

厚生労働科学研究費補助金

長寿科学総合研究事業

高齢者の口腔乾燥症と
咀嚼機能および栄養摂取との関係

平成15年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 野首 孝嗣

平成16（2004）年 3月

目 次

I. 総括研究報告

高齢者の口腔乾燥症と咀嚼機能および栄養摂取との関係	1
---------------------------	---

野首 孝祠

II. 分担研究報告

試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法による咀嚼の客観的評価法の確立	9
------------------------------------	---

野首 孝祠

咀嚼能力の主観的評価と客観的評価の関連	25
---------------------	----

池邊一 典

高齢者の歯数, 咬合支持, 咬合力, 咀嚼能率と体格指数(BMI)	37
-----------------------------------	----

池邊一 典

高齢者の味覚と口腔内状況との関連	43
------------------	----

古谷 暢子

III. 研究成果の刊行に関する一覧表	50
---------------------	----

IV. 研究成果の刊行物・別刷	51
-----------------	----

高齢者の口腔乾燥症と咀嚼機能および栄養摂取との関係

主任研究者 野首孝詞 大阪大学大学院歯学研究科 教授

研究要旨 咀嚼機能の回復は、歯科治療の最も重要な目的であり、その客観的評価法の確立は、根拠に基づいた治療を行う上で欠かせないものである。そこでまず、試験用グミゼリーを用いて簡便に咀嚼機能の客観的評価が行える方法を開発し、その正確性と再現性について検討を行った。その結果、試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法は、グルコースの溶出温度や時間などの測定条件を厳密に守ることで、高い正確性を示し、また従来のピーナッツによる篩分法と比較して、再現性が高いことが明らかとなった。

次に、試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法における、咀嚼能力の主観的評価と客観的評価の関連、および咀嚼に影響を及ぼす因子について、349名の自立した60歳以上の高齢者を対象に検討を行った。その結果、咀嚼能率は、咬合支持によって大きく異なり、咀嚼の主観的評価と本法による客観的評価とは必ずしも一致しないことが示された。これらのことから、咀嚼の機能検査として、主観的評価だけでは不十分であり、咀嚼の客観的評価の重要性が明らかとなった。

また、健康を維持し、疾患を予防するためには、必要な栄養摂取を確保することが重要な条件である。高齢者633名について、口腔内状況や咬合力ならびに咀嚼能率が、高齢者の低体重（やせ）に及ぼす影響を検討した。その結果、低体重は、残存歯が10本以下の者、天然歯による咬合支持がない者、咬合力が小さい者で有意に多く、咀嚼能率の低い者で多くなる傾向がみられた。

ついで、味覚については、高齢者356名を対象にして、ろ紙ディスク法による味覚検査および唾液分泌量測定を行った。その結果、高齢者の味覚認知閾値は、20歳代と比較して有意に高い値を示した。また、主観的な味覚の満足度は、口腔乾燥感、義歯床による硬口蓋の被覆および義歯の違和感との関連が認められたが、味覚の認知閾値とは有意な関連は認められなかった。

分担研究者：

池邊一典 大阪大学歯学部附属病院
講師

古谷暢子 大阪大学大学院歯学研究科
助手

A. 研究目的

我が国は、国民の1/4が高齢者という超高齢社会を世界に類を見ないスピードで迎えようとしており、今後も活力ある社会を保ち続けるためには、高齢者が健康で生きがいをもって生活できることが大切である。寿命の延長に伴う長い老年期を健康で気持豊かに過ごすためには、食生活の充実は必須条件であり、家族や友人と食事を楽しむ、QOL を高め、生きがいを創造するためにも、咀嚼や味覚機能の役割はきわめて大きい。

しかしながら、一般に高齢者は、歯の喪失に加え、神経筋機構の機能低下や唾液分泌障害などによって咀嚼機能が低下し、適切な食生活が行われず、栄養摂取不足をおこしやすいとされている。

本研究の目的は、まず咀嚼能力の客観的評価法を確立し、高齢者の咀嚼能力について主観的評価と客観的評価の関係、咀嚼能力に影響を及ぼす因子について検討する。また、高齢者の口腔内の状況と味覚や栄養状態との関連についても明らか

かにする。

B. 研究方法

1. 試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法による咀嚼の客観的評価

試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法は、被験食品の咬断片表面積は、その表面から一定時間に溶出する成分に比例することから、その濃度を計測することによって、咀嚼能率を推定する方法である。

被験試料としては、試験用グミゼリー(20×20×10mm、5.7g)を用いた。まず、被験者に試験用グミゼリー1個を30回自由咀嚼させ、その後咀嚼中にグミゼリー表面に付着した唾液やグルコースなどを除去するため水洗し、次いで蒸留水中で咬断片表面からグルコースを溶出させ、その濃度を血糖値測定器を用いて測定した。

上記の手順に従って咀嚼能率検査を行う上で、試験用グミゼリーから溶出したグルコース濃度の計測値に影響を与えると考えられる、グミゼリーの水洗温度、水洗時間、グルコースの溶出温度、溶出時間について検討を行った。

2. 咀嚼能力の主観的評価と客観的評価の関連

調査対象者は、自立した生活を送っている高齢者 349 名、平均年齢 66.1 ± 4.1 歳とした。調査項目は全身および口腔内の状態についての問診、口腔内検査に加え、試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定を行った。咀嚼の主観的評価は、咀嚼に対する満足度とテクスチャーの異なる 10 種類の食品についての摂取可能度とした。

3. 高齢者の菌数、咬合支持、咬合力、咀嚼能率と体格指数 (BMI)

調査対象者は自立した生活を送っている高齢者 633 名、平均年齢 66.5 ± 4.4 歳とした。

対象者に対して、口腔内検査ならびに咬合力と咀嚼能率の測定を行った。咀嚼能率は、試験用グミゼリーを 30 回自由咀嚼させたのちの咬断片表面積増加量とし、最大咬合力は、デンタルプレスケールを用い測定した。また、身長と体重から体格指数 (BMI、Body Mass Index: 体重(kg) / 身長(m)²) を求め、栄養状態の指標とした。

4. 高齢者の味覚と口腔内状況との関連

調査対象は、自立した生活を送っている高齢者 356 名、平均年齢 66.0 ± 4.2 歳とした。

調査項目は、口腔乾燥感、歯の状態、

味覚に関する満足感、ならびに味覚検査、唾液分泌量測定などとした。

味覚検査は、ろ紙ディスク法を選択した。検査部位は、舌尖正中線より約 2 cm 離れた舌縁とし、四基本味のろ紙ディスクを、濃度の低いものから順に測定部位の上に 3 秒間置き、その味質が判別可能となった最小濃度を認知閾値とした。

唾液分泌量は、1 g のパラフィンペレットを 2 分間自由咀嚼した際の全分泌唾液量を測定し、唾液分泌速度を求めた。

C. 研究結果

1. 試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法による咀嚼の客観的評価

咀嚼後の試験用グミゼリーの咬断片表面から溶出されるグルコース濃度は、グミゼリー咬断片の水洗時間、溶出温度、溶出時間に大きく影響を受け、これらを厳密に守ることで、安定した結果が得られた。また、咬断片表面積増加量は、グルコース濃度から、回帰式を用いて正確に算出することが可能であり、従来のピーナッツを用いた篩分法による咀嚼能率検査と比べ、再現性が高かった。

2. 咀嚼能力の主観的評価と客観的評価の関連

咀嚼能率の平均値は、対象者全体としては 1902 mm^2 であり、咀嚼に対する満足群が

2105 mm²、どちらでもない群が1821mm²、不満群が1594mm²となり、満足群とどちらでもない群および不満群との間には有意差がみられた。また、咬合支持については、咀嚼能率の平均値は、Eichner A 群が2125mm²、B 群が1735 mm²、C 群が1150mm²となり、いずれの群間でも有意差がみられた。

一方、咬合支持が同じ場合、Eichner A 群とC 群において、咀嚼能率は、満足群、どちらでもない群、不満群の各群間に、いずれも有意差はみられなかった。しかし、B 群では、咀嚼能率は、満足群と不満群との間に、有意差がみられた。

咀嚼能率の平均値は、対象者全体では、グミゼリーを除いた9種類の食品をすべて「普通に食べられる」とした摂取可能群が2073mm²、それ以外の不可能群が1680mm²となり、有意差がみられた。一方、咬合支持が同じ場合、Eichner A 群とC 群では、摂取可能群と不可能群で有意差はみられなかったが、B 群では、両者に有意差がみられた。摂取可能食品数と咀嚼能率との関係については、対象者全体では、Spearman の順位相関係数の検定により、相関係数0.40の弱い正の相関がみられた。一方、咬合支持が同じ場合、Eichner A 群とEichner C 群では、摂取可能食品数と咀嚼能率との間に有意な相関はみられなかったが、Eichner B 群では、弱い正の相関がみられた。

3. 高齢者の歯数、咬合支持、咬合力、咀嚼能率と体格指数(BMI)

BMIは、18.5未満(低体重)の者が4.4%、18.5以上25未満(普通体重)の者が79.5%、25以上(肥満)の者が16.1%みられた。

低体重の者の割合は、年齢、男女で有意差はみられなかったが、残存歯が10本以下の者では8.4%、咬合支持がEichner C 群の者で8.8%、全部床義歯装着者で10.3%、咬合力が250N未満の者で8.1%、と有意に多くみられた。さらに咀嚼能率が低い(下位20%、咬断片表面積増加量1400mm²未満)者では、低体重は9.6%みられた(P=0.074)。

4. 高齢者の味覚と口腔内状況との関連

味覚に対して満足していないと回答した者は、26%みられた。味覚検査については、いずれの味質においても、高齢者では、若年者と比較して有意に認知閾値が高く、30%から40%が味覚障害に分類された。

味覚に対する満足度は、口腔乾燥感、硬口蓋全体を被覆する義歯の装着との有意な関連が認められたが、年齢、性別、唾液分泌量およびいずれの味質の認知閾値とも有意な関連は認められなかった。義歯装着者では、義歯に対する違和感の

有無と味覚の満足度との間においても関連が認められた。

D. 考察

試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率検査法は、グルコースの溶出温度と時間に依存性の高い方法で、これらを規定することによって安定した検査結果が得られた。これは、グミゼリー表面からのグルコースの溶出が、溶出温度と時間によって大きく変化することによるものである。

また、破碎性の食品であるピーナッツに比べ、試験用グミゼリーは、咀嚼後の試料も均一で、咀嚼による表面積の増加が検査結果に正確に反映することから、より再現性の高い結果が得られたものと考えられる。

咀嚼能率は咬合支持によって有意な差がみられ、天然歯同士の咬合接触域の数が、咀嚼能率に影響を与えていることが明らかとなった。本研究に用いたいずれの主観的評価も、対象者全体や Eichner B 群では、客観的評価との間に関連がみられる傾向となったが、Eichner A と C 群においては、主観的評価と客観的評価は必ずしも一致しなかった。対象者数の違いが検定結果に影響を及ぼしたことも考えられるが、これらのことについて今後さらに詳細に検討する必要があると思われる。

また、Eichner A 群の中の主観的評価が

低い群の咀嚼能率が、Eichner C 群の中の主観的評価が高い群の咀嚼能率よりも、有意に高いことから、主観的評価の判断基準が、各個人の有する咬合支持の状態によって変化していることが考えられた。咀嚼の主観的評価は、咀嚼能率以外の様々な影響を受けることから、咀嚼機能の検査として、主観的評価だけでは不十分であり、客観的評価を取り入れることの重要性が示唆された。

高齢者の歯の数、咬合支持、義歯装着状況、さらに咬合力や咀嚼能率は、食生活に影響を及ぼし、これらの条件が悪くなると、低体重を生じることが示唆された。

これらの原因として、咀嚼能力の低下による咀嚼困難な食品の回避や摂取量の減少に加え、義歯に対する不満などに起因する、心理的な要因による食欲不振も考えられる。一方、高齢者の食生活は変化しにくいことから、義歯による口腔機能の回復を図るとともに、咀嚼機能を評価し、食事内容を把握した上で、適切な食生活指導を行うことの必要性が示唆された。

味覚障害に分類される人が、若年者と比較して高齢者で有意に多くみられた。この点について、これまでデータに基づいたこのような報告はなく、非常に貴重な所見と思われる。

主観的な味覚に対する不満は、硬口蓋を全部被覆する義歯の装着と関連が認められたが、客観的評価としての味覚閾値とは有意な関連は認められなかった。このことについては、“食物を味わう”ということは味刺激に対する味蕾からの情報だけではなく、冷温覚、視覚、触覚、聴覚などが総合され、広義の味覚として認識されることによるものと考えられた。

E. 結論

1. 試験用グミゼリーの咬断片表面から溶出されるグルコース濃度は、グミゼリー咬断片の水洗時間、溶出温度、溶出時間に大きな影響を受け、これらを厳密に守ることで、より安定した結果が得られた。
2. 試験用グミゼリーの咬断片表面積増加量は、グルコース濃度から、回帰式を用いて、正確に算出可能であった。
3. 試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法は、ピーナッツを用いた篩分法による咀嚼能率検査と比べ、再現性が高かった。
4. 咀嚼能率は咬合支持によって有意な差がみられ、摂取可能食品数と弱い正の相関がみられた。
5. 咬合支持が同じ場合、咀嚼に対する満足度や摂取可能食品の数によって、咀嚼能率は、必ずしも差はみられなかつ

た。

6. 低体重の者の割合は、残存歯が少ない者、天然歯による咬合支持がない者、咬合力が低い者において、有意に多くみられた。
7. 高齢者は、味覚閾値は高くなるが、味覚に対する不満は、閾値の上昇よりもむしろ夜間や起床時の口腔乾燥感や硬口蓋を被覆する義歯を装着しているかが重要な因子となることが示された。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Okiyama S., Ikebe K., Nokubi T. Association between masticatory performance and maximal occlusal force in young men. *J Oral Rehabil.* 30: 278-282, 2003.
- 2) Ikebe K., Nokubi T., Ono T., Sajima H.: Relationship between Masticatory Ability and Gastrointestinal Disease in Independently Living Older Adults. *Dentistry in Japan.* 39: 158-163, 2003.
- 3) 古谷暢子、吉仲正記、小野高裕、野首孝祠. 実験用口蓋床が厚さの弁別能に及ぼす影響—材質および厚さによる変化—. *補綴誌* 47: 20—27. 2003.
- 4) 古谷暢子、吉仲正記、池邊一典、小

野高裕、野首孝祠。実験用口蓋床の厚さと材質が味覚閾値に及ぼす影響。補綴誌 48:67-73. 2004.

2. 学会発表

- 1) 野首孝祠, 池邊一典, 小野高裕: 高齢者の咀嚼障害. 第26回日本医学会総会. 2003年4月, 福岡市.
- 2) 柏木淳平、池邊一典、森居研太郎、波多賢二、佐寫英則、野首孝祠: 有床義歯装着者の口腔乾燥症と口腔機能ならびに症状との関係. 第14回日本老年歯科医学会 学術大会. 2003年6月, 名古屋市.
- 3) 池邊一典, 森居研太郎, 柏木淳平, 松田謙一, 和田誠大, 野首孝祠: 高齢者における咀嚼のアウトカム. 第14回日本咀嚼学会. 2003年9月, 徳島市.
- 4) 森居研太郎, 池邊一典, 古谷暢子, 松田謙一, 和田誠大, 野首孝祠. 試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法の正確性と再現性. 第110回日本補綴歯科学会. 2003年10月, 長野市.
- 5) Ikebe K., Nokubi T.: Relationship between Dry Mouth and Quality of Life in Elderly Japanese. The 7th Asia/Oceania regional congress of gerontology. 2003 November, Tokyo.
- 6) Ikebe K., Morii K., Kashiwagi J., Matsuda K., Wada M., Nokubi T.: Importance of Natural Occlusal Supports on Masticatory Performance in Removable Denture Wearers. 49th Scientific Meeting Greater New York Academy of Prosthodontics. 2003 December, New York, USA.
- 7) Ikebe K., Matsuda K., Kashiwagi J., Morii K., Wada M., Furuya M., Nokubi T.: Dry Mouth and Oral Health Impact Profile on Elderly Japanese. 82th I.A.D.R. General Session. 2004 March, Honolulu, USA.
- 8) 吉仲正記、古谷暢子、池邊一典、森居研太郎、柏木淳平、島貫靖士、小野高裕、野首孝祠。義歯の被覆部位と材質が口腔感覚に及ぼす影響。補綴誌47: 607. 2003.
- 9) 古谷暢子、吉仲正記、池邊一典、野首孝祠。高齢者の味覚と口腔内状況との関連。第37回日本味と匂学会。2003年9月, 岡山市.
- 10) 吉仲正記、古谷暢子、池邊一典、野首孝祠。実験用口蓋床の厚さと材質が味覚閾値に及ぼす影響。第37回日本味と匂学会。2003年9月, 岡山市.
- 11) Furuya M., Yoshinaka M., Ikebe K., Shimanuki Y., Nokubi T. Association of taste sensation with oral status in older adults. 82th I.A.D.R. General Session. 2004 March, Honolulu, USA.
- 12) Yoshinaka M., Furuya M., Ikebe K.,

Nokubi T. Influence of experimental palatal plates on thermal sense. 82th I.A.D.R. General Session. 2004 March, Honolulu, USA.

厚生科学研究費助成金（長寿科学総合研究事業）
分担研究報告書

試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法による
咀嚼の客観的評価法の確立

主任研究者 野首孝祠 大阪大学大学院歯学研究科 教授

研究要旨 咀嚼機能の回復は、補綴治療の最も重要な目的であり、その客観的評価法の確立は、根拠に基づいた治療を行い、患者に対して説明責任を果たす上で欠かせないものとなってきている。咀嚼能率の客観的検査法については、現在まで多くの報告がなされてきた。その中でも、ピーナッツによる篩分法は、有用性が高いとされ、長い間用いられてきた。しかし、その主たる対象者は有歯顎者であり、咀嚼能率が低下し、咀嚼能率の評価が特に必要であると考えられる高齢者や有床義歯装着者を対象とした報告は少ない。

さらに、現在行われている評価方法のいずれも、測定方法が複雑であり、咀嚼の機能評価を簡便に行うにはいまだ問題を残している。そこで本研究では、まず、より簡便に咀嚼機能の客観的評価が行える方法を考案した。さらに測定条件についての検討を行い、評価法を確立した。また、本法の正確性と再現性について検討を行った。

その結果、試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法は、測定条件を厳密に守ることで、高い正確性を示した。また本法は、ピーナッツによる篩分法と比較して、再現性が高いことが明らかとなった。

A. 研究目的

咀嚼機能の回復は、補綴治療の最も重要な目的であり、その客観的評価法の確立は、根拠に基づいた治療を行い、患者

に対して説明責任を果たす上で欠かせないものとなってきている。

咀嚼能率の客観的検査法は、被験試料を実際に咀嚼させる直接的検査法と、筋

電図などを用いた間接的検査法の2つに大きく分けることができる。なかでも直接的検査法は、咀嚼機能をそのまま評価することができることから有用性が高く、現在まで多くの報告がなされてきた。

これまで、ピーナッツ、アーモンド、米、シリコーン印象材、寒天印象材、ATP顆粒剤、チューイングガム、ゼラチン、グミゼリーなどを被験試料とし、主に有歯顎者を被験者とした方法が検討されており、その一部は、実際に全部床義歯装着者を対象に用いられている。しかし、これらのいずれも、測定方法が複雑であり、チェアサイドでルーチンに咀嚼機能の評価を行うにはいまだ問題を残している。

山本は、全部床義歯装着者を対象として、試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法を開発した。山本の方法は、グミゼリーの表面から溶出するゼラチン濃度から、グミゼリー咬断片の表面積増加量を算出する方法であった。しかし、ゼラチン濃度の測定には、分光光度計などの特殊な器材と時間を要し、チェアサイドでその結果を得ることは困難であった。

そこで、本研究においては、より簡便かつ正確に咀嚼機能の客観的評価が行える方法を確立することを目的に、試験用グミゼリーのグルコース溶出量を用いた咀嚼能率の測定条件、ならびにその正確

性と再現性について検討した。

研究 1. 試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法の確立

B. 研究方法

試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法の基本的条件を考案し、咀嚼能率の測定値に影響を及ぼす因子について検討を行った。

1. 試料

本研究の被験試料としては、試験用グミゼリー（20×20×10mm、5.7g）を用いた。試料となるグミゼリーは、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され、山本らが使用していた、数種類の硬さの中から、試験用グミゼリーNo. 3（江崎グリコ社）と同じ配合を用いて製作した（表1）。沖山らは、義歯に対する付着性、かみやすさ等についてのアンケート調査の結果から、全部床義歯装着者を対象とした咀嚼能率測定には、No. 3の硬さが適切であると報告している。このため、本実験においても、試料の硬さをこれに準じた。

2. 咬断片表面積増加量の測定方法

試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定を、山本の方法を応用し、図に示す順序に従って行った（図1、2）。本法は、

咀嚼の進行に伴って増加するグミゼリー咬断片の表面積を、表面から一定時間内に溶出してくる、含有成分の1つであるグルコース量によって推定するものである。

まず、被験者に試験用グミゼリー1個を途中で飲み込まないように30回自由咀嚼させ、その咬断片を口腔内に残さないように、可及的に回収し、咀嚼中にグミゼリー表面に付着した唾液やグルコースなどを可及的に除去するため、常温の水道水を用いて、30秒間水洗を行った。

次に、咬断片表面からグルコースを溶出させるため、咬断片を35℃の蒸留水、15ml中で、20秒間攪拌した。攪拌後、その上清を清潔なピンセットを用いて採取し、滅菌済ステンレスバット上に滴下する。滴下された上清のグルコース濃度を、血糖値測定器グルテスト、およびその測定チップであるグルテストセンサー（三和化学社）を用いて測定した。

本法は、咀嚼能率を、咀嚼によって増加した咬断片表面積の総和によって評価する。すなわち、咬断片表面積に応じて、その表面から一定時間に溶出するグルコース量が増加することから、グルコース濃度を計測することによって、咬断片表面積を推定する。

3. 測定項目

上記の手順に従って、本法を用いた咀嚼能率検査を行う上で、試験用グミゼリーから溶出したグルコース濃度の計測値に影響を与えると考えられる、グミゼリーの水洗温度、水洗時間、グルコースの溶出温度、溶出時間について検討を行った。

基本的条件は、前述のとおり、グミゼリー咬断片の水洗温度を18℃、水洗時間を30秒間とし、蒸留水15ml中での溶出温度を35℃、溶出時間を20秒間とした。

グミゼリーの水洗温度については、診療室の気温に近い18℃と、よりグルコースが溶出しやすいと考えられる40℃の水道水とし、30秒間水洗した場合の、グルコース濃度の計測を行った。試料には試験用グミゼリー原形（表面積1600mm²）、8等分した試験用グミゼリー（表面積3200mm²）、16等分した試験用グミゼリー（表面積4000mm²）を用いた。それぞれの水洗温度に対し、各5個の試験用グミゼリーを用い、試料1個につき1回、グルコース濃度の計測を行った。

グミゼリーの水洗時間については、水洗なしから60秒間まで、水洗時間を変化させた。

試料には16等分した試験用グミゼリーを用いた。それぞれの水洗時間に対し、各5個の試験用グミゼリーを用い、試料1個につき1回、計5回、グルコース濃

度の計測を行った。

グルコースの溶出温度については、20℃から 50℃まで溶出温度を変化させた。試料には 16 等分した試験用グミゼリーを用いた。それぞれの溶出温度に対し、各 5 個の試験用グミゼリーを用い、試料 1 個につき 1 回、グルコース濃度の計測を行った。

グルコースの溶出時間については、10 秒から 60 秒まで溶出時間を変化させた。試料には 16 等分した試験用グミゼリーを用いた。それぞれの溶出時間に対し、各 5 個の試験用グミゼリーを用い、試料 1 個につき 1 回、グルコース濃度の計測を行った。

統計学的分析には、Kruskal-Wallis test または Mann-Whitney's U-test を用い、有意水準 5 % で検定を行った。有意差がみられた場合は、Bonferroni 変法によって多重比較検定を行った。

C. 研究結果

1. 水洗温度について

水洗温度によって、グルコース濃度に有意差はみられなかった (図 3)。

2. 水洗時間について

水洗時間が長くなるに従って、グルコース濃度は低下し、一定の値に収束する傾向がみられた。

水洗時間が、20 秒と 40 秒および 60

秒の場合のグルコース濃度に、有意差がみられた。一方、30 秒と 40 秒および 60 秒との間には有意差がみられなかった (図 4)。

3. 溶出温度について

溶出温度が高くなるに従い、グルコース濃度は高くなる傾向がみられた。また、30℃および 40℃におけるグルコース濃度は、35℃の場合と有意な差がみられた (図 5)。

4. 溶出時間について

溶出時間が長くなるに従い、グルコース濃度は高くなった。本法の基準としている 20 秒間の溶出と比較し、グルコース濃度は、10 秒間の溶出では有意に低く、また 30 秒間の溶出では有意に高くなった (図 6)。

D. 考察

1. 咀嚼の客観的評価法について

咀嚼能力の検査法には、大きく分けて、咀嚼能力を咀嚼する試料より直接判定する方法と、咀嚼に関与するほかの要素より間接的に測定する方法がある。

1) 篩分法による咀嚼能率検査

粉碎能力に着目した評価法は、咀嚼能率評価法とも呼ばれ、その代表は篩分法である。これは、上下顎歯の咬合面間で粉碎された食物片を回収し、篩によりその粉碎度を評価する方法である。

起源は 1924 年に遡る。その後、Manly がピーナッツを用いて、一定の粗さの篩を通過した食品の乾燥重量%を咀嚼値として規格化した。本邦では、石原が生米を用いて同様の手技による評価法を発表した。

ピーナッツを用いた篩分法による咀嚼能率検査は、現在でも広く認知されており、咀嚼能率検査の基本となっている。

しかし、ピーナッツ、アーモンド、生米といった天然食品は、均質化が難しく、吸水性を持つため、食物の乾燥が必要であることなどの問題点がある。このため、近年では、シリコーン印象材、寒天印象材などの人工試料が篩分法の被験食品として用いられている。

篩分法の試料は、天然食品、人工試料のいずれも、粉碎性の試料であり、その粉碎片も、ある程度の硬度を有する。このため、義歯装着者の場合、粉碎片が義歯床下に入り、疼痛を引き起こし、咀嚼そのものが困難となる場合も多い。また、天然食品の場合、試料の均質化のみならず、衛生管理の面からも、問題がある場合も考えられる。さらに、篩分法は、一般に乾燥する装置が必要であること、測定時間が長いことなどの問題点が残されている。したがって、日常臨床において、チェアサイドで短時間に検査結果を得ることは困難であり、患者に対する説明を

行う上で、適切な方法であるとはいえない。

2) 成分溶出量の測定による咀嚼能率検査

従来の篩分法では、前述のように、測定時間が長いこと、また一般に乾燥する装置が必要であることなど、臨床で広く用いる上での問題点が残されていた。そこで、粉碎された食物からの成分溶出量を測定する方法が開発された。これは、咀嚼によって、試料が細分化されるほど咬断片の表面積が増加し、成分溶出量が増加することに着目したものである。

今村、渡辺らは、生米を咀嚼させ、フェノール硫酸法で発色させたグルコース量を吸光度測定により求める方法、すなわち比色法による咀嚼能率検査法を開発した。

その後、これを応用し、ATP 腸溶顆粒を被験食品とし、咀嚼によって、遊離される ATP 量や、色素顆粒入りカプセルから放出される色素を指標とした吸光度法が開発されている。

また、山本らは、試験用グミゼリーを被験食品として、溶出ゼラチン量を指標とした吸光度法を開発した。

咀嚼の生理学的意義を考えた場合、その目的は、摂取した食品を細分化してその表面積を増加させ、消化酵素と十分に反応させて分解し、必要な栄養素の吸収

を促進することが挙げられる。

成分溶出量を測定する方法は、篩分法に比べ、咀嚼の生理学的意義を反映したものであるといえる。しかし、生米、ATP腸溶顆粒、色素顆粒入りカプセルなどは、いずれも通常の食品に比べ、小さな粒状である。したがって、咀嚼能力が、特に義歯装着者において、これらの被験食品の細分化の程度によって、これらの被験食品によって、評価できるとは思えない。また、いずれの食品も、義歯床下に入っ、疼痛を引き起こす恐れがある。

一方、試験用グミゼリーは、食品としての形状や寸法が適切であり、粘弾性の食品であることから、義歯床下に入っても、疼痛を引き起こすことがなく、義歯装着者に応用しやすいという利点がある。

しかし、吸光度による成分溶出量の測定は、咀嚼された食品の発色が必要であること、大きく高価な吸光度計を用いる必要があることに加え、測定時間が長くなるという問題点があった。

本研究で開発した、試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法は、グルコース濃度を、小さく安価な血糖値測定器を用いて測定することで、これらの問題を解決するものである。

3) 間接的検査法

咀嚼能力の間接的検査法は、咀嚼に関与しているほかの要素、すなわち、顎運

動、筋活動、咬合接触状態、そして咬合力などより咀嚼能力を評価、判定する方法である。間接的検査法は咀嚼能力を直接測定していないため、咀嚼能力の直接的検査法との関連性を明確にする必要がある。また、咀嚼能力を正確に表している単独の要素はいまだみつかっておらず、種々の要素より咀嚼能力を総合的に判断しているのが現状である。

2. 研究結果について

1) 水洗について

グミゼリーの水洗は、咀嚼中に付着した唾液や、唾液中にすでに溶出しているグルコースなどを除去する目的で行われる。

まず、水洗温度によって、溶出液中のグルコース濃度に有意差はみられなかった。

これは、唾液などの付着物を流水によって除去する際に、グミゼリーの表面積が変化することが考えられるものの、温度の影響が少なかったためであると考えられる。

また、水洗時間が長くなるに従って、グルコース濃度は一般に低下する傾向がみられたが、30秒間以上では有意差がみられなかった。

本法では、咀嚼中に付着した唾液やグルコースを一度全部除去し、その後、グ

ミゼリーの表面積からグルコースを溶出させる。従って、水洗時間が短いと、咀嚼中に付着したグルコースも溶出液中に含まれ、実際の表面積以上に、グルコース濃度が高くなるものと考えられる。

本研究の結果、30 秒間以上水洗を行うことで、咀嚼中の付着物は除去され、溶出液中のグルコース濃度は安定すると考えられる。また、臨床的には、水洗時間が短い方が望ましいことから、30 秒間水洗を行うことが適切であると考えられる。

2) 溶出温度について

咬断片表面からグルコースを溶出させることが、溶出の目的である。

まず、溶出温度が高くなるに従い、グルコース濃度は有意に高くなった。また、35℃の場合と比べ、25℃および 40℃におけるグルコース濃度が有意に異なった。

これは、溶媒である蒸留水の温度が高いと、溶質であるグルコースの溶出速度が上がるために、一定時間で、より多くのグルコースが蒸留水中に溶出したためであると考えられる。

これらのことから、測定結果を安定させるためには、溶出温度を厳密に守る必要性が示唆された。

また、溶出時間が長くなるに従い、グルコース濃度は有意に高くなった。これは、溶出時間の増加により、グルコース溶出量が増加したためであると考えられ

る。

このことから、ある一定表面積増加量に対して、溶出時間を変化させることで、有意に異なるグルコース濃度が計測されることが明らかとなった。

従って、グミゼリーの表面積増加量を、グルコース濃度によって推定するためには、溶出時間を一定にし、それを厳密に守る必要性が示唆された。

以上のことから、本法の測定結果を安定したものとするためには、水洗時間、溶出温度、溶出時間を規定することが必要であると考えられる。

研究 2. 試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法の正確性

研究 1 によって、試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法の測定条件が確立された。

次に本法の正確性について検討を行った。

B. 方法

1. 試料

本研究の被験試料としては、試験用グミゼリー 1 個を用いた。

試験用グミゼリーを原形から、最大 32 等分までの大きさに分割した。すなわち、試験用グミゼリーの原形である表面積

1600 mm²から 3200 mm²までの既知の表面積を有するグミゼリー試料を作製した。

2. 方法

実験 1 で定めた、測定条件下で、一連の操作を行い、グルコース濃度を測定した。

それぞれの表面積に対し、各 5 個の試験用グミゼリーを用い、試料 1 個につき 1 回、グルコース濃度の計測を行った。

統計学的分析は、Spearman's correlation coefficient by rank test を用い分析を行った。

また、説明変数をグルコース濃度、目的変数をグミゼリーの表面積として、単回帰分析を行った。

C. 結果

グミゼリーの表面積とグルコース濃度は極めて強い相関を示した ($r=0.986$ 、図 7)。

また、単回帰分析の結果、グルコース濃度と、グミゼリーの表面積は高い直線性を示し、前者より後者を算出可能であることが示された。

D. 考察

グミゼリーの表面積とグルコース濃度は極めて強い直線回帰を示し、グルコース濃度から、グミゼリーの咬断片表面積が算出できる可能性が示された。

本法では、咀嚼能率は、咀嚼によって増加した咬断片表面積の総和によって評価される。したがって、咀嚼能率は、咀嚼後のグミゼリーの咬断片表面積から、グミゼリーの原形態の表面積 1600 mm²を減じる必要がある。

そこで、グルコース濃度 X (mg/dl)、目的変数を咬断片表面積増加量 Y (mm²) として、回帰式を以下のように求め、咬断片表面積増加量の算出に利用した。

$$Y=8.8X-723.2$$

研究 3. 試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法の再現性

研究 1、2 によって、試験用グミゼリーの咬断片表面積増加量を、溶出したグルコースの濃度から、正確に算出できることが示された。

そこで、本法の再現性を、ピーナッツを用いた篩分法による咀嚼能率検査を対照として、比較検討した。

B. 研究方法

1. 試料

本研究の被験試料としては、試験用グミゼリー 1 個 (20×20×10mm、5.7g)、およびピーナッツ約 3 g を用いた。

2. 被験者

被験者は正常な歯列を有する、健常有

歯顎者 10 名（平均年齢 24 歳）とした。

3. 方法

試験用グミゼリーならびにピーナッツを用いた咀嚼能率測定を、同一被験者に対して、ランダムな順番で行った。

ピーナッツを用いた篩分法による咀嚼能率検査は、Manly らの方法に準じて行った。すなわち、約 3 g のピーナッツを咀嚼側を指示せずに 20 回咀嚼させた後、50ml の水で含嗽させ、吐き出しにより、口腔内に付着した粉砕片も含め、すべて回収した。粉砕片を 10mesh の篩で篩分けし、篩上の残留ピーナッツを 80℃で 1 時間恒温乾燥機内で乾燥した後、秤量した。得られた重量値から篩を通過した重量を求め、咀嚼前のピーナッツに対する重量%を算出した。

今回は、被験者が若く、比較的咀嚼能率が高いと考えられるため、咀嚼回数を 5 回および 10 回に規定した。

試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法ならびにピーナッツを用いた篩分法による咀嚼能率検査をともに、5 回ずつ行わせた。

それぞれの方法によって得られた、各個人の咀嚼能率から、変動係数（標準偏差 / 平均値）をそれぞれ算出し、比較検討を行った。

C. 研究結果

試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法によって得られた、各個人の咀嚼能率の変動係数は、5 回咀嚼の場合が、5.2%から 24.2%、10 回咀嚼の場合が、5.7%から 12.9%の範囲となり、被験者 10 名中 9 名で、5 回咀嚼の場合に比べ、10 回咀嚼の場合の方が低い値を示した。

ピーナッツを用いた篩分法による咀嚼能率検査によって得られた、各個人の咀嚼能率の変動係数は、5 回咀嚼の場合が、10.4%から 27.8%、10 回咀嚼の場合が、6.2%から 34.9%となり、被験者 10 名中 9 名で、グミゼリーの場合と同様に、5 回咀嚼の場合に比べ、10 回咀嚼の場合の方が低い値を示した。

また、両方法を比べると、咀嚼回数が同じ場合、同一被験者の咀嚼能率の変動係数は、グミゼリーが、ピーナッツに比べ、低い値を示した（図 8）。

D. 考察

咀嚼能率検査がより重要な意義を持つのは、健常有歯顎者よりもむしろ、有床義歯装着者や高齢者である。したがって、咀嚼能率検査は、これらの対象者に、感度や再現性が高くなければならない。しかし、高齢者を被験者にするには、被験者の数の確保や、身体に対する負担などの問題があるため、今回は若年者を被験者とした。

今回の被験者の咀嚼能率を、これまでの疫学調査における咀嚼能率と比較したところ、対象者の5回咀嚼の咀嚼能率は、全部総義歯装着者の30回咀嚼の咀嚼能率の平均値に相当し、また、被験者の10回咀嚼は、部分床義歯装着者の30回咀嚼の咀嚼能率の平均値に相当するものであった。

試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法、ピーナッツを用いた篩分法による咀嚼能率検査のいずれも、各個人の咀嚼能率の変動係数は、5回咀嚼の場合に比べ、10回咀嚼の場合の方が低い値を示した。このことは、咀嚼が十分でない、すなわち、咀嚼能率が低い場合、咀嚼能率が高い場合に比べ、その検査結果の再現性が、検査の方法によらず、低いことを示唆している。

また、咀嚼回数が同じ場合、各個人内の変動係数は、ピーナッツによる篩分法に比べ、グミゼリーによる方法の方が低く、再現性が高いことが示された。破碎性の食品であるピーナッツは、咀嚼後の試料の形態が不均一で、比較的大きな咬断片が、回収されることがあり、結果の再現性が低くなったものと考えられる。また、立体的な試料を、正方形の篩の枠を通過するかによって評価することも、再現性が低くなった要因と考えられる。

一方、試験用グミゼリーは、咀嚼によ

って、咬断されない場合でも、表面に微細なひび割れが生じ、咀嚼による表面積の増加が検査結果により詳細に反映することが予想された。したがって、より再現性の高い結果が得られたものと考えられる。

これらのことから、試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法は、ピーナッツを用いた篩分法による咀嚼能率検査と比べ、咀嚼能率が低い人に対しても高い再現性が得られる方法であることが示唆された。

また、測定に要する時間は、試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法が、試験用グミゼリー咀嚼後、約90秒間、ピーナッツを用いた篩分法による咀嚼能率検査が、ピーナッツ咀嚼後、約1時間となった。この測定時間からも、試験用グミゼリーを用いた咀嚼能率測定法の優位性は明らかである(図9)。

以上のことから、本法は、高齢者の咀嚼能率検査法として、適した方法であると考えられる。

E. 結論

1. 咀嚼後の試験用グミゼリーの咬断片表面から溶出されるグルコース濃度は、グミゼリー咬断片の水洗時間、溶出温度、溶出時間を厳密に守ることで、より安定した結果が得られた。