村善治，倉知正和，山田早苗．非習慣性咀嚼側咀嚼の持続が咀嚼運動に及ぼす影響．補綴誌．1993；37：192 198．
- 60) 水谷 紘，篠ヶ谷龍哉，曾根田兼司，磯 和博，藍 稔．歯の接触関係が咬筋，側頭筋の活動に及ぼす影響 第一報 総活動量と咬頭嵌合位における最大かみしめ値に対する比率（IP比）．補綴誌．1989；33：1062 1071．
- 61) 中島昭彦．咀嚼機能に関与する二，三の生理学的要因の分析．九州歯会誌．1976；30：20 36．
- 62) 小林義典，仁村秀由喜，志賀 博，小野一弘．グミゼリー咀嚼時の咀嚼運動 第5報 主咀嚼側咀嚼時と非主咀嚼側咀嚼時におけるグルコースの溶出量について．日咀嚼誌．1993；3：66 67．
- 63) 羽賀通夫，浮谷 実，清水堅三，腰原 好，太田是男．咀嚼機能に関する研究(第一報)．補綴誌．1962；6：244．
- 64) 長谷川成男，板東永一．臨床咬合学事典 第1版．東京：医歯薬出版；1997：166 171．