原著論文

加齢および臼歯喪失が老化促進モデルマウスの咀嚼能力に及ぼす影響

穂積 英治 加藤 大輔 村上 弘 横山 隆
伊藤 裕 前田 初彦* 亀山洋一郎*

The Effect of Age-related Changes and Loss of Teeth on
Masticatory Ability in the *Senescence-Accelerated Mouse* (SAM)

Eiji Hozumi, Daisuke Kato, Hiroshi Murakami, Takashi Yokoyama,
Yutaka Ito, Hatsuhiko Maeda* and Yoichiro Kameyama*

歯科補綴学的意義

近年、咀嚼は顎口腔系のみならず、全身にもさまざまな影響を与えているとの報告がなされ、咀嚼の重要性が再度認識されている。しかし、加齢や歯の喪失により、咀嚼能力の低下を起こすか否かを、個体の一生を通じて検討したものは少ない。本研究は、老化促進モデルマウスを用い、その加齢や臼歯喪失が咀嚼能力に及ぼす影響を検討した結果、ヒトと類似した現象が認められた。

抄 録

目的：近年、咀嚼が全身にさまざまな影響を与えていることが示唆され、咀嚼の重要性が再認識されている。しかし、ヒトにおいて、加齢や歯の喪失、あるいは両者の影響による咀嚼能力の変化について、十分な検討がなされていない。そこで本研究は、老化促進モデルマウス P8 (*Senescence-Accelerated Mouse* P8; 以下 SAMP8 と略す) を用い、個体の一生を通じて、加齢に伴う咀嚼能力の変化と、臼歯喪失および臼歯喪失状態が長期間持続したときの咀嚼能力の変化について検討を行った。

方法：2 カ月齢の SAMP8, 60 匹を、3 カ月齢 (若齢期), 5 カ月齢 (中年期), 8 カ月齢 (老齢期) まで飼育した 3 群と、2 カ月齢で上顎両側臼歯すべて抜歯し、同様に 3, 5, 8 カ月齢まで飼育した 3 群の計 6 群に分けた。マウスの咀嚼能力は、試験飼料を自由に摂取、嚥下させた後、胃の内容物を取り出し、その粉碎状態を粒度分布で評価した。

結果：臼歯喪失を伴わない SAMP8 は、若齢期から中年期で、加齢による咀嚼能力の有意な低下を認めた。臼歯喪失を伴う SAMP8 は、臼歯喪失を伴わない SAMP8 と比較して、咀嚼能力が有意に低下した。また、臼歯喪失が持続すると、咀嚼能力の低下した状態が持続した。

結論：SAMP8 における咀嚼能力は、加齢や臼歯喪失により、有意な低下が認められ、ヒトに類似した現象が起こることが示唆された。

和文キーワード

加齢, 臼歯喪失, 咀嚼能力, 老化促進モデルマウス P8

愛知学院大学歯学部歯科補綴学第三講座 (主任: 伊藤 裕教授)

*愛知学院大学歯学部病理学講座 (主任: 亀山洋一郎教授)

Department of Fixed Prosthodontics, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University (Chief: Prof. Yutaka Ito)

*Department of Pathology, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University (Chief: Prof. Yoichiro Kameyama)

受付: 2001 年 5 月 22 日/受理: 2001 年 7 月 21 日

Received on May 22, 2001/Accepted on July 21, 2001

I. 緒 言

咀嚼は、口腔機能のなかで最も重要なものの1つであり、食物を剪断、圧碎して、食塊を形成するための消化の一過程であるといわれている¹⁾。また最近では、咀嚼が顎口腔系のみならず、脳血流量²⁾や学習記憶能力³⁾にも影響を与えていることが示唆され、咀嚼の重要性が全身的にも注目されている。

一方、咀嚼を担う主要な器官である歯は、齲蝕や歯周病などさまざまな原因で喪失し、その数は加齢とともに増加する傾向にある。そして、歯の喪失は咀嚼能力の低下を引き起こすことが明らかとなっている⁴⁻⁷⁾。しかし、個体の咀嚼能力や、歯の喪失による咀嚼能力について、個体の加齢とともに検討した報告は少ない。なかには、ヒトや動物を使用し、筋、顎運動、咀嚼粉碎能力などを観察した研究が若干みられるものの^{4,6-12)}、ヒトでは、歯の喪失時期や期間を統一することが不可能であり、いずれも横断的研究にとどまっている。また、歯列や顎口腔機能の個体差が大きく単純に比較することが困難である^{13,14)}。

そこでわれわれは、動物を用いた実験的研究が必要であると考え、口腔内状況や環境を一定とすることができ、寿命が短い老化促進モデルマウス (*Senescence-Accelerated Mouse*; 以下SAMと略す) を用い、第一に、個体の加齢に伴う咀嚼能力の変化、第二に、臼歯喪失および臼歯喪失状態が長期間持続したときの咀嚼能力の変化について検討を行った。

II. 研究方法

1. 実験動物

実験には、京都大学再生医科学研究所から分与されたSAMを用いた。このマウスは、促進老化（正常な成長過程の後現れて、急速かつ不可逆的に進展する老化）を示すP系（9系統）と正常老化を主徴とするR系（3系統）に分かれている¹⁵⁻¹⁸⁾。

本実験には、P系統のなかでも、平均寿命が約12カ月であるSAMP 8/Ymiを本学動物実験施設で継代繁殖させ、そのなかから2カ月齢（若齢期）のオス60匹を使用した。

実験期間中の飼育環境は、コンベンショナル条件下

で、室温 $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $50\pm 10\%$ 、照明時間を12時間サイクルとした。また、飼育密度はマウス用プラスチックゲージ（ $215\text{ W}\times 320\text{ L}\times 130\text{ Hmm}$ ）に10匹以内とし、CE-2固形飼料（日本クレア社製）と水道水を自由に摂取させた。なお、実験動物の飼育、管理、ならびに研究方法については、愛知学院大学歯学部動物実験委員会により承認を受けている。

2. 実験群の設定

SAMP 8/Ymiは、2カ月齢に達する1週間前に、次に示す6群に分けた。その内訳は、対照として3カ月齢（若齢期）まで飼育したマウスをA群、5カ月齢（中年期）まで飼育したマウスをB群、8カ月齢（老齢期）まで飼育したマウスをC群とした。これに対し、上顎臼歯をすべて喪失させ、3カ月齢まで飼育したマウスをa群、5カ月齢まで飼育したマウスをb群、8カ月齢まで飼育したマウスをc群とした。各群はそれぞれ10匹とした。臼歯喪失方法に関しては、マウスが2カ月齢に達した時点で、ペントバルビタール 0.2 mg/kg （Nembutal：大日本製薬社製）の腹腔内投与による全身麻酔下で、耳小骨鉗子（First社製）を用いて上顎両側臼歯すべてを抜歯した。

なお、加齢、抜歯および臼歯の喪失が全身に及ぼす影響を検討するために、実験群を設定した時点から1週間ごとに、すべての群の体重を測定した。また、A群、B群、C群には、2カ月齢時に麻酔処置のみを行った。

3. 咀嚼能力の測定

咀嚼能力の測定に先立ち、マウスを24時間絶食させた後、開腹し、胃が空虚であることを確認した。そして、飼育期間終了後、各月齢に達したマウスは24時間絶食させた後、試験飼料としてアーモンドを30分間与えた。その直後にエーテル麻酔にて屠殺し、胃の内容物を肉眼にてすべて採取した。咀嚼能力の測定方法は、胃の内容物における試験飼料の粉碎状態を、粒度分布で評価した。粒度分布の測定に際して、胃の内容物の採取部位による粒度の偏位を排除するため、内容物全量をイオン交換水で攪拌した後、レーザー回折/散乱式粒度分布測定装置LA-920（堀場製作所社製）を用いて測定した。なお、この装置の測定粒子径範囲は $0.02\sim 2000\text{ }\mu\text{m}$ である。

この装置から得られる粒度分布のデータは、縦軸を頻度 (%), 横軸を測定粒子径範囲 ($0.02 \sim 2000 \mu\text{m}$) としたとき、横軸を 85 分割したヒストグラムで表される。本研究では、1 試料につき 3 回測定し、その平均を代表値とし、ヒストグラムの頭をつらねた曲線 (粒度分布曲線) で表示した。

また、各群の粒度分布曲線から、平均粒径を算出した。

4. 統計処理

体重測定から得られたデータは、月齢の対応した 2 群において、臼歯喪失の有無における因子と、経過時間の因子に関して二元配置分散分析法を行った。

粒度分布に関しては、臼歯喪失を伴わない 3 群間の比較、臼歯喪失を伴わない群と伴う群で月齢の対応する 2 群間の比較、臼歯喪失を伴う 3 群間の比較を、85 分割された粒子径範囲の 1 つずつに対して一元配置分散分析法を用いて検定した。

平均粒子径に関しては、臼歯喪失の有無における因子と月齢の因子の比較を、二元配置分散分析法で行った。

なお、群間の比較には、多重比較検定 (Schéffe 検定) を用いた。

III. 結 果

1. 体重変化

図 1 に各群の体重変化を示す。月齢の対応した 2 群

間 (A 群と a 群, B 群と b 群, C 群と c 群) の比較では、両群の体重に有意差はなく、経過期間にも体重の増減は認められなかった。

2. 粒度分布

図 2 に、各群における胃の内容物の 1 例を示す。写真左には A 群, B 群, C 群を、写真右には a 群, b 群, c 群を示す。咀嚼されたアーモンドの粒径は、A 群, B 群, C 群が、a 群, b 群, c 群より細くなっていることが肉眼的に確認できた。

1) 臼歯喪失を伴わない 3 群間の比較

図 3 に、臼歯喪失を伴わない 3 群 (A, B, C) の粒度分布を示す。3 群は、図中に示した ①~③ の 3 区間で分布頻度に有意差が認められた ($p < 0.01$)。

Schéffe 検定の結果、A 群は B 群, C 群より、粒子径が $1.5 \mu\text{m} < ① \leq 13.2 \mu\text{m}$ の範囲と、 $101.4 \mu\text{m} < ② \leq 229.1 \mu\text{m}$ の範囲で、高い頻度を示したが、 $451.6 \mu\text{m} < ③ \leq 1,531.9 \mu\text{m}$ の範囲では、逆に A 群は B 群, C 群より頻度が低い値を示した。しかし、B 群と C 群の比較では、両群に差のある範囲は存在しなかった。

2) 月齢の対応する 2 群での比較

月齢の対応した A 群と a 群, B 群と b 群, C 群と c 群の粒度分布の比較を、図 4-I, II, III に示す。それぞれ図中に示した ①, ② の区間で、分布頻度に有意差が認められた。

A 群と a 群の比較では、粒子径が $1.3 \mu\text{m} < ① \leq 394.2 \mu\text{m}$ の範囲で A 群の頻度が高かった ($p < 0.05$,

図 1 Body weight changes in SAMP 8
各群の体重変化

図 2 Macroscopic findings of the masticated bolus removed from the stomach
胃の内容物の肉眼的所見

図 3 Particle size distribution of the three groups (A, B, C) with normal condition
臼歯喪失を伴わない3群 (A, B, C) の粒度分布

$p < 0.01$). しかし、 $451.6 \mu\text{m} < ② \leq 1,754.6 \mu\text{m}$ の範囲では、a 群の頻度が高かった ($p < 0.01$) (図 4-I).

B 群と b 群の比較では、 $11.6 \mu\text{m} < ① \leq 451.6 \mu\text{m}$ の範囲で B 群の頻度が高かった ($p < 0.05$, $p < 0.01$). しかし、 $451.6 \mu\text{m} < ② \leq 1,754.6 \mu\text{m}$ の範囲

では、b 群の頻度が高かった ($p < 0.01$) (図 4-II).

C 群と c 群の比較では、 $2.3 \mu\text{m} < ① \leq 451.6 \mu\text{m}$ の範囲で C 群の頻度が高かった ($p < 0.05$, $p < 0.01$). しかし、 $517.2 \mu\text{m} < ② \leq 1,531.9 \mu\text{m}$ の範囲では、c 群の頻度が高かった ($p < 0.01$) (図 4-III).

3) 臼歯喪失を伴う3群間の比較

図 5 に臼歯喪失を伴う3群間 (a, b, c) の比較を示す。各群とも非常によく似た粒度分布を示し、3群間に有意な差は認められなかった。

4) 平均粒子径の比較

図 6 に各群の平均粒径 (Mean $\pm$ S.D.), 表 1 に分散分析表を示す。臼歯喪失の有無における因子と月齢の因子との交互作用は $F(2, 54) = 6.242$, $p < 0.01$ で有意差を認めた。Schéffe の多重比較からは、B 群は A 群より ($p < 0.05$), C 群は A 群より ($p < 0.01$) 平均粒子径が大きかった。しかし a, b, c 群間には有意差は認められなかった。

図 4

- I : Correspondence between the particle size distribution of two groups of the same age (A : a)
 II : Correspondence between the particle size distribution of two groups of the same age (B : b)
 III : Correspondence between the particle size distribution of two groups of the same age (C : c)
 I : 月齢の対応する 2 群間の粒度分布 (A : a)
 II : 月齢の対応する 2 群間の粒度分布 (B : b)
 III : 月齢の対応する 2 群間の粒度分布 (C : c)

図 5 Particle size distribution of the three groups (a, b, c) with molarless condition
 臼歯喪失を伴う 3 群 (a, b, c) の粒度分布

図 6 Mean particle size
 各群の平均粒径

IV. 考 察

1. 実験動物および実験方法について

SAMP 系統は、生存曲線、ゴムペルツ函数、老化度評点、成長曲線等のデータから、SAMR 系統と比較して、正常な成長過程の後、4~6 カ月齢頃より急速かつ不可逆的に老化が進展する促進老化の特徴を示す^{15~18)}。本研究に使用した SAMP 8//Ymi も、平均寿命は約 12 カ月と短命である。今回は成熟した SAMP 8//Ymi を 3 期 (3 カ月齢の若齢期, 5 カ月齢の中年期, 8 カ月齢の老齢期) に分け、その時期における咀嚼能力と、歯の喪失によりその状態が持続したときの咀嚼能力の変化と、個体の加齢に伴う咀嚼能力の変化を検討した。

過去の、加齢に伴う咀嚼能力の変化に関する研究で

表 1 Analysis of Variance (ANOVA) table for data of mean particle size
各群の平均粒径における分散分析表

Source	Sum of Square	Degree of Freedom	Mean Square	F	p
Duration	79,869.185	2	39,934.592	6.406	0.003
Teeth	1,817,201.451	1	1,817,201.45	291.507	0.001
Duration * Teeth	77,825.791	2	38,912.895	6.242	0.004
error	336,626.708	54	6,233.828		
total	14,589,526.72	60			

は、ヒトにおいて、食物粉碎能力^{13,14)}、咀嚼筋、咀嚼運動^{6,7,12)}で検討されている。しかし、筋や歯列の個人差が大きく、顎口腔の状況のある程度規定して、調査することは非常に難しい。また、時間的にも、個体の一生の大部分を長期にわたって観察することは非常に難しい。一方、実験動物においては、ブタで咀嚼筋¹⁰⁾を、ウサギで咀嚼運動¹¹⁾を、ラットで食物粉碎能力^{8,9)}を検討しているが、いずれも加齢的な検討が不十分である。また、マウスを用いた研究は今までのところみられない。以上より、本実験では、個体の加齢現象を短期間に観察でき、個体差の小さいSAMP 8/Ymiを用いた。

咀嚼機能の評価方法は、従来からさまざまな手法が用いられてきた。なかでも代表的なものに、生米、生にんじん、アーモンド、ピーナッツなどを試験試料として篩分法を用いたものや^{5,19~21)}、ATP顆粒を試験試料としてその吸光度により粉碎程度を評価する方法²²⁾、チューイングガムの糖分の溶出量を測る方法²³⁾などがある。今回はマウスの咀嚼粉碎能力を咀嚼能力として、胃の内容物の粒度分布を測定することとした。そのため、試験試料は、一般に脆く割れやすい粉碎性の食品で、粉碎後もある程度の硬さや変形の少ない性質が要求される²⁴⁾。今回用いたアーモンドは、コーン、生にんじん、ピーナッツを咀嚼したときと同様の状態を示したとKapurら¹⁹⁾が報告している。また、Sognaes⁹⁾は、ラットは常に胃を食物で満たす習性をもつので、絶食後に餌を与えると1時間以内に胃は満たされ、その間胃の内容物の粒度はそれ以上粉碎されないと述べている。本実験では、アーモンドを与えて30分後に屠殺したので、胃の内容物の粒度は嚥下時の食塊の粒度とほぼ同じであると考えられた。

粒度分布の測定法に関して、歯科領域では従来から主に篩分法が用いられてきた。これは、試験試料の総

重量に対する各篩上残留重量を乾燥重量%で求めるものである。一方、工業分野では、遠心沈降法、レーザー回折/散乱法、X線透過法、電気抵抗法、篩い分け法など数多くあるが、操作性がよく、短時間に結果が得られるレーザー回折/散乱方式が現在の主流になっている^{25,26)}。今回用いたレーザー回折/散乱式粒度分布測定装置LA-920(堀場製作所社製)は、光の回折/散乱現象を利用して粒度分布測定を行うもので、測定粒子径範囲が0.02~2,000 μm である。石原の研究⁵⁾では、200メッシュ(74 μm)から10メッシュ(1,650 μm)の範囲の篩を用いて咀嚼能率を検討した。今回は、マウスが咀嚼粉碎するアーモンド片が非常に細かいことを予想し、測定範囲を篩分法よりも詳細に測定できる本装置を使用した。

2. 体重変化について

抜歯によるストレスや、臼歯喪失状態の持続により、栄養摂取の状態が影響を受ける可能性が考えられたため、全実験期間にわたり、1週間ごとにマウスの体重を測定した。ラットにおいては、檜山²⁷⁾、梅田ら²⁸⁾は抜歯後の体重変化はコントロールのラットと差がみられないと報告している。本実験でも同様の結果となり、抜歯による体重への影響はないことが示唆された。これは、マウスの切歯は処置をしておらず、齧歯類特有の切歯で試料を齧り取る摂食行動は損なわれないことと、通常摂取させた試料が粉状の原料をペレット状に固めたものであり、咀嚼、嚥下の過程で消化液により容易に粉状に戻り、消化吸収に影響を及ぼさなかったためと考えられた。

3. 加齢と咀嚼能力について

加齢と咀嚼の関係について検討したところ、臼歯喪失を伴わない3群のマウスにおいて、若齢期の粒度分

布は、中年期と老齢期に比較して、細かい粒子径の分布頻度が有意に高く、荒い粒子径の分布頻度が有意に低くなった。また、それは平均粒子径で比較した場合も同様であり、若齢期から中年期に、咀嚼能力の低下が認められた。

個体が成熟したあとも、咀嚼能力の加齢による低下が認められた点について、これまでの実験動物を用いた研究をみると、Sognaes^{8,9)}が、成長過程のラットと成熟したラットの比較で、幼若ラットは成熟ラットより咀嚼能率が高いと報告している。そして、その原因としては、幼若ラットは体が小さいので、前歯で捕食した試料の粒径がもともと小さい可能性をあげている。また、Herring¹⁰⁾が、ブタの咬筋で咀嚼における筋活動の変化を検討し、成長とともに咀嚼サイクルは徐々に延長すると述べている。そして、これは哺乳類全般にもいえることであるとしている。また、ヒトについての老化と咀嚼に関する研究をみると、Feldmann ら⁶⁾が、老人でも標準的な食塊を咀嚼する能力は変わらないが、食物を嚥下するまでの時間が有意に増加したと報告しており、そのなかで老人が嚥下しようとする食塊の平均粒子径が大きくなったと述べている。Chauncey ら⁷⁾も同様に、老人は歯列の状態にかかわらず、咀嚼時間は長くなり、嚥下するまでに必要な咀嚼回数は増加すると述べている。そして Karlsson ら¹²⁾によれば、成人と老人の有歯顎者の顎運動を比較したところ、加齢によって顎の垂直的な変位量と顎運動スピードが減少すると報告されている。以上、本実験の結果や今までの報告を総合して検討すると、実験動物であれヒトであれ、加齢により顎口腔機能が低下し、それとともに咀嚼粉碎能力も低下することが考えられる。しかし、今回の実験で、中年期から老齢期にかけては咀嚼能力に変化がみられなかった。これについては、前述したように、SAMP 系統は 4~6 カ月齢頃に急速かつ不可逆的に老化が進展する特徴を示すことから^{15~18)}、その時期に咀嚼能力の低下が大きく進んでしまい、それ以降ではあまり変化が起こらなかったと思われた。一方、ヒトでは咀嚼能力の低下を補償するために、咀嚼回数を増加させること^{6,7)}が知られている。また、咀嚼は意識的、選択的行動でランダムな現象ではないと報告されていることから⁷⁾、今後 SAMP 8//Ymi においても、咀嚼回数や嚥下するまでの時間を検討する必要があると思われた。

4. 歯の喪失と咀嚼能力について

歯の喪失と咀嚼能力の関係について、臼歯喪失を伴わないマウスと伴うマウスの月齢の対応した 2 群の比較では、すべての月齢において、臼歯喪失による咀嚼能力の低下が認められた。つまり粒子径が約 1~500 μm の範囲では、臼歯喪失を伴わないマウスは臼歯喪失を伴うマウスより分布頻度が有意に高く、逆に約 500~2,000 μm の範囲では、臼歯喪失を伴うマウスは臼歯喪失を伴わないマウスより分布頻度が有意に高い値を示した。これは、臼歯喪失が著しい咀嚼能力の低下を起こしていることを示すものである。

Yurkstas⁴⁾ は、ヒト成人において、第一大臼歯を喪失すると 33%、第二、第三大臼歯を喪失すると 44%、第一、第三大臼歯を喪失すると 66%、それぞれ咀嚼能率が低下したと報告している。また Sognaes^{8,9)} はラットの咀嚼能率に関する研究で、ラットの上顎臼歯を抜歯すると、20 メッシュのコーン粒子を咀嚼粉碎できず、前歯で捕食したものをそのまま嚥下したと報告している。今回の結果も、粒子径が 800 μm 付近に限局し、ラットと同様の現象を示した。これらから、ヒトでもラットでもマウスでも、臼歯喪失は著しい咀嚼能力の低下を引き起こすことが示唆された。しかし、臼歯喪失状態が持続した場合、咀嚼能力がどのように変化するかについて検討したものはいままでのところない。本研究では、臼歯喪失を伴う 3 群のマウスの粒度分布がよく似た状態を示し、変動が非常に少ない結果となった。これはマウスの場合、いったん歯を喪失すると、そのままの状態では咀嚼能力の低下した状態が回復することはなく、咀嚼回数の増加といった、考える何らかの補償機構も特に影響しなかったことを示している。また、本研究では、前歯をすべて維持させたことにより摂食能力は保たれ、胃の内容物の平均粒子径が 3 倍大きくなったと考えられた。

V. 結 論

本研究では、SAMP 8//Ymi を用い、胃の内容物から得られた粒度分布や平均粒子径を咀嚼能力の指標として、加齢、臼歯喪失および臼歯喪失状態が持続したときの変化を検討した結果、次の結論を得た。

1. 臼歯喪失を伴わない SAMP 8//Ymi において

は、若齢期から中年期で、加齢による咀嚼能力の低下を認めた。

2. 臼歯喪失を伴う SAMP 8/Ymi は、臼歯喪失を伴わない SAMP 8/Ymi と比較して、咀嚼能力が著しく低下した。

3. 臼歯喪失が持続しても、咀嚼能力の低下した状態は一定で変化せず、加齢による変化は認められなかった。

以上から、SAMP 8/Ymi の咀嚼能力は、加齢とともに低下し、臼歯喪失でも大きく低下することが明らかとなり、ヒトに類似した現象が起こることが示唆された。

今後は、歯の喪失が顎口腔系の諸器官に与える影響を解明するとともに、全身に及ぼす影響について検討を加える所存である。

文 献

- 1) 保母須弥也, 高山寿夫, 波多野泰夫. 新編咬合学事典 485-486, 東京: クインテッセンス出版, 1998.
- 2) Momose T, Nishikawa J, Watanabe T et al. Effect of mastication on regional cerebral blood flow in humans examined by positron-emission tomography with ^{15}O -labelled water and magnetic resonance imaging. Arch Oral Biol 42 : 57-61, 1997.
- 3) Kato T, Usami T, Noda Y et al. The effect of the loss of molar teeth on spatial memory and acetylcholine release from the parietal cortex in aged rats. Behav Brain Res 83 : 239-242, 1997.
- 4) Yurkstas AA. The effect of missing teeth on masticatory performance and efficiency. J Prost Dent 4 : 120-123, 1954.
- 5) 石原壽郎. 篩分法による咀嚼能率の研究. 口病誌 22 : 207-255, 1955.
- 6) Feldmann RS, Kapur KK, Alman JE et al. Aging and mastication : Changes in performance and in the swallowing threshold with natural dentition. J Am Geriatrics Soc 28 : 97-103, 1980.
- 7) Chauncey HH, Kapur KK. Altered masticatory function and perceptual estimates of chewing experience. Spec Care Dentist 1 : 250-255, 1981.
- 8) Sognaes RF. Studies on masticatory efficiency. Part I. Review of literature. Am J Orthod Oral Surg 27 : 309-312, 1941.
- 9) Sognaes RF. Studies on masticatory efficiency. Part II. Masticatory efficiency of rats. Am J Orthod Oral Surg 27 : 383-388, 1941.
- 10) Herring SW. Mastication and maturity. A longitudinal study in pigs. J Dent Res 56 : 1377-1382, 1977.
- 11) Weijs AM, Brugman P, Grimbergen AC. Jaw movements and muscle activity during mastication in growing rabbits. Anat Rec 224 : 407-416, 1989.
- 12) Karlsson K, Carlsson GE. Characteristics of mandibular masticatory movement in young and elderly dentate subjects. J Dent Res 69 : 473-476, 1990.
- 13) 三浦不二夫, 入江通暢, 井上直彦ほか. 咀嚼能率の研究, I. 成長にともなう咀嚼能率の変化の観察. 日矯歯誌 21 : 134-141, 1962.
- 14) Akeel R, Nilner M, Nilner K. Mastication efficiency in individual with natural dentition. Swed Dent J 16 : 191-198, 1992.
- 15) Takeda T, Hosokawa M. A new murine model of accelerated senescence. Mech Aging Dev 17 : 183-194, 1981.
- 16) Hosokawa M, Kasai R. Grading score system : A method for evaluation of the degree of senescence in Senescence Accelerated Mouse (SAM). Mech Aging Dev 26 : 91-102, 1984.
- 17) Takeda T, Hosokawa M, Higuchi K. Senescence-Accelerated Mouse (SAM) : A novel murine model of accelerated senescence. J Am Geriatr Soc 39 : 911-919, 1991.
- 18) Takeda T. Senescence-Accelerated Mouse (SAM) : A biogerontological resource in aging research. Neurobiol of aging 20 : 105-110, 1999.
- 19) Kapur KK, Soman S. Test food for measuring masticatory performance of denture wears. J Prost Dent 14 : 483-491, 1964.
- 20) Helkimo E, Carlsson GE, Helkimo M. Chewing efficiency and state of dentition. Acta Odontol Scand 35 : 297-303, 1977.
- 21) 小澤隆幸. 咀嚼能率測定の簡易化に関する研究. 補綴誌 25 : 167-183, 1981.
- 22) 増田元三郎, 藤山直正, 古賀一郎ほか. ATP 顆粒剤を用いた吸光度法による新しい咀嚼能力測定法, 第 1 報, 測定方法と試料としての ATP の性質について. 口科誌 30 : 103-110, 1981.
- 23) 羽田 勝, 田部孝治, 柄 博治ほか. チューイングガムによる咀嚼能力の測定—測定用試料としてのチューイングガムの基本的性質—. 広大歯誌 9 : 232-235, 1977.
- 24) 平井敏博, 石島 勉, 越野 寿. 歯の喪失への対応—機能回復の評価法 (咀嚼, 嚥下, 発音)—. 歯医学誌 18 : 19-24, 1999.
- 25) 湯原義公, 鈴木哲也. レーザー回折/散乱式粒度分布測定装置 LA-700. Readout (HORIBA Technical Reports) 4 : 30-36, 1992.
- 26) 湯原義公. 乾式粒度分布測定装置 (LA-910, DPF). Readout (HORIBA Technical Reports) 8 : 82-88,

- 1994.
- 27) 檜山達郎. 抜歯による実験的咬合変化が顎関節に及ぼす影響に関する病理組織学的研究. 口病誌 35 : 598-612, 1968.
- 28) 梅田健吾, 沢木佳弘, 伊藤正夫ほか. 歯牙喪失が成熟ラットの学習能力に及ぼす影響. 第一報 : 臼歯喪失が迷路学習に及ぼす影響. 口科誌 40 : 377-383, 1991.

著者連絡先 : 穂積 英治

〒464-8651 愛知県名古屋市千種区末盛通
2-11

TEL : 052-759-2156

FAX : 052-759-2156

E-mail : hozumi@dpc.aichi-gakuin.ac.jp

The Effect of Age-related Changes and Loss of Teeth on Masticatory Ability in the *Senescence-Accelerated Mouse* (SAM)

Eiji Hozumi, Daisuke Kato, Hiroshi Murakami, Takashi Yokoyama,
Yutaka Ito, Hatsuhiko Maeda* and Yoichiro Kameyama*

Department of Fixed Prosthodontics, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University
(Chief : Prof. Yutaka Ito)

*Department of Pathology, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University
(Chief : Prof. Yoichiro Kameyama)

J Jpn Prosthodont Soc 45 : 602-611, 2001

ABSTRACT

Purpose : Recently, it was said that mastication has various influences not only on the stomatognathic system but also on other organs in the whole body. However, little consideration has so far been given to the change of masticatory ability due to the effect of aging, loss of teeth, or both, in the humans. In this study, we consider the effect of age-related changes in masticatory ability, and the effect of molar teeth loss and longitudinal molarless condition, on masticatory ability, using the SAMP 8 (*Senescence-Accelerated Mouse* P 8).

Methods : SAMP 8 shows that the age-accelerated characteristic in a short life span and median survival time is 12 months. Sixty male SAM P 8, aged 2 months, were divided into 6 groups. In three groups of 10 mice as controls, each group was kept until 3 (young adult), 5 (middle age), and 8 (old age) months of age (normal condition). The remaining three groups, of 10 mice each, had their maxillary molar teeth extracted, and they were kept until 3, 5, and 8 months of age (molarless condition). The test meal (almond) was fed after the mice had been fasted for 24 hours. The masticatory ability in SAMP 8 evaluated the particle size distribution of masticated bolus removed from their stomach.

Results : SAMP 8 with molar teeth showed significant age-related changes in impairment of masticatory ability between 3 and 5 months of age. SAMP 8 without maxillary molar teeth had significant impaired masticatory ability compared with SAMP 8 with molar teeth. And when the term of teeth loss was extended, impairment of masticatory ability continued.

Conclusions : In SAMP 8, it became clear that impairment of masticatory ability was caused by aging and molar teeth loss. It was suggested that this phenomenon is similar to that seen in humans.

Key words

aging, molar teeth loss, masticatory ability, *Senescence-Accelerated Mouse* P 8