原 著 論 文

咀嚼能率表示に対する粒子数測定法の検討

今岡 勢喜 小澤 隆幸 齊藤 実 田中 茂生
日比野和人 蛭川 登夫 平沼 謙二

A Study of a Particle Counting Method for Index of Masticatory Efficiency

Seiki Imaoka, Takayuki Ozawa, Makoto Saitoh, Shigeo Tanaka,
Kazuto Hibino, Takao Hirukawa and Kenji Hiranuma

Abstract : The present report discusses our new simplified measuring method of masticatory efficiency by counting particles in the matter of making test materials and the standard equation for subjects with normal dentition.

1. Two kinds of hydrocolloid impression materials, reversible and irreversible, were used as the test materials.

2. For evaluating the shape of test materials, 12 subjects with normal dentition were tested and for calculating the standard equation, 108 subjects with normal dentition were tested.

3. Each subject was investigated by the simplified method of counting particles through a sieve system. The number of remaining particles on the mesh was calculated as a masticatory performance.

4. As indicated in a previous report by Dr. Ozawa about cubical test materials, columnar test materials are easier to make than the others and these were available for the present particle counting method for investigating masticatory efficiency.

5. We obtained the standard equation for both kinds of test material using 108 subjects with normal dentition.

To simplify the measuring method, we selected the standard equation of a 5-mesh sieve with 10 strokes chewing for the index of masticatory efficiency. The standard equation of a 5-mesh sieve for both test materials are as follows ;

1) Reversible hydrocolloid test material :

$$Y = -1.605X + 29.058$$

2) Irreversible hydrocolloid test material :

$$Y = -1.116X + 23.868$$

6. 5, 10-mesh sieve with 10 strokes chewing showed the smallest variation in the individual coefficient of variation with both kinds of test material.

Key words : masticatory efficiency, sieve-analysis, particle counting method, standard equation

I. 緒 言

咀嚼能力を客観的に測定、評価することは、口腔機能に対する 1 つの判定法として重要な事項である。特に歯科補綴学の分野では、治療過程での機能改善度や補綴物による回復度を知る有効な手段といえる。

この咀嚼能力の測定は、今世紀初頭より幾多の試みがなされており、咀嚼した食品の消化程度を測定するもの¹⁻³⁾、咀嚼した食品の粉碎粒度を測定するもの⁴⁻⁶⁾、唾液との混ざり具合を測定するもの⁷⁾などがあるが、代表的なものにピーナッツを試験食品とする Manly⁴⁾、生米を試験食品とする石原⁶⁾による篩分秤量法がある。

篩分秤量法は試験食品を咀嚼させ、その粉碎程度を篩により分別した後、各々重量を秤量して測定する方法であるが、この方法は被験者の状態、食品の種類、咀嚼量、篩の径および数、咀嚼回数、測定回数などの多くの要素により左右されるという問題がある。Manly、石原はこの要素を 1 つひとつ詳細に検討し、各々独自の表示法を用いて一般的に使用しうる方法として報告した。その価値は広く認められているものの、測定方法の複雑さ、表示法の煩雑さなどの理由により、実験の場では応用されているが、広く臨床の場で利用されるには至っていない。

この問題を解決し臨床の場で可及的に簡易に、しかも正確に測定、表示することを目指し、人工試料の開発⁹⁻¹²⁾や、比色判定^{8,13,14)}を応用した方法、光遮断を応用した測定機器の開発^{15,16)}などが進められている。

この流れの中で、当教室の小澤¹⁷⁾は、篩分秤量法を基本として篩上に残留する粒数測定により咀嚼能率を表示する方法を検討し、篩分秤量法の簡易測定とその実用化について報告している。小澤によるこの粒数測定法は、臨床の場で簡易に実施しうる有効な手段と考えているが、試料作製の問題、さらに多数測定による咀嚼能率算出基準値は示されていないので、ここにこの事項を取り上げ、本法の算出基準を明らかにすることにした。

II. 研究方法

実験 (1) として咀嚼試験用試料に用いる寒天印象材、アルジネート印象材の試料形態の検討を行い、ついで実

験 (2) として多数測定による咀嚼能率算出基準値と同方法の個人内変動について検討する。

1. 被験者

実験 (1) : 愛知学院大学歯学部学生のうち、健全歯列者でいわゆる個性正常咬合を有する 12 名 (うち男子 10 名、女子 2 名) を被験者とする。年齢は 23~26 歳のもの、咀嚼側は右側が 8 名、左側が 4 名である。口腔状態は $\frac{7}{7}+\frac{7}{7}$ のすべての歯が存在し、修復された一般窩洞以外には処置歯のないもので、小臼歯における僅かな転位のあるものは含める。また、第 3 大臼歯については咬合関係のないものである。

実験 (2) : 上記の条件に従い、同様に歯学部学生より 108 名 (うち男子 96 名、女子 12 名) を無作為に選び被験者とする。年齢は 20~26 歳で、咀嚼側は右側が 70 名、左側が 38 名である。また、個人内変動の測定を行うため、当教室員のうち、上記と同様の条件より選択した 5 名 (うち男子 4 名、女子 1 名) を被験者とする。年齢は 25~27 歳で、咀嚼側は 5 名とも右側である。

2. 咀嚼試験試料

寒天印象材 2 種、アルジネート印象材 2 種の計 4 種の印象材を咀嚼試験試料とする。試料形態は角柱形と円柱形の 2 種とし、角柱試料は小澤に準じ米国 Lactona 社製 Surgident Hydrocolloid ポリチューブ HB タイプの寒天印象材と、G-C 社製ベリコールアルジネート印象材を用い、円柱試料は G-C 社製ベリロイドスティック寒天印象材、G-C 社製ベリコールアロマアルジネート印象材を用いる。

試料の作製は、角柱は小澤に準じ各印象材のゲル化条件、練和条件はメーカーの指示に従い、1 辺約 9~10 mm のさいの目型に成型し、4 個で 2.00 gr となるようにする。円柱は今岡¹⁸⁾に準じ、ベリロイドスティックが直径約 8 mm のスティック状になっているため、これを自家製の簡易切断器にて約 10 mm の長さで切断して使用し、ベリコールアロマについては、メーカー指示に従って練和した後、G-C 社製の寒天注入用シリンジ (内径約 8 mm) に圧入し円柱形に成型したものを、ベリロイドスティックと同様に簡易切断器にて約 10 mm の長さで切断して使用する。なお、1 回の咀嚼試験に用いる量はそれぞれ図 1 に示すように試料 4 個とする。角柱試料の重

図 1 咀嚼試験試料

図 2 各篩上残留粒

量は前述のように 2.00 gr に調節するが、円柱試料は簡易作製を目的としているので、ペリロイドスティック円柱試料 4 個の平均重量は 1.9 gr、ペリコールアロマ円柱試料 4 個は 2.4 gr である。

図 2 は、各種印象材の粉碎形態を示したものである。寒天印象材はねばり強く細分化されにくい多角形体であり、アルジネート印象材は、細分化されやすく、細かな凹凸に富む類球状である。

なお、実験 (1) については前記の 4 種試料を使用し、

実験 (2) においては円柱試料 2 種のみを使用する。

3. 咀嚼試験法

橋本¹⁹⁾、小澤の実験に準じて行う。まず、試料の咀嚼感を認知させる目的で、各試料 4 個を任意回数咀嚼させ吐き出させる。その後、十分に洗口させ口腔内に残留する咀嚼片がないことを確認し、咀嚼試験を開始する。被験者に各試料 4 個 (1 回分の咀嚼量) を習慣性咀嚼側で任意のリズムにより 10、15、20 回咀嚼を各 1 回ずつ行わ

せる。咀嚼した試料はそれぞれコップに吐き出させ、数回含嗽して口腔内に付着残留した試料も採取する。必要に応じて歯鏡、探針等にて口腔内を診査し咀嚼片が残留していないかを確認する。

実験 (1) では、この咀嚼試験を 1 被験者につき 1 週間間隔で 3 回測定し、実験 (2) では 1 回のみ測定する。個人内変動測定については 10 日間にわたり 毎日 1 回、計 10 回測定する。

4. 粒数測定

採取した粉碎試料は、弱圧流水下にて篩分する。篩は小澤に準じ、標準篩の 5, 8, 10 mesh 篩径の 3 種を使用する。これらの篩の 1 目の幅は、300 目の平均値で 5 mesh 篩径が 4.0 mm, 8 mesh 篩径が 2.4 mm, 10 mesh 篩径が 1.7 mm である。

各篩径に残留した試料片数を測定し、その粒数値を各篩における咀嚼値とする。

III. 結 果

実験 (1)

1. 試料形態による各咀嚼値について

表 1 は、各試料の咀嚼値の平均値と標準偏差を、篩径および咀嚼回数別に示したものである。

寒天試料の 5 mesh 篩径をみると、角柱試料では 10 回咀嚼で 11 粒、15 回咀嚼で 7 粒、20 回咀嚼では 4 粒であり、円柱試料ではそれぞれ 13, 9, 4 粒残留する。両者とも同様の傾向で、咀嚼回数が増加するにつれ残留粒数は減少している。

8 mesh 篩径についてみると、咀嚼回数による残留粒数に大きな差はなく、一定の傾向がみられない。10 mesh 篩径では、角柱試料の 10 回咀嚼で 65 粒、15 回咀嚼で 92 粒、20 回咀嚼で 101 粒であり、円柱試料ではそれぞれ 66, 84, 101 粒と両者ともほぼ同一の傾向で、咀嚼回数が増加するにつれ残留粒数は増加している。

次に、アルジネート試料についてみると、5 mesh 篩径では、角柱試料の 10 回咀嚼で 10 粒、15 回咀嚼で 6 粒、20 回咀嚼では 2 粒であり、円柱試料ではそれぞれ 13, 7, 4 粒残留する。両者ともほぼ同一の傾向で咀嚼回数の増加に伴い、粒数は減少している。これは寒天試料とほぼ同一の傾向である。また 8 mesh 篩径をみると、寒天試料と同様に顕著な傾向はみられず、角柱試料、円柱試料とも各咀嚼回数で 34~40 粒程度の残留粒数である。10 mesh 篩径をみると、角柱試料では 10 回咀嚼で 69 粒、15 回咀嚼で 88 粒、20 回咀嚼で 87 粒、円柱試料ではそれぞれ 75, 82, 86 粒残留する。角柱試料の 15 回咀嚼と 20 回咀嚼の残留粒数はほとんど同一であるが、両者とも咀嚼回数の増加に伴い、残留粒数は増加している。

図 3 は、各試料の粒数分布曲線を示す。寒天試料をみると、角柱、円柱両試料とも咀嚼回数の増加に伴い粒数分布曲線の傾きが大きくなる。この傾向は、アルジネート試料の角柱、円柱両試料においても同様であるが、寒天試料がアルジネート試料に比べ粒数の増加率がやや大きい。

表 1 実験 (1)-4 種咀嚼試料における咀嚼値 (篩残留粒数)

篩径 (mesh)		5		8		10	
	回数	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.
寒天 (角柱)	10	11.30	2.02	44.13	5.62	65.38	10.64
	15	7.13	2.08	48.49	4.70	92.22	12.18
	20	4.30	2.63	47.69	6.15	101.02	9.13
寒天 (円柱)	10	12.58	1.84	40.69	7.68	66.30	13.68
	15	8.77	2.68	47.11	7.35	84.27	10.67
	20	4.49	2.48	51.16	5.47	101.13	16.07
アルジネート (角柱)	10	9.99	2.26	37.41	4.15	68.77	10.79
	15	5.69	2.84	38.52	5.43	87.77	13.68
	20	2.36	1.66	34.05	10.12	86.77	13.48
アルジネート (円柱)	10	12.66	2.42	39.55	5.60	74.52	11.71
	15	7.30	3.23	39.58	5.84	81.52	9.20
	20	3.69	2.09	36.66	8.83	86.02	14.53

図3 粒数分布曲線

実験(2)

1. 各篩径残留粒数値について

表2は、各試料における咀嚼値の平均値と標準偏差を、篩径および咀嚼回数別に示したものである。

寒天試料をみると、5 mesh 篩径では10回咀嚼で12粒、15回咀嚼で9粒、20回咀嚼で6粒と、実験(1)の円柱試料とほぼ同一の値である。8 mesh 篩径ではそれぞれ40, 49, 51粒とやや増加しているが、10 mesh 篩径ではそれぞれ62, 84, 99粒と咀嚼回数の増加に伴い、残留粒数は顕著に増加している。また、8, 10 mesh 篩径ともに実験(1)の円柱試料とほぼ同一の値を示している。

一方、アルジネート試料をみると5 mesh 篩径では、10回咀嚼で13粒、15回咀嚼で7粒、20回咀嚼で4粒と実験(1)と同じ減少傾向であり、8 mesh 篩径ではそれぞれ38, 39, 34粒と顕著な傾向は得られず、10 mesh 篩径ではそれぞれ69, 88, 91粒と実験(1)と同じ増加傾向である。

図4は、寒天、アルジネート両試料の粒数分布曲線を示したものである。寒天試料をみると、篩径が小さくなるに従い、粒数は増加しており、各咀嚼回数ともその増加する割合はほぼ同一である。一方、アルジネート試料をみると、篩径が小さくなるに従い粒数は増加している

表 2 実験(2)の寒天およびアルジネート試料における咀嚼値(篩残留粒数)

篩径(mesh)		5		8		10	
	回数	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.
寒天	10	11.91	3.82	39.94	10.48	62.14	23.18
	15	8.69	4.20	49.45	10.76	83.81	20.51
	20	5.68	4.23	51.19	11.73	98.86	23.36
アルジネート	10	12.81	4.61	37.58	9.29	68.70	21.66
	15	7.18	4.43	39.24	9.50	88.07	18.63
	20	3.84	3.51	33.57	11.42	91.32	21.45

図 4 粒数分布曲線

が、寒天試料と比較すると咀嚼回数 15 回と 20 回との差が顕著にはみられない。

2. 個人内変動について

表 3 は、5 名の被験者 (A~E) における 10 回測定 of 平均咀嚼値と標準偏差、変動係数を示したものである。

寒天試料における変動係数をみると、5 mesh 篩径では最大が被験者 C の 20 回咀嚼で 0.74、最小は被験者 D の 10 回咀嚼で 0.14 である。8 mesh 篩径では最大が被験者 B の 10 回咀嚼で 0.30、最小は被験者 C の 15 回咀嚼で 0.09、また 10 mesh 篩径では最大が被験者 D および E の 10 回咀嚼で 0.26、最小が被験者 C の 15 回咀嚼で 0.10 である。

次にアルジネート試料における変動係数をみると、5 mesh 篩径では最大が被験者 A の 20 回咀嚼で 1.67、最小は被験者 B の 10 回咀嚼で 0.16 である。8 mesh 篩径では最大が被験者 A の 20 回咀嚼で 0.42、最小は被験者 B の 20 回咀嚼で 0.12 である。また 10 mesh 篩径では最

大が被験者 E の 10 回咀嚼で 0.31、最小は被験者 B の 10 回咀嚼、同じく A, C の 15 回咀嚼で 0.15 である。

図 5 は、前記の変動係数をグラフに示したものである。寒天試料についてみると、5 mesh 篩径では咀嚼回数が増加するにつれて、変動係数は大きくなる傾向があり、また被験者間に差が大きくみられるが、8 mesh 篩径、10 mesh 篩径では咀嚼回数による差がほとんどみられず、被験者間の差も小さい。一方、アルジネート試料をみると、5 mesh 篩径では咀嚼回数が増加するにつれて、変動係数が大きくなり、被験者間に大きく差がみられる。この傾向は寒天試料と同様であるが、アルジネート試料が著明である。また 8 mesh 篩径では被験者 A を除いてはほぼ同じ値を示しており、10 mesh 篩径では咀嚼回数による差がほとんどなく、被験者間の差も小さい。

表 3 個人内変動

寒 天											
		5 mesh			8 mesh			10 mesh			
		10	15	20	10	15	20	10	15	20 (回)	
A	M.	11.40	9.40	5.60	38.90	42.00	47.80	53.40	78.30	91.00	
	S.D.	2.22	2.46	4.09	6.33	6.63	5.22	10.96	9.58	9.74	
	C.V.	0.20	0.26	0.73	0.16	0.16	0.11	0.21	0.12	0.11	
B	M.	14.90	10.70	7.60	34.80	48.90	52.70	56.00	70.60	82.50	
	S.D.	2.56	3.68	3.81	10.29	5.86	6.48	14.13	15.03	10.15	
	C.V.	0.17	0.34	0.50	0.30	0.12	0.12	0.25	0.21	0.12	
C	M.	8.10	4.70	2.40	44.40	50.90	49.00	59.10	79.60	94.50	
	S.D.	1.73	1.89	1.78	6.92	4.77	7.90	11.39	7.85	9.96	
	C.V.	0.21	0.40	0.74	0.16	0.09	0.16	0.19	0.10	0.11	
D	M.	13.60	11.70	7.10	29.10	39.40	51.00	30.90	51.20	67.60	
	S.D.	1.84	2.41	2.03	5.00	5.34	8.19	8.02	7.15	9.68	
	C.V.	0.14	0.21	0.29	0.17	0.14	0.16	0.26	0.14	0.14	
E	M.	13.80	10.40	6.30	38.30	52.40	56.40	52.50	72.20	96.60	
	S.D.	2.94	1.96	1.83	6.91	6.98	8.17	13.65	10.51	17.01	
	C.V.	0.21	0.19	0.29	0.18	0.13	0.15	0.26	0.15	0.18	
アルジネート											
		5 mesh			8 mesh			10 mesh			
		10	15	20	10	15	20	10	15	20 (回)	
A	M.	8.80	4.00	1.60	34.90	30.40	23.10	75.70	94.30	68.20	
	S.D.	3.74	4.62	2.68	6.06	8.09	9.76	20.90	14.42	18.43	
	C.V.	0.43	1.16	1.67	0.17	0.27	0.42	0.28	0.15	0.27	
B	M.	12.60	7.90	4.00	36.10	37.30	30.20	72.80	86.60	78.30	
	S.D.	2.07	2.38	2.40	9.61	7.70	3.68	10.65	19.88	13.93	
	C.V.	0.16	0.30	0.60	0.27	0.21	0.12	0.15	0.23	0.18	
C	M.	4.40	2.00	0.40	35.20	26.80	17.50	76.60	71.70	69.50	
	S.D.	1.65	1.41	0.52	6.93	6.36	3.41	12.79	10.92	14.42	
	C.V.	0.37	0.71	1.29	0.20	0.24	0.20	0.17	0.15	0.21	
D	M.	12.30	7.80	2.40	31.40	31.60	27.20	50.30	62.80	55.90	
	S.D.	3.56	2.53	2.07	5.36	4.74	5.27	9.33	13.83	12.25	
	C.V.	0.29	0.32	0.86	0.17	0.15	0.19	0.19	0.22	0.22	
E	M.	9.30	6.90	2.90	38.10	36.20	25.70	70.20	79.50	80.90	
	S.D.	2.41	2.13	1.79	5.55	5.87	6.41	21.96	14.33	12.69	
	C.V.	0.26	0.31	0.62	0.15	0.16	0.25	0.31	0.18	0.16	

IV. 考 察

1. 実験方法について

i) 試料

篩分法における咀嚼試料の検討は種々行われてきているが、主に食品が使用されており、ピーナッツなどの木の実類、生米、人参などの穀物類、野菜類が用いられる

ことが多い。

橋本¹⁹⁾は生米、ピーナッツ、大豆、甘栗、銀杏、蒲鉾、高野豆腐、いか燻製、乾葡萄、沢庵漬の10食品を用い、咀嚼試料として適切か否かを検討した結果、生米、ピーナッツ、蒲鉾が咀嚼能率表示に適していることを報告している。

一方、近年人工試料の検討も行われるようになり、佐藤⁹⁾は咀嚼試験用人工試料の必要条件としては、均質で

図 5 個人内変動

あること、体積や強度に変化を受けないこと、加圧による成分の変化がないことなどであるとし、これに基づいて硫酸バリウム、樹脂類を用いた試料を試作している。また、栗沢¹⁰⁾、椎原¹¹⁾も高分子樹脂を用いた人工試料を試作し報告している。しかし、これらは試料作製時の煩雑さ、保存性、入手方法などの問題がある。これに対し小澤はより簡易に作製でき、粒数測定法に有効な試料を指向する立場より、食品であるピーナッツ、蒲鉾に加え、治療室内で通常使用している寒天、アルジネート印象材を用いることを検討した。これによると、粉碎粒子の性状、粒子分布曲線の対数確率法則、指数法則への適合度などは良好であり、咀嚼試料として有効であることが示唆され、粒数測定法の汎用性が可能であることを報告した。

そこでこの寒天およびアルジネート両咀嚼試料を診療の場でより簡易に作製し、同時に咀嚼能力の判定も容易に行うことを目的として、円柱試料を小澤の用いた角柱試料と対比検討した。

小澤の用いた寒天試料は Lactona 社製ポリチューブタイプの印象材でゲル化および成型の手順が必要であるのに対し、G-C 社製のペリロイドはスティック状で、

単純に切断して用いることができ、試料作製時間の短縮および試料の均質化を得ることができる。性状はペリロイドはやや軟らかいが、粉碎粒子の形状はほぼ同一である。またアルジネート試料については、ペリコールと今回用いたペリコールアロマとは大きな差はないが、練和の容易さ、咀嚼感、味などが前者よりやや優れていると判断し用いることにした。粉碎粒子の性状に関しては、ほぼ同一である。

図 6 は、寒天およびアルジネート試料の角柱試料と円柱試料との粒数曲線を比較したものであるが、10 mesh 篩径にやや差がみられる他は、5, 8 mesh 篩径ではともにほぼ同一であり、円柱試料は角柱試料と同様に粒数測定に使用することができる。

また、4 種の試料について 30° 陶歯を排列した粉碎用歯列模型による粉碎試験（インストロン万能試験機による圧縮試験）の値と、この測定によりすでに報告されている²⁰⁾一般的な食品の測定値とを比較した。これを見ると、ペリロイドスティックは約 8 kg、ペリコールは約 9 kg、サージデントは約 11 kg、ペリコールアロマは約 15 kg であり、この順に硬いことがわかる。朝倉ら²⁰⁾の研究による食品硬度と同一試験による比較では、ペリロイド

図 6 角柱試料および円柱試料の粒数曲線の比較

スティックとペリコールは、ハムの約 6 kg より硬く、リンゴの約 10 kg より軟らかい程度であり、サージデントはリンゴと鮭の約 11 kg の中間の硬さ、ペリコールアロマは、たこの約 14 kg より硬く、ささみの約 15 kg より軟らかい程度である。これにより、4 種試料とも一般的な食品の硬度に類似しており、咀嚼感も比較的良好であることから、咀嚼試験用試料として有効なものと考えられる。また、試料作製時間の短縮、簡易化を計る目的よりは円柱試料を用いることが可能である。

ii) 粒数測定時の篩径について

篩径に関する報告はすでに Manly⁴⁾、石原⁶⁾ が詳細な報告を行っており、10 mesh 篩径が咀嚼試験用として検出能力に優れており、単一篩径により咀嚼能率測定、表示が可能であることを述べている。また先に述べたように、橋本¹⁹⁾ も種々食品において 10 mesh 篩径が能率表示に優れていることを報告している。

しかしながら、咀嚼試料の大きさ、咀嚼回数、個体間の差の検出能力、粒数を算定する必要性より、10 mesh 篩径に、より大きい篩径である 8 mesh および 5 mesh 篩径を加え検討することにした。この 3 種篩径を用いることにより、上記の問題を解消するのみならず、測定時間が短縮され、測定操作が簡易となり誤差を小さくすることができる。特に 5 mesh 篩径においては、個人間の差が検出しやすく、残留粒数が 8~17 粒程度と粒数が少なく算定しやすい上、10 回咀嚼時では、5, 8, 10 mesh 篩径ともほぼ同一の個人内変動幅であることから、5 mesh

篩径により咀嚼能率を判定、表示することが可能であると考えられる。

2. 試料形態と篩残留粒数の関係

i) 本実験値と小澤の報告した値との比較

篩分法においては粒子分布様式が規則性をもっていることが重要であるが、小澤は寒天およびアルジネート試料について篩分秤量測定法を用い検討した結果、粒子分布曲線は対数確率紙上で直線化される傾向があり、5 mesh 篩径から 10 mesh 篩径においてもこの傾向があること、さらに正規分布に対する適合度も良好であることを報告している。

今回の咀嚼試料のうち、角柱試料は小澤の実験に用いられたものと同一条件で作製したが、小澤は咀嚼回数を 10, 20, 30 回と規定しているので、ここで比較する咀嚼回数は、10 回および 20 回咀嚼である。

図 7 は、寒天およびアルジネート試料による本実験と小澤の実験との残留粒数値を比較したものである。これをみると、S₁ (5 mesh 篩径) においては寒天、アルジネート試料とも、本実験値および小澤の実験値は両者ともほぼ同一の傾向を示す。また寒天試料における S₂ (8 mesh 篩径) についても同様である。寒天試料の S₃ (10 mesh 篩径) およびアルジネート試料の S₂, S₃ では両者においてやや差がみられるものの、咀嚼回数に対する篩残留粒数値の傾向はほぼ同一である。

これらのことは、被験者、測定者が異なっても、各試

料の残留粒数値は同様の値を示すことを示唆しており、咀嚼値として表示する上で再現性の得られる方法であることが示されている。

ii) 角柱試料と円柱試料との比較

表 4 は寒天試料 2 種、アルジネート試料 2 種計 4 種試料における残留粒数値の相関関係を示すものである。寒天試料をみると、角柱試料と円柱試料との相関係数は 0.973、アルジネート試料での両者の相関係数は 0.955 であり、きわめて高い相関がある。また、結果の項にて示したように、各試料の篩残留粒数値を比較してみると、寒天試料の角柱および円柱試料、アルジネート試料の角柱および円柱試料ともほぼ同一の傾向であり、試料形態として簡易に作製することができる円柱試料は角柱試料と同様に使用することが可能である。また、ここで用いた寒天試料、アルジネート試料は、その物理的性質の差や咀嚼感の差があるものの、両者間に高い相関がみられるので、このうち被験者の咀嚼しやすい試料を選択させて咀嚼値の測定を行うことも考えられる。

3. 基準式と咀嚼能率表示について

咀嚼能率測定において、その客観性を計るため、基準値の表示は重要な意味をもつことになる。これに関して Manly は対象確率法則を、石原は指数法則を用い、それぞれ標準傾斜、咀嚼指数を基準値として能率値の算出法を報告している。また増田²¹⁾は、ピーナッツ、高野豆腐、蒲鉾の 3 種の試験食料それぞれの基準値を求め、この基準値を応用し全部床義歯装着者の能率値を算出している。

今回の測定においては、先人に従い多数により基準値を求めることがより信頼のある数値を得られることから、本学歯学部学生の口腔状態を診査し、健全歯列者と認められる者 108 名の協力を得てその数値を算出した。この数値（粒数値）そのものも基準値となりうるが、客観的に表示しうるように Manly、石原に従って百分率にて能率値を表示するため、10 回咀嚼時の粒数平均値を 100% とし、20 回咀嚼時の粒数平均値を 200% として、被験者 108 名の各咀嚼回数における各咀嚼値の回帰直線

図 7 小澤の値と本実験値との比較

表 4 各試料間における粒数値の相関関係

	寒天（角柱）	寒天（円柱）	アルジネート（角柱）
寒天（角柱）	—	—	—
寒天（円柱）	0.973	—	—
アルジネート（角柱）	0.944	0.921	—
アルジネート（円柱）	0.934	0.918	0.955

図 8 回帰直線

を求め、この式を%表示可能な式に変換したものを咀嚼能率基準式とした。表5は、寒天およびアルジネート試料における5, 8, 10 mesh 篩径の回帰直線と相関係数を示し、図8はこの関係を示したものである。表5をみると、寒天およびアルジネート両試料ともに8 mesh 篩径の相関係数が5, 10 mesh 篩径に比べ小さい値を示している。図8をみると、両試料における5, 8 mesh 篩径の回帰直線の傾きが、10 mesh 篩径よりも小さく、8 mesh 篩径では差の検出がやや不利である。

表6は、上記の回帰直線の式を百分率にて表示するため、YをXに、XをYに変換した式を示している。この式においてXに各篩径の咀嚼値を代入して、Yの値を10倍すれば咀嚼能率値を得ることができる。この式は前述のように10回咀嚼時の咀嚼値を基準としているが、寒天試料の5 mesh 篩径、アルジネート試料の5, 8 mesh 篩径においては、回帰直線の傾きが負であるため、10回咀嚼時の篩残留粒数が大きすぎると算定不能になることがある。つまり良く咀嚼できなかった場合に、%表示できない可能性がある。この場合には、15回咀嚼あるいは20回咀嚼により得られた値を基準式に代入し得られた値をそれぞれ2/3倍、1/2倍して算出すれば理論的には能率値を得ることが可能であるが、咀嚼が咀嚼前期、中期、後期それぞれ同じように行われているかは判然としないため、この方法には問題がある。同様に、寒天試料の8, 10 mesh 篩径、アルジネート試料の10 mesh 篩径においては、回帰直線の傾きが正であるため、10回咀嚼時の篩残留粒数が小さすぎる場合にも%表示不能の場合がある。この場合にも、15, 20回咀嚼時の咀嚼値を利用すれば良いが、前者と同様に問題はある。

表 5 健全歯列者 108 名による粒数回帰直線 ($Y = AX + B$) と相関係数 (r)

	寒 天	アルジネート
5 mesh	$Y = -0.623X + 18.103$ $r = -0.530$	$Y = -0.896X + 21.386$ $r = -0.655$
8 mesh	$Y = 1.126X + 29.972$ $r = 0.382$	$Y = -0.402X + 42.824$ $r = -0.159$
10 mesh	$Y = 3.672X + 26.519$ $r = 0.557$	$Y = 2.262X + 48.770$ $r = 0.404$

表 6 健全歯列者 108 名による基準式 ($Y = AX + B$)

	寒 天	アルジネート
5 mesh	$Y = -1.605X + 29.058$	$Y = -1.116X + 23.868$
8 mesh	$Y = 0.888X - 26.618$	$Y = -2.488X + 106.527$
10 mesh	$Y = 0.272X - 7.222$	$Y = 0.442X - 21.561$

表 7 平均咀嚼能率値 % (健全歯列者 108 名)

	寒 天			アルジネート		
	10	15	20	10	15	20 (回)
5 mesh	104.2	100.8	99.7	99.2	106.8	97.9
8 mesh	119.3	117.9	96.4	231.0	154.2	172.9
10 mesh	101.2	104.8	98.3	111.9	117.0	95.9

しかしながら、10回咀嚼時の咀嚼値を100%とした理由は、個人的変動が比較的小さいこと、粒数が比較的少なく短時間に測定を行いうること、5 mesh 篩径に残留する粒数が0となる可能性がきわめて少ないことなどによるもので、いわば便宜的に設定しているので、15回咀嚼

表 8 10 回咀嚼時の篩残留粒数による咀嚼能率換算表

	%	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
寒 天	5 mesh	17	16	14	13	12	11	9	8	7	6	4
	10 mesh	34	41	49	56	63	71	78	85	93	100	107
アルジネート	5 mesh	20	18	16	14	12	11	9	7	5	3	2
	10 mesh	53	58	62	67	71	76	80	85	89	94	99

(各数値は粒数値を示す)

嚼, 20 回咀嚼の値も十分考慮すべきと考える。

表 7 は、寒天およびアルジネート両試料における各篩径の基準式に基づき、健全歯列者 108 名の能率値を算出した値を示している。ただし、15 回咀嚼, 20 回咀嚼の値についてはそれぞれ算出された値を 2/3 倍, 1/2 倍して表示しており、算定不能となった値は今回除外して平均してある。この表をみると、寒天試料の 5, 10 mesh 篩径、アルジネート試料の 5 mesh 篩径では当然のことではあるが 100% に近い値を示しており、寒天試料の 8 mesh 篩径、アルジネート試料の 10 mesh 篩径では 10, 15 回咀嚼時で 110% 以上の値、アルジネート試料の 8 mesh 篩径では、150~200% 以上という極端に大きな値となる。これは前述したように 8 mesh 篩径における相関係数が小さく、実際の算出においても算定不能値が多数になるため、8 mesh 篩径による咀嚼能率の評価は不適当と考える。表 8 は、寒天およびアルジネート両試料における能率値換算表である。この表により、さらに短時間に大略の能率値を得ることが可能となる。この表においては 8 mesh 篩径における値は除外してあるが、5 mesh 篩径における能率値をまず把握し、さらに確実性を増すために 10 mesh 篩径における能率値を参考にすることが良い。また、この表は 20% 間隔で表示してあるが、これは個人内変動が 10 回咀嚼時で約 20% であること、測定条件が必ずしも同一に設定し得ない個人間の差を細かく表示することに問題があることなどによる。

また、咀嚼能率測定においては例えば、能率値が 75% と 80% の 5% の差が何を意味するか現状では疑問があり、咀嚼能率の測定としては 10~20% の幅で良否を判定することがより臨床的であり、妥当な表示と考えている。

4. 個人内変動について

被験者 5 名による個人内変動は、寒天およびアルジネート試料とも 5 mesh 篩径においては、10, 15, 20 回とも咀嚼回数が増加するに従い、大きくなる傾向があり、8 mesh 篩径では咀嚼回数に関係なくほぼ同一の値を示し、

10 mesh 篩径では咀嚼回数の増加に従い僅かに減少する傾向が示された。これは咀嚼回数の増加に伴い、試料が細分化されるため、5 mesh 篩径では残留粒が減少して残留粒 1 粒に対する比率が大きくなり、変動幅も大きくなると考えられる。8 mesh 篩径では咀嚼回数に左右されずほぼ同じような残留粒数であるため変動幅もほぼ一定になり、10 mesh 篩径では 5 mesh 篩径とは逆に残留粒が増加する傾向にあるため残留粒 1 粒に対する比率が小さくなり、変動幅も小さくなると考えられる。

また、寒天試料とアルジネート試料とを比較すると特に 5 mesh 篩径において、アルジネート試料の個人内変動が大きく示されている。これは、アルジネート試料は練和して試料を製作する関係上、性状が寒天試料に比べ一定になり難く、また経時的に硬度が増す性質を有しているために、同一条件の試料を得にくいためと思われる。したがって、今後アルジネート試料に関しては、その測定条件をさらに規定して測定する必要がある。

V. 結 論

本研究は、小澤の 2 種印象材角柱試料による粒数測定法を発展させ、より簡易に製作できる円柱試料が同様な咀嚼能率値を示すかを検討し、臨床の場での咀嚼能率測定を実施する方法を開発するために行ったものである。

同時に粒数測定法による咀嚼能率値算出基準値を明らかにするものである。

1. 簡易製作の円柱試料と小澤の角柱試料とは、10, 20 回咀嚼で寒天印象材、アルジネート印象材の両試料とも 5, 8, 10 mesh 篩残留粒数にほとんど差はなく、円柱試料は有効に使用しうる。

2. 108 名の健全歯列者より、寒天、アルジネート試料の各基準式を得たが、測定ならびに能率表示の簡易化を考慮すれば 10 回咀嚼時の 5 mesh 篩径による基準式を用いることがよい。

3. 2 つの試料における 5 mesh 篩径の基準式は、
寒天： $Y = -1.605 X + 29.058$

アルジネート： $Y = -1.116 X + 23.868$

である。

4. 個人内変動については、2つの試料とも咀嚼回数は10回咀嚼、篩径は10 mesh 篩径が小さいが、5 mesh 篩径は僅かに大きい。

文 献

- 1) 坂本哲夫：消化吸収の面よりみたる咀嚼の意義に関する実験的研究，京大口科紀要，3：140～161，1962.
- 2) 小林喜平：咀嚼能率に関する研究〔Ⅰ〕有歯顎者における咀嚼による澱粉の生化学的消化の基礎的検討，補綴誌，15：25～37，185～208，1971.
- 3) 安藤 徹：咀嚼能率に関する研究〔Ⅱ〕有歯顎者における澱粉食品の咀嚼による消化に関する生化学的検討，補綴誌，19：10～25，1975.
- 4) Manly, R.S. and Braley, L.C. : Masticatory Performance and Efficiency, J Dent Res, 29 : 448～461, 1950.
- 5) Yurkstas, A. and Manly, R.S. : Value of Different test Foods in Estimating Masticatory Ability, J Appl Physiol, 3 : 45～53, 1950.
- 6) 石原寿朗：篩分法による咀嚼能率の研究，口病誌，22：207～255，1955.
- 7) 小沢 至，橋本 譲：チューインガムによる咀嚼混合能力の測定について，補綴誌，3：52～55，1959.
- 8) 今村太郎：比色法を用いた咀嚼能率の簡易測定法の開発，補綴誌，23：603～612，1979.
- 9) 佐藤通泰：咀嚼能率の測定に使用する人工試料の研究，九州歯会誌，12：440～457，1958.
- 10) 栗沢 清：咀嚼能率評価用人工素材の研究，歯材器誌，32：303～324，1976.
- 11) 椎原成章：咀嚼能率評価用人工素材の研究，歯材器誌，36：142～163，1979.
- 12) Edlund, J. et al : Masticatory efficiency, Journal of Oral Rehabilitation, 7 : 123～130, 1980.
- 13) 藤山真正，増田元三郎ほか：ATP 剤を利用した新しい咀嚼能率測定法，顎顔面補綴，2：76～78，1979.
- 14) 渡辺 誠，今村太郎ほか：比色法を用いた咀嚼能率の簡易測定法の開発 義歯装着者における咀嚼能率，補綴誌，26：687～696，1982.
- 15) 小松 修：咀嚼能率に関する基礎的研究，光遮断方式測定装置の補綴学的応用，日大口腔科学，13：353～362，1987.
- 16) 野本良夫：咀嚼能率に関する研究 下顎人工臼歯欠如義歯の咬合面積との関連，日大口腔科学，14：321～328，1988.
- 17) 小澤隆幸：咀嚼能率測定の簡易化に関する研究，補綴誌，25：167～184，1981.
- 18) 今岡勢喜：粒度測定法による咀嚼能率の研究，補綴誌，30：705～718，1986.
- 19) 橋本 譲：篩分法による各種咀嚼粉砕試験食品の比較について，口病誌，26：648～676，1959.
- 20) 朝倉由利子，竹内利和ほか：義歯食品に関する研究 食品の分類について（会），補綴誌，27：417，1983.
- 21) 増田信式：人工臼歯の咀嚼能率に関する研究 第2報 咬合面形態について，補綴誌，17：401～421，1974.