原 著 論 文

咀嚼運動の分析のための被験食品の性状

—グミゼリーの硬さ—

栗山 聡 志賀 博 小林 義典

Property of Test Food for Masticatory Movement Analysis

—The Hardness of Gumi-jelly—

Satoshi Kuriyama, Hiroshi Shiga and Yoshinori Kobayashi

歯科補綴学的意義

硬さの異なる4種類のグミゼリーを試作し、正常有歯顎者のグミゼリー咀嚼時の下顎切歯点の運動経路と運動リズムの安定性について、グミゼリー間で定量的に比較するとともに、主観的調査を行った。その結果、グミゼリーの最適な硬さは、ゼラチン含有量を8%とした際に得られ、6.5%としたものがそれに準じること、グミゼリーを咀嚼運動の分析のための被験食品として用いる際には、硬さに留意すべきであることが示唆された。

抄 録

目的：咀嚼運動の分析のための被験食品であるグミゼリーの最適な硬さを明らかにするため、ゼラチン含有量を5, 6.5, 8, 9.5%にした4種類の硬さのグミゼリー咀嚼時の下顎切歯点の運動を分析した。

方法：正常者20名の4種類のグミゼリー咀嚼時の咀嚼開始後の第5からの10サイクルについて、開口時側方成分、閉口時側方成分、垂直成分のSD/OD（標準偏差/開口量）と開口相時間、閉口相時間、咬合相時間、サイクルタイムのCV（変動係数）を算出し、グミゼリー間で比較した。また咀嚼後の主観的調査を行った。

結果：咀嚼感は、4種類ともに良好であった。開口時側方成分のSD/ODは8, 6.5, 9.5, 5%の順、閉口時側方成分のSD/ODは6.5, 8, 9.5, 5%の順、垂直成分のSD/ODは8, 6.5, 5, 9.5%の順にそれぞれ大きく、また、開口相時間とサイクルタイムのCVは、8, 6.5, 9.5, 5%の順、閉口相時間のCVは8, 6.5, 5, 9.5%の順、咬合相時間のCVは6.5, 8, 9.5, 5%の順に大きく、6.5%または8%のグミゼリーが5%または9.5%のグミゼリーよりも有意に小さかった。すなわち、咀嚼運動は、ゼラチン含有量が8%で最も安定し、6.5%でそれに準じた。

結論：グミゼリーの最適な硬さは、ゼラチン含有量が8%であり、6.5%でそれに準じることが示唆された。

和文キーワード

咀嚼運動, グミゼリーの硬さ, 運動経路, 運動リズム, 咀嚼感

日本歯科大学歯学部歯科補綴学第1講座（主任：小林義典教授）

Department of Partial and Complete Denture, The Nippon Dental University, School of Dentistry at Tokyo (Chief : Prof. Yoshinori Kobayashi)

受付：2001年4月16日/受理：2001年7月17日

Received on April 16, 2001/Accepted on July 17, 2001

I. 緒 言

歯科臨床の主な目的は、いうまでもなく、咀嚼機能の回復であり、咀嚼機能の客観的評価の必要性が以前にも増して強調されている¹⁾。この1方法として、咀嚼運動の分析による運動機能の安定性の評価が試みられており、その有用性も示唆されている²⁻⁴⁾。このような評価のための被験食品は、硬さや量の変化が少ないチューインガムが推奨されている³⁻⁷⁾が、有床義歯装着者では、義歯に付着しやすいことや噛みにくいことなどの理由で、依然カマボコやピーナッツも用いられている⁸⁻¹⁰⁾。

一方、最近では、物性や形状が規格でき、かつ衛生管理が簡単で、咀嚼の進行に伴う食品の変化が自然の状態とほぼ同様な被験食品として、グミゼリーが注目され、推奨されている¹¹⁻¹⁴⁾。大きさと重量が異なる4種類の円柱形のグミゼリーを試作し、正常者に通常の食事時と可及的に同じように主咀嚼側で嚥下まで咀嚼させ、摂取状況、硬度性、付着性、弾力性、違和感、意識性、かみやすさを調べた田中ら¹³⁾は、直径と長さを各10 mm、重量を2 gにすると、付着性と違和感がなく、無意識に咀嚼できることを明らかにし、咀嚼機能の客観的評価のための被験食品として最適であることを示唆している。また、このグミゼリーに加え、カマボコ、チューインガム、ピーナッツ咀嚼時の運動経路と運動リズムの安定性を比較した千綿ら¹⁵⁾は、チューインガムが最適であるが、グミゼリーがそれに準じると報告し、チューインガムの付着性が問題となる有床義歯装着者にも応用できるグミゼリーは、きわめて有用性が高いことを示唆している。さらに、同じグミゼリー咀嚼時の30サイクルの運動経路のパターンを観察した小林ら¹⁶⁾は、咀嚼開始直後の2~3サイクルと終了直前の数サイクルを除く区間では、各サイクルが近似したパターンを呈し、安定性が認められたと報告し、グミゼリーが咀嚼運動の安定性の評価に有用性が高いことを示唆している。しかしながら、このグミゼリーは、咀嚼運動に影響を及ぼすといわれている硬さ¹⁷⁻²⁰⁾について客観的な検討が行われていない。

そこで、本研究は、咀嚼運動の分析のための被験食品として注目されているグミゼリーの最適な硬さを明らかにする目的で、硬さの異なる4種類のグミゼリー

を試作し、正常者における咀嚼時の運動経路と運動リズムの安定性について、グミゼリー間で定量的に比較した。また、咀嚼後、通常の食事時と同様な咀嚼ができるか否かについて、主観的調査を行った。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は、主咀嚼側を認識でき、全身と咀嚼系に臨床的な異常が認められず、インフォームド・コンセントが得られた20歳代の日本歯科大学歯学部学生と職員のなかから、4種類のグミゼリーを主咀嚼側で咀嚼させたときの顎切歯点の運動経路のパターンが、秋山ら²¹⁾の分類法で最も安定するパターン、すなわち中心咬合位から作業側に向かってスムーズに開口し、その後中心咬合位へ閉口して中心咬合位付近の閉口路が直線あるいはconvexを呈する20名(男性10名、女性10名、平均年齢24.8歳)を選択した。

2. 被験食品

被験食品は、はじめに、田中ら¹³⁾が報告している麦芽糖、ソルビトール、グルコース、ゼラチンなどの成分で構成した直径1 cm、高さ1 cm、重量約2 gの円柱形の昭和薬品化工社製のグミゼリーを基準とし、硬さの範囲を特定するための予備実験を行い、しかる後に硬さのみを変化させたものを試作することにした。

予備実験は、田中ら¹³⁾が報告しているグミゼリーでは、ゼラチン含有量を8%にして硬さを決定している。この8%を基準に2%ごとに2段階減少させたものと2段階増加させたもの、すなわちゼラチン含有量を4, 6, 8, 10, 12%にした5種類のグミゼリーを試作し、上記の被験者のなかからランダムに選択した男性5名、女性5名の合計10名に20秒間自由に咀嚼させ、咀嚼感について主観的調査を行った。その結果、ゼラチン含有量が6%と8%の場合には、全被験者が通常の食事時と同様に自然な咀嚼ができると報告したが、ゼラチン含有量が4%の場合には、10名中9名が付着感を伴い、自然な咀嚼をしにくいと訴え、またゼラチン含有量が10%と12%の場合には、全被験者が硬すぎると訴えた。

この予備実験の結果から、自然な咀嚼ができる硬さの範囲は、ゼラチン含有量を5~9.5%にすべきこと

表 1 The size, weight, gelatin concentration, hardness, and ingredients other than gelatin of the gumi-jelly (The hardness was determined by a creep meter)

グミゼリーの寸法, 重量, ゼラチン含有率, 硬さ, ならびにゼラチン以外の成分 (硬さは, クリープメーター表示による破断荷重量)

Size (mm)	ϕ 10×10			
Weight (g)	2			
Gelatin concentration (%)	5.0	6.5	8.0	9.5
Hardness (kgf)	5.4	6.5	7.9	9.0
Ingredient	Maltose	40%		
	Sorbitol	10%		
	Glucose	5%		
	Others	35.5~40.0%		

が示唆されたので, 8% を基準として均等に 1.5% ごとに 5, 6.5, 8, 9.5% の 4 段階の硬さにしたグミゼリーを被験食品として試作した (表 1)。

以後, ゼラチン含有量が 5, 6.5, 8, 9.5% の各グミゼリーをそれぞれ G 5, G 6.5, G 8, G 9.5 と略す。

3. 記録方法および装置

咀嚼運動は, 被験者をシールドルームにおいて頭部を固定せずにリラックスさせた状態で, 歯科用治療椅子に座らせ, 4 種類のグミゼリーを主咀嚼側で 20 秒間咀嚼させたときの下顎切歯点の運動について, マイオトロニクス社製 Mandibular Kinesiograph (K-6 I) を用いて, TEAC 社製 データレコーダー (XR-5000) に記録した。なお, 各グミゼリー咀嚼は, ランダムに行い, それぞれ 5 分間のインターバルをとった。

4. 分析方法

データレコーダーからの再生記録は, マイクロサイエンス社製 A/D コンバータ (ADM-5898 BPC) によりアナログ信号を Sample 数 2,000, Sampling time 10 msec でデジタル信号に変換し, 志賀ら³⁾が開発した咀嚼運動自動分析システムを用いて, 咀嚼開始後の第 5 サイクルからの 10 サイクルについて, 運動経路と運動リズムの安定性を表す指標をそれぞれ算出した。運動経路については, 志賀ら³⁾の方法に従って, 各サイクルの中心咬合位を基準にして, 前頭面に

図 1 Masticatory movement path of the ten cycles beginning with the fifth cycle of mastication as viewed from the frontal plane (top), the average path and the overlap of the ten cycles (left), and the average path and its standard deviation (right)

CO : centric occlusion

前頭面における咀嚼 (右側) 開始後の第 5 サイクルからの 10 サイクルにおける運動経路 (上), 10 サイクルの重ね合わせ表示とその平均経路 (左), 平均経路と標準偏差 (右)

CO : 中心咬合位

投影した開閉口路を上下的に 10 分割し, 各分割点の座標値, さらに各座標値から平均経路を求め (図 1), この平均経路上の各平均値点における開口時の水平方向の標準偏差の平均を開口時側方成分, 閉口時の水平方向の標準偏差の平均を閉口時側方成分, 開閉口時の垂直方向の標準偏差の平均を垂直成分として算出後, これらの成分を開口量で除算した値 (SD/OD) をそれぞれ指標にした (表 2)。運動リズムについては, 10 サイクルにおける開口相時間, 閉口相時間, 咬合相時間, サイクルタイムの平均値と標準偏差から算出した変動係数をそれぞれ指標にした。これらの各指標について, 4 種類のグミゼリー間で分散分析後, Bonferroni の多重比較を行った。なお, 危険率 5% 未満を有意, 危険率 1% 未満を高度に有意とした。また, 咀嚼後, 通常の食事時と同様に自然な咀嚼ができたか否か問診を行った。

表 2 Numerical data of the average path (each level) for the ten cycles beginning with the fifth cycle of mastication

咀嚼開始後の第5サイクルからの10サイクルにおける各サイクルの平均経路（各レベル）の数値データ

(mm)						
Level	Lateral components (opening)		Lateral components (closing)		Vertical	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
0	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.04
1	0.29	0.36	2.18	0.39	2.04	0.30
2	0.69	0.33	3.48	0.75	4.08	0.40
3	1.04	0.32	4.37	0.85	6.12	0.54
4	1.34	0.29	4.80	0.90	8.16	0.68
5	1.67	0.29	4.84	0.84	10.20	0.83
6	1.87	0.28	4.65	0.93	12.23	0.98
7	2.08	0.28	4.36	1.03	14.28	1.13
8	2.32	0.32	3.87	0.97	16.31	1.28
9	2.44	0.39	3.37	0.88	18.35	1.44
10	2.64	0.45	2.64	0.45	20.39	1.59
Mean (SD)		0.33	0.80		0.92	
SD/OD (%)		1.62	3.91		4.49	

III. 研究結果

1. 咀嚼感

G5, G6.5, G8, G9.5の咀嚼感は、全被験者が無意識に咀嚼できたと報告した。

2. 運動経路の安定性

G5, G6.5, G8, G9.5咀嚼時の開口時側方成分, 閉口時側方成分, 垂直成分の各SD/ODの平均値と標準偏差, ならびにグミゼリー間における平均値の差の検定結果は, 図2に示す。

G5, G6.5, G8, G9.5咀嚼時の開口時側方成分のSD/ODの平均値は, それぞれ5.7, 4.4, 4.1, 5.3%を示し, G8が最も小さく, 次いでG6.5, G9.5, G5の順に大きく, G5とG6.5との間, G6.5とG9.5との間にそれぞれ有意差, G5とG8との間, G8とG9.5との間にそれぞれ高度な有意差が認められた。G5, G6.5, G8, G9.5咀嚼時の閉口時側方成分のSD/ODの平均値は, それぞれ5.5, 3.9, 4.0, 5.1%を示し, G6.5が最も小さく, 次いでG8, G9.5, G5の順に大きく, G5とG6.5との

間に有意差, G5とG8との間, G6.5とG9.5との間, G8とG9.5との間にそれぞれ高度な有意差が認められた。G5, G6.5, G8, G9.5咀嚼時の垂直成分のSD/ODの平均値は, それぞれ5.6, 4.8, 4.4, 5.9%を示し, G8が最も小さく, 次いでG6.5, G5, G9.5の順に大きく, G5とG8との間に有意差, G6.5とG9.5との間, G8とG9.5との間にそれぞれ高度な有意差が認められた。

3. 運動リズムの安定性

G5, G6.5, G8, G9.5咀嚼時の開口相時間, 閉口相時間, 咬合相時間, サイクルタイムの各変動係数の平均値と標準偏差, ならびに各グミゼリー間における平均値の差の検定結果は, 図3に示す。

G5, G6.5, G8, G9.5咀嚼時の開口相時間の変動係数の平均値は, それぞれ13.7, 11.8, 10.5, 13.4%を示し, G8が最も小さく, 次いでG6.5, G9.5, G5の順に大きく, G5とG6.5との間, G5とG8との間, G8とG9.5との間にそれぞれ有意差が認められた。G5, G6.5, G8, G9.5咀嚼時の閉口相時間の変動係数の平均値は, それぞれ11.7, 9.6, 9.4, 12.0%を示し, G8が最も小さく, 次いで

図 2 Average value, standard deviation and result of statistical analysis on the difference in SD/OD of lateral components of opening and closing and of vertical component in chewing G5, G6.5, G8, G9.5

G5, G6.5, G8, G9.5 咀嚼時の開口時側方成分, 閉口時側方成分, 垂直成分の各 SD/OD の平均値と標準偏差, ならびにグミゼリー間における平均値の差の検定結果

図 3 Average value, standard deviation and result of statistical analysis on the difference in CV of opening, closing, occluding, and cycle time in chewing G5, G6.5, G8, G9.5

G5, G6.5, G8, G9.5 咀嚼時の開口相時間, 閉口相時間, 咬合相時間, サイクルタイムの各変動係数の平均値と標準偏差, ならびにグミゼリー間における平均値の差の検定結果

G6.5, G5, G9.5 の順に大きく, G5 と G6.5 との間, G5 と G8 との間, G6.5 と G9.5 との間にそれぞれ有意差, G8 と G9.5 との間に高度な有意差が認められた。G5, G6.5, G8, G9.5 咀嚼時の咬合相時間の変動係数の平均値は, それぞれ 8.4, 6.4, 6.8, 7.8% を示し, G6.5 が最も小さく, 次いで G8, G9.5, G5 の順に大きく, G5 と G6.5 との間, G5 と G8 との間にそれぞれ有意差が認められた。G5, G6.5, G8, G9.5 咀嚼時のサイクルタイムの

変動係数の平均値は, それぞれ 5.8, 5.0, 4.6, 5.6% を示し, G8 が最も小さく, 次いで G6.5, G9.5, G5 の順に大きく, G5 と G6.5 との間, G8 と G9.5 との間に有意差, G5 と G8 との間に高度な有意差が認められた。

IV. 考 察

既述のように田中ら¹³⁾は, ゼラチン含有量を 8% に

したグミゼリーが硬さに対する違和感もなく、無意識に咀嚼できることを報告している。本研究の予備実験における主観的調査結果では、ゼラチン含有量を6%あるいは8%にすると、同様な所見を得た。これは、彼らのグミゼリーの妥当性を主観的な面で十分支持できるものと考えられる。また、本研究の予備実験の結果では、ゼラチン含有量を4%にすると、被験者10名中9名が付着感を伴うと報告したことは、ゼラチン含有量を4%未満にすると、固体に形成できないというグミゼリーの特性を十分表しているといえよう。さらに、本実験の結果では、20名の被験者全員が4段階の硬さに設定したグミゼリーを無意識的に咀嚼できたと報告したので、本研究で試作した4種類のグミゼリーは、本研究の目的に十分適合した被験食品と考えられる。

秋山ら²¹⁾は、正常者のチューインガム咀嚼時の代表的なパターンが、本研究で用いたパターン（パターンI）と中心咬合位から非作業側へ向かって開口後、作業側へ向かい、その後中心咬合位へ閉口するが、中心咬合位付近の閉口路がconvexを呈するパターン（パターンIII）との2種類であることを明らかにしている。他方、各種食品咀嚼時を調べた芳賀ら²²⁾は、いずれの食品でも、パターンIかパターンIIIの同一パターンを呈する場合が最も多かったが、軟性食品ではパターンIを呈したにもかかわらず、硬性食品ではパターンIIIへ変化する被験者がおり、食品の性状によってパターンが変化したと報告している。このように、運動経路が食品の性状によってパターンIからパターンIIIへ変化する被験者は、咀嚼運動の安定性が食品の性状によって影響を受けやすい可能性があるので、本研究の目的に適合しないといえよう。また、パターンIとパターンIIIについて、下顎運動を分析した小林²³⁾、咀嚼筋筋活動を分析した中島ら²⁴⁾は、両パターン間に機能的差異が認められたと報告し、パターンIのほうがパターンIIIよりも安定した咀嚼運動を営むことを示唆している。さらに、横山ら²⁵⁾は、運動経路のパターンと運動の安定性との間には密接な関係があり、パターンIが最も機能的に安定することを確認している。これらの報告に基づき、本研究では、正常者の代表的な咀嚼運動を検索する都合上、運動経路がパターンIを呈し、このパターンが4種類のグミゼリー咀嚼時でも認められる被験者を選択した。

咀嚼運動の分析区間については、三田ら²⁶⁾、志賀ら³⁾により、咀嚼開始後の第4あるいは第5サイクルからの10サイクルが運動リズム、運動経路ともに最も安定し、運動機能の分析に最適であることが明らかにされて以来、これに準じて設定されるようになってきた^{6,7,27)}。また、硬さの異なるグミゼリー咀嚼時の咀嚼開始後の第1サイクルから第10サイクルまでの運動経路と咬筋筋活動を調べた志賀ら²⁸⁾は、第1サイクルから第4サイクルまでの間では、それらの変動が大きいが、第4サイクル以降では、変動が小さいと報告し、咀嚼開始後の数サイクルでは、咀嚼運動が不安定になり、食品の性状の違いが咀嚼運動に反映されにくいことを示唆している。これらのことを考慮し、本研究では、志賀ら³⁾の方法に従って、咀嚼開始後の第5サイクルからの10サイクルを分析区間にした。

咀嚼運動の安定性の評価に際しての定量的指標として、運動リズムやEMG咀嚼リズムの時間的要素が多く用いられている^{2,27,29-33)}が、多数の頭蓋下顎障害（TMD）患者における運動経路と運動リズムとの関係を調べた志賀ら³⁾は、運動経路または運動リズムのどちらか一方のみが正常範囲を示す例が存在することを明らかにし、運動機能を客観的に評価するためには、運動経路と運動リズムの両者を分析しなければならないと強調している。これに留意し、本研究では、志賀ら³⁾が提唱している運動経路の安定性を表す3指標と運動リズムの安定性を表す4指標をそれぞれ分析した。

正常者のチューインガム咀嚼時の運動経路の安定性を表す開口時側方成分、閉口時側方成分、垂直成分のSD/ODは、それぞれ2.9~4.5, 3.0~4.2, 3.6~4.0%の値が報告されている^{3,4,15)}。これらの値の意義について、志賀ら³⁾は、咀嚼時の平均的な開口量である20mmに達したときの開口時側方成分、閉口時側方成分、垂直成分の各標準偏差を算出したところ、0.64~0.76mmできわめて小さかったことから、正常者のチューインガム咀嚼時の運動経路がきわめて安定していることを表していると述べている。

一方、正常者のゼラチン含有量が8%のグミゼリー咀嚼時の開口時側方成分、閉口時側方成分、垂直成分のSD/ODを調べた千綿ら¹⁵⁾は、3.8~4.3%の値を報告し、このグミゼリーが咀嚼運動の安定性を評価するための被験食品として、有用性が高いことを示唆し

ている。本研究のゼラチン含有量が8%のグミゼリー咀嚼時の値は、彼らの報告値にほぼ一致し、また正常者のチューインガム咀嚼時の正常範囲にも適合した。さらに、本研究の値から上記の開口量が20 mmにおける開口時側方成分、閉口時側方成分、垂直成分の各標準偏差を試算してみると、0.80~0.88 mmとなり、チューインガム咀嚼時に準じるきわめて小さい値を示した。したがって、ゼラチン含有量が8%のグミゼリー咀嚼時の運動経路は、チューインガム咀嚼時のそれと同様にきわめて安定しているといえ、またグミゼリーが咀嚼運動の安定性を分析するための被験食品として有用性が高いという千綿ら¹⁵⁾の研究の示唆を十分支持できることを示すものと考えられる。

ゼラチン含有量間で比較した運動経路の安定性を表す各指標についての本研究の結果では、開口時側方成分と垂直成分のSD/ODは、G8が最も小さく、G6.5がそれに準じ、また閉口時側方成分のSD/ODは、G6.5が最も小さく、G8がそれに準じ、いずれもG6.5とG8とが近似値を示し、両群間に有意差が認められなかったのに対し、G6.5またはG8とG5またはG9.5との間に有意差または高度な有意差が比較的多く認められ、G8すなわちゼラチン含有量が8%で運動経路の安定性を表す3指標中2指標で最も自然な咀嚼ができ、ゼラチン含有量が6.5%でそれに準じる様相を示した。これは、予備実験でゼラチン含有量が6%と8%では、全被験者が自然な咀嚼ができ、また4%では、被験者10名中9名が付着感を伴うと報告し、10%と12%では、全被験者が硬すぎると報告した主観的結果と一致する。つまり、G6.5とG8では、自然な咀嚼ができるために運動経路が安定し、逆にG5またはG9.5では、付着性や硬度性の末梢からのダイナミックなフィードバック調節²⁸⁾により、自然な咀嚼ができなかったことによるものと推察される。したがって、運動経路の安定性の評価のためのグミゼリーの硬さは、ゼラチン含有量が8%で最適といえよう。

正常者のチューインガム咀嚼時の開口相時間、閉口相時間、咬合相時間、サイクルタイムの各変動係数は、それぞれ10.8, 9.1, 7.6, 4.5%であったと報告されている³⁾。これらに対応させてみた本研究の結果は、G6.5がそれぞれ11.8, 9.6, 6.4, 5.0%, またG8がそれぞれ10.5, 9.4, 6.8, 4.6%で近似し、特

にG8, すなわちゼラチン含有量が8%で最も近似した。したがって、運動リズムは、ゼラチン含有量が8%のグミゼリー咀嚼時がチューインガム咀嚼時とほぼ同等の安定性を呈するといえる。

咀嚼の進行に伴う硬さや大きさの変化が大きいピーナッツ咀嚼時を調べた千綿ら¹⁵⁾は、開口相時間、閉口相時間、咬合相時間、サイクルタイムの各変動係数が、それぞれ12.3, 11.3, 9.8, 5.7%であったと報告している。本研究の結果では、最も硬いG9.5, すなわちゼラチン含有量が9.5%のグミゼリー咀嚼時の開口相時間、閉口相時間、咬合相時間、サイクルタイムの各変動係数は、それぞれ13.7, 12.0, 7.8, 5.6%で、咬合相時間を除くと、いずれもG8よりは有意または高度に有意に大きく、千綿ら¹⁵⁾が報告しているピーナッツ咀嚼時のそれらにきわめて近似し、運動リズムが明らかに不安定な様相を示した。これは、硬さや大きさが咀嚼の進行に伴い変化する食品咀嚼では、開口量とサイクルタイムが第15サイクルまでに大きく変動して変化したというLucasら³⁴⁾の観察所見からも説明がつくものと考えられる。一方、本研究の結果では、G5, すなわちゼラチン含有量が5%の最も軟らかいグミゼリー咀嚼時の値もそれぞれ13.7, 11.7, 8.4, 5.8%を示し、最も硬いG9.5のそれらに近似したが、これは、軟らかいために、大きさが早期に変化したためと推察される。

これらの運動リズムの安定性を表す4指標値をまとめてみた本研究の結果では、G8が3指標で最も小さく、1指標でそれに準じ、逆にG5が3指標で最も大きく、1指標でそれに準じ、運動経路の安定性を表す指標の結果とほぼ同様な傾向を示した。このG5の指標値が最も大きかったことは、前述のように、付着性があるためと推察される。したがって、G8, すなわちゼラチン含有量が8%のグミゼリーが安定した咀嚼運動を行える硬さと断定してよいものと考えられる。

なお、本研究の結果では、グミゼリーの硬さの違いによる影響は、運動リズムのほうが運動経路よりも少なかった。これは、咀嚼運動が基本的には脳幹のリズムジェネレータによってリズムカルに反復するように調節されており、末梢からの影響を受けにくい³⁵⁾ためと考えられる。

以上のことから、咀嚼運動の分析のための被験食品であるグミゼリーの最適な硬さは、ゼラチン含有量が

8%であり、ゼラチン含有量が6.5%でそれに準じることが示唆された。

V. 結 論

咀嚼運動の分析のための被験食品であるグミゼリーの最適な硬さを明らかにするため、ゼラチン含有量を5, 6.5, 8, 9.5%に変化させた4種類の硬さのグミゼリーを試作し、正常者20名における咀嚼時の下顎切歯点の開口時側方成分、閉口時側方成分、垂直成分の標準偏差を開口量で除算した値(SD/OD)と開口相時間、閉口相時間、咬合相時間、サイクルタイムの変動係数について、グミゼリー間で定量的に比較し、また咀嚼後の主観的調査を行った。その結果、咀嚼運動の分析のための被験食品であるグミゼリーの最適な硬さは、ゼラチン含有量が8%であり、6.5%でそれに準じることが示唆された。

稿を終わるに臨み、ご協力いただいた、横山正起助手、宮崎仁大学院生に感謝いたします。

なお、本論文の要旨は、日本歯科大学歯学会第472回例会(1999年2月)において発表した。

文 献

- 小林義典. 健康科学における歯科補綴学を展望する. 第100回日本補綴歯科学会記念大会出版委員会編, 健康科学における歯科補綴学—21世紀に目指すもの— 27-35, 東京: 日本補綴歯科学会, 1999.
- 瑞森崇弘. 咀嚼運動分析による顎口腔機能診断に関する研究. 阪大歯学誌 32: 105-136, 1987.
- 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. 補綴誌 34: 1112-1126, 1990.
- 新井一仁, 石川晴夫. 骨格性反対咬合者の咀嚼運動経路. 日矯歯誌 53: 154-168, 1994.
- 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 34: 1127-1139, 1990.
- 住吉圭太, 小川隆広, 古谷野 潔ほか. 正常者の咀嚼運動経路に関する研究. 補綴誌 39: 535-541, 1995.
- 佐々木啓真, 藤田幸弘, 戸田一雄ほか. ヒト顎口腔機能に関与する口唇感覚—口唇表面麻酔による咀嚼時の下顎運動の変化—. 顎機能誌 2: 83-90, 1996.
- 森谷良彦, 祇園白信仁. 咀嚼リズム分析と健常機能者および顎機能障害者咀嚼リズムの概要. 石岡 靖, 小林義典, 長谷川成男ほか編, 顎口腔機能分析の基礎とその応用—ME機器をいかに臨床に活かすか— 364-371, 東京: デンタルダイヤモンド社, 1991.
- 町野 敦. 咀嚼時の下顎運動機能と咀嚼能力に関する研究. 補綴誌 36: 1111-1124, 1992.
- 吉富信幸. 咀嚼時における全部床義歯前歯部咬合接触が下顎運動に及ぼす影響. 口病誌 64: 436-453, 1997.
- 山本 誠. 全部床義歯装着者の咀嚼効率, 咀嚼筋活動および下顎運動による咀嚼機能評価. 阪大歯学誌 38: 303-331, 1993.
- 古谷暢子, 吉田 実, 野首孝祠ほか. 試験用グミゼリーを用いた咀嚼機能評価—有歯顎者における年齢差と性差について—. 補綴誌 38: 89-97, 1994.
- 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活動の定量的評価. 補綴誌 38: 1281-1294, 1994.
- 松尾 卓, 志賀 博, 小林義典. グミゼリー咀嚼時における咀嚼効率と咀嚼運動の安定性との関係. 補綴誌 41: 686-697, 1997.
- 千綿一郎, 志賀 博, 小林義典. 咀嚼運動の機能的分析—安定性の評価のための被験食品の検索—. 補綴誌 42: 857-866, 1998.
- 小林義典, 芳賀景嗣, 志賀 博ほか. グミゼリー咀嚼時の咀嚼運動 第1報 咀嚼運動経路. 歯学 80: 930, 1992.
- Plesh O, Bishop B, McCall W. Effect of gum hardness on chewing pattern. Exp Neurol 92: 502-512, 1986.
- 堀尾 強, 河村洋二郎. 咀嚼運動に及ぼす食品テクスチャーの影響. 歯基礎誌 30: 481-488, 1988.
- 有住和浩. 食品の硬さが咀嚼運動に及ぼす影響に関する実験的研究. 補綴誌 33: 1301-1312, 1989.
- 成田紀之, 松本敏彦, 矢代享一ほか. 食品固さの変化に対応する咀嚼の生理的機能特性. 日大口腔科学 17: 270-278, 1991.
- 秋山仁志, 志賀 博, 小林義典. 咀嚼運動の機能的分析—正常者における前頭面でみた切歯点の経路のパターン—. 補綴誌 35: 609-621, 1991.
- 芳賀景嗣, 志賀 博, 小林義典. 咀嚼運動の機能的分析—正常者における各種食品咀嚼時の経路のパターン—. 補綴誌 35: 907-918, 1991.
- 小林義典. 機能運動と咬合. 石岡 靖, 小林義典, 長谷川成男ほか編, 顎口腔機能分析の基礎とその応用—ME機器をいかに臨床に活かすか— 98-107, 東京: デンタルダイヤモンド社, 1991.
- 中島邦久, 志賀 博, 小林義典. 咀嚼運動経路のパターンの違いからみた各種食品咀嚼時の咀嚼筋活動. 補綴誌 37: 1246-1258, 1993.
- 横山正起, 志賀 博, 小林義典. 咀嚼運動の機能的分析—下顎切歯点の運動経路のパターンと運動の安定性との関係—. 補綴誌 42: 790-802, 1998.
- 三田貢司, 小林義典. 咀嚼機能の筋電図学的評価に関する臨床的研究. 歯学 76: 711-760, 1988.
- 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.
- 28) 志賀 博, 小林義典, 庄内康晴. グミゼリー咀嚼時の咀嚼運動—食品の硬さと末梢からのフィードバック調節との関係—。補綴誌 43・102 回特別号:104, 1999.
- 29) 加藤信次. 顎関節機能障害患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.
- 30) Jemt T, Hedegård B. Reproducibility of chewing rhythm and of mandibular displacements during chewing. J Oral Rehabil 9:531-537, 1982.
- 31) 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 83:937-980, 1983.
- 32) 米沢功至, 沢田 明, 金野 勇ほか. 筋電図咀嚼リズムを用いた顎関節症患者の治療効果の判定方法。顎機能 2:59-64, 1984.
- 33) 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.
- 34) Lucas PW, Ow RKK, Ritchie GM et al. Relationship between jaw movement and food breakdown in human mastication. J Dent Res 65:400-404, 1986.
- 35) 井上富雄. 三叉神経求心性情報の顎運動調節に果たす役割。阪大歯学誌 32:70-90, 1987.

著者連絡先：小林 義典

〒102-8158 東京都千代田区富士見 2-3-16

TEL : 03-3261-5729

FAX : 03-3261-8464

E-mail : y-kobaya@tokyo.ndu.ac.jp

Property of Test Food for Masticatory Movement Analysis

—The Hardness of Gumi-jelly—

Satoshi Kuriyama, Hiroshi Shiga and Yoshinori Kobayashi

Department of Partial and Complete Denture,
The Nippon Dental University, School of Dentistry at Tokyo
(Chief : Prof. Yoshinori Kobayashi)

J Jpn Prosthodont Soc 45 : 592-601, 2001

ABSTRACT

Purpose : To find the most suitable hardness of gumi-jelly for analyzing masticatory movement, movement of the mandibular incisal point was analyzed for chewing of four types of gumi-jelly having different hardness, containing, respectively 5, 6.5, 8 and 9.5% gelatin.

Methods : Twenty healthy subjects were asked to chew four types of gumi-jelly. For ten cycles, beginning with the fifth cycle, of mastication, the SD/OD (standard deviation/opening distance) of lateral components of opening and closing, and of the vertical component, and the CV (coefficient of variation) of opening, closing, occluding, and cycle time, were calculated and compared among the four types of gumi-jelly. Also, subjective investigation after chewing was performed.

Results : The feel of mastication was excellent for all four types of gumi-jelly. The indicators increased in the order of 8, 6.5, 9.5, and 5% for the lateral component of opening ; 6.5, 8, 9.5, and 5% for the lateral component of closing ; 8, 6.5, 5, and 9.5% for the vertical component ; and, 8, 6.5, 9.5, and 5% for the opening and cycle time ; 8, 6.5, 5, and 9.5% for the closing time, and 6.5, 8, 9.5, and 5% for the occluding time, respectively. There were significant differences in almost all pairwise comparisons, and the 6.5 or 8% gumi-jelly had significantly smaller values than the 5 or 9.5% gumi-jelly. In other words, the masticatory movement was most stable for gumi-jelly containing 8% gelatin, and it was the second best for 6.5%.

Conclusions : It was concluded that the best gumi-jelly was the one containing 8% gelatin, and 6.5% was the second best.

Key words

masticatory movement, the hardness of gumi-jelly, masticatory path, masticatory rhythm, the feel of mastication