

(まとめ論文)

咀嚼機能の低下が顎骨ならびに消化機能に及ぼす影響

日本大学松戸歯学部小児歯科学講座

研究講座員 村松 永芳

(指導：前田 隆秀 教授)

There have been numerous reports on the effects of reduced masticatory function on jawbone growth, but the types of changes that occur during growth period remain unclear. The objective of this study was to elucidate the effects of reduced masticatory function on the jawbone in a time-dependent manner. Micro-computed tomography (micro-CT) was used to scan the heads of rats that underwent extraction of all maxillary molars at age 5 weeks and were reared on a powdered diet, and control rats that did not undergo molar extraction and were reared on a solid diet, and changes in jawbone morphology up to 20 weeks were investigated.

There were no significant differences in maxillary or mandibular size, but mandibular ramus length was significantly smaller in the extraction group at 9 weeks and remained until 20 weeks, while mandibular angle was significantly larger at 7 weeks and remained until 20 weeks. Mandibular area in the extraction group was also significantly smaller from 7 weeks to 20 weeks, the area of the mandibular notch was significantly larger at 7 weeks and remained until 20 weeks, and mandibular thickness was significantly smaller at 9 weeks and remained until 20 weeks compared with control group. These results suggest that reduced masticatory function affects mandibular growth and development from 2–4 weeks after molar extraction and powdered diet.

And the present study was also to determine whether the reduced masticatory function affects gastric and intestinal functions in rats. Thirty male Wistar rats were used in digestive function experiment, and were divided into 2 groups. Extraction group (mandibular 6 molars extracted) was maintained with mud diet, control group (no extracted teeth) with solid diet. The experimental

period was 10 weeks. The effect of reduced masticatory function on parameter of gastric secretion was examined using pylorus-ligated rats. The gastric emptying rate (GER) and small intestinal transit rate was determined in rats by evans blue from the stomach and charcoal from the small intestinal, respectively. In pylorus-ligated rats, extraction group of gastric juice volume, acid output and pepsin secretion showed significant decrease in comparison with control group. GER of extraction group was  $44.2 \pm 7.9\%$ , significantly lower than that of control group ( $61.6 \pm 8.8\%$ ,  $p < 0.01$ ). In small intestinal transit rates of charcoal meals, extraction group was significantly lower than that of control group,  $73.3 \pm 9.1$  and  $55.1 \pm 8.6$ , respectively.

These results suggest that the diet and reduced masticatory function may have a great influence to jawbone morphology and digestive function.

## 【緒言】

不正咬合の発現には遺伝的要因と環境要因の二つがあり、さらに環境要因には出生前の先天的要因と出生後の後天的要因があることが知られている<sup>1)</sup>。井上<sup>2)</sup>は、後天的要因の一つである食生活において、調理された柔らかい食べ物を好むようになったことより、咀嚼器官の発育不全が起こり、歯と顎骨の大きさの不調和に起因した不正咬合が増加傾向にあると報告しており、現代日本人において不正咬合の頻度が半数を越えているとの報告<sup>3, 4)</sup>がある。この不正咬合の時代的な増加の原因として、先史時代から現在までの間に顎骨が縮小し、またSearle<sup>5)</sup>は母マウスの栄養状態が子マウスの歯冠幅径に及ぼすことを報告しているように、栄養状態の改善によって身体ならびに歯冠幅径が大きくなり、それによって歯と咀嚼力の低下による発育不全にある顎骨との不調和が増加したと考えられる。伊藤ら<sup>6)</sup>は、日本人古人骨の調査を行い検討した結果、先史時代から歴史時代における不正咬合の頻度は、古墳時代では45.5%、中世では52.0%、江戸時代では56.2%、そして現代では80~90%と増加しており、その背景に顎骨の縮小があるとしている。現代にいたる顎骨の縮小はヒトの顎骨の小進化として理解されるが、これをもたらした直接の原因として、各時代における食物の性状や内容、文化の発達に伴う食生活の変化により、粗で硬く栄養素の乏しいものから、よく調理された柔らかく栄養素の豊富なものへと移行し、それにつれて咀嚼の機能が減少したこととされている。動物実験においても粉末飼料や液状飼料で飼育すると、顎骨や咬筋、下顎頭の発育が遅れるとの報告<sup>7, 8)</sup>があるが、どの時期にどのような変化が起こるのかについては明確になっていない。

そこで本研究は咀嚼機能の低下が顎骨へ与える影響について経時的に明らかにすることを目的としたことから、ラットの上顎大臼歯を抜歯し、その後、粉末飼料下にて飼育し、咀嚼運動を最低限にした状態で発育したマウスを用いて、マイクロCT撮影を行い、同一個体における顎骨の形態の変化について検討した。

また、Liら<sup>9)</sup>は、歯根膜、筋紡錘、顎関節からの感覚情報は咀嚼機能ならびに咬合機能にとっての重要な役目を有し、このような神経機構の変化は、末梢あるいは中枢の神経コリン系に変化を起し、咀嚼ならびに消化機能に変化を及ぼすことを報告している。そこで著者らは咀嚼機能の低下が消化機能に影響を及ぼすか否かに興味を抱いた。

抜歯と泥状食による咀嚼機能の低下が胃・腸管に及ぼす影響をみるために幽門部を結紮し、生化学的パラメーターとして、胃酸度、胃内容物排出率、小腸輸送能を用いて検討を加えた。

## 【試料および方法】

### 1. 咀嚼機能の低下が顎骨に及ぼす影響についての検討

#### 1) 実験動物

4週齢のWistar系ラット（雄12匹）を三協ラボサービス（株）より購入し、以下の2群（各6匹）に分けた。

①抜歯群：5週齢にペントバルビタールを腹腔内投与後、上顎全大臼歯を探針、スプーンエキスカベータを用いて脱臼し、抜歯を行った。抜歯後は粉状標準食（オリエンタル酵母工業製のMF）下にて飼育した。

②コントロール群：固形標準食下にて飼育した。

#### 2) 経時的体重測定

抜歯群とコントロール群の体重を生後4週齢から20週齢までの各週齢において測定した。

#### 3) マイクロCT撮影

顎骨の成長変化を検討した、すべてのラットに対して5, 7, 9, 12, 15, 20週齢において、ペントバルビタールを腹腔内投与後、頭部をマイクロCT（R\_mCT<sup>®</sup>,（株）リガク、東京）にて撮影した。

なお撮影条件は管電圧50kV, 管電流90  $\mu$  A, 拡大率2倍, 測定時間17秒, スライス厚0.800mm, およびスライス間隔0.800mmとした。

#### 4) 顎骨の計測

マイクロCTで得られた画像を3次元構築し、頭蓋骨の観察をした。Image J（NIH, USA）を用いて、上顎複合体および両側下顎骨の計測を行った。

計測項目(図1)は

a : 上顎長径 (上顎切歯間歯槽突起の唇側最突出部から前頭鼻骨縫合最前方部間距離)

b : 下顎長径 (下顎切歯間歯槽突起の唇側突出部から下顎頭までの距離)

c : 下顎高径 (下顎頭最上部から下顎下縁平面に垂線を下ろした長さ)

d : 下顎角 (下顎角部最後方突出部と下顎頭最後方部を結ぶ線と下顎下縁平面との成す角度)

e : 下顎切痕部形態ならびに下顎切痕部面積 (下顎頭と下顎筋突起と下顎切痕部とのなす凹部のなす形態ならびに面積)

f : 下顎骨体部面積

g : 下顎骨の厚み (第1大臼歯と第2大臼歯間の前額断面における皮質骨の最大径距離)

以上の7項目について、各群における平均値および標準偏差を算出した。

## 2. 咀嚼機能の低下が消化機能に及ぼす影響についての検討

### 1) 実験動物

4週齢のWistar系ラット (雄30匹) 三協ラボサービス (株) より購入し、以下の2群に分けた。

① 抜歯群 (15匹) : 5週齢にペントバルビタールを腹腔内投与後、下顎全大臼歯を探針、スプーンエキスカベータを用いて脱臼し、抜歯を行った。抜歯後は泥状標準食 (オリエンタル酵母工業製のMF) 下にて飼育した。

② コントロール群 (15匹) : 固形標準食下にて飼育した。

2群のラットにおいて以下の測定を行った。

## 2) 胃・腸管機能の測定

### i) 胃液 pH, 胃液量, 胃酸排出量, 胃液ペプシン活性 (各群5匹)

10 週齢のラットを Shay らの方法<sup>10)</sup>に準じて胃の幽門部を結紮し, 結紮後 6 時間後に屠殺し, 胃を摘出し, 胃内容物を 1500×g で 15 分間遠沈した。上清である胃液量と胃液 pH が測定された。滴定酸度は 0.05 N NaOH を用いフェノールフタレインを指示薬に滴定し消費される NaOH 量から求めた。また, 胃液量と酸度 (mEq/l)との積より時間当たりの胃酸排出量 ( $\mu$  Eq/hr)を算出した。胃液ペプシン活性は Anson-Mirsky 法<sup>11)</sup>に従って行い, 胃液 1ml 当たりのアルブミン消化により生成するチロシン量によって測定した。

### ii) 胃内容物排出率 (各群5匹)

10 週齢ラットを 18 時間絶食した後, 0.3% Evans blue を 1 匹当たり 2ml の用量で経口投与し, 30 分後に屠殺し, 食道括約筋上部を結紮し, Evans blue が漏れないように幽門下部を結紮してから胃を摘出した。胃は 15ml の 0.1N NaOH 中に保存した。30 秒間ホモジネートした後, 0.1N NaOH 30ml で希釈し, 遠沈後 0.1N NaOH で 50 倍希釈され, 565nm で吸光度計にて測定し, 胃内残存色素量より胃内容物排出量を算出した。胃内容物排出率は投与した Evans blue 量に対する比率で表した。

### iii) 小腸輸送能 (各群5匹)

10 週齢ラットを 18 時間絶食した後, 2% Charcoal meal を 1 匹当たり 2ml の用量で経口投与し, 30 分後に屠殺して小腸を摘出し, 小腸内の色素先端部の移動距離を求めて小

腸輸送能を算出した。小腸輸送能率は、幽門括約筋から回盲接合部間距離に対する色素移動距離として表した。

なお、コントロール群に与えた標準固形食と実験群与えられた粉状標準食ならびに泥状標準食の成分は同一である。

#### 【統計処理】

顎骨形態の変化ならびに消化器機能の検討には、Mann-Whitney U-test を用い、有意水準を5%未満とした。

実験に供したラットは、日本大学松戸歯学部実験動物倫理委員会ガイドラインに沿って実験が実施された。

(動物実験承認番号：第AP09MD030号)

## 【結果】

### 1. 咀嚼機能の低下が顎骨に及ぼす影響についての検討

#### 1) 経時的体重変化

4週齢から20週齢までの体重変化は、図2に示すように4週齢から20週齢に至る各週齢において、抜歯群とコントロール群に間に有意な差を生じなかった。

#### 2) 顎骨形態の変化

図3に示す3次元構築画像により得られた頭蓋骨から、上顎長径、下顎長径、下顎高径、下顎角、下顎骨体部面積、下顎切痕部面積、下顎骨の厚みの測定結果を図4に示す。

##### a：上顎長径

抜歯群とコントロール群ともに経時的に大きくなるが、5、7、9、12、15、20週齢において群間に有意差を認めなかった。

##### b：下顎長径

抜歯群とコントロール群ともに経時的に大きくなるが、5、7、9、12、15、20週齢において群間に有意差を認めなかった。

##### c：下顎高径

抜歯群とコントロール群ともに経時的に大きくなり、9、12、15、20週齢で抜歯群はコントロール群に比べ有意に小さかった。

##### d：下顎角

抜歯群では5週齢から7週齢で下顎角が大きくなり、9週齢以降にわずかに減少するが、コントロール群では、5週齢から7週齢ではほとんど変化がなく、9週齢以降減少し、減少の程

度は抜歯群より大きく、群間では7, 9, 12, 15, 20週齢で抜歯群はコントロール群に比べ有意に大きかった。

e : 下顎骨体部面積

抜歯群とコントロール群ともに経時的に大きくなり、7, 9, 12, 15, 20週齢で抜歯群はコントロール群に比べ有意に小さかった。

f : 下顎切痕部形態ならびに下顎切痕部面積

両群における筋突起と関節突起の間の下顎切痕の形態を比較すると、経時的にコントロール群と比較して抜歯群では凹みが大きく、20週齢では図3に示すように明らかな違いが認められた。

筋突起と関節突起と顎関節切痕部によって形成される範囲の面積は、7, 9, 12, 15, 20週齢で抜歯群はコントロール群に比べ有意に大きく、経時的にその差は大きくなった。

g : 下顎骨の厚み

コントロール群では経時的に増加傾向にあったが、抜歯群では経時的な増加は認められなかった。また、9, 12, 15, 20週齢で抜歯群はコントロール群に比べ有意に小さかった。

## 2. 咀嚼機能の低下が消化機能に及ぼす影響についての検討

i) 胃液 pH, 胃液量, 胃酸排出量, 胃液ペプシン活性

表 1 に示すように抜歯群の胃液 pH は平均 3.2 でコントロール群の 2.1 より有意に高かった。抜歯群の胃液量は、平均 2.7ml/ラットでコントロール群の 4.1 ml/ラットより有意に少なかった。抜歯群の胃酸排出量は、平均 17.1  $\mu$  Eq/hr でコントロール群の 25.5  $\mu$  Eq/hr より有意に低かった。

抜歯群の胃液ペプシン活性は、図5に示すように  $7.1 \pm 0.8$  mg/hr でコントロール群の  $9.3 \pm 1.0$  mg/hr より有意に低かった。

ii) 胃内容物排出率

抜歯群の胃内容物排出率は、図6に示すように  $44.2 \pm 7.9\%$  でコントロール群の  $61.6 \pm 8.8\%$  より有意に低かった。

iii) 小腸輸送能

抜歯群の小腸輸送能率は、図7に示すように  $55.1 \pm 8.6\%$  でコントロール群の  $73.3 \pm 9.1\%$  より有意に低かった。

## 【考察】

成長期において、正常な咬合状態で十分な咀嚼機能を有する場合、正常な顎顔面の成長発育を示すと考えられる。しかしながら小児歯科臨床においても、不正咬合のみならず、歯の先天欠如、齲蝕や外傷により歯を早期喪失する症例に遭遇する。これまでに咀嚼機能の低下が顎骨の発育に及ぼす影響については数多くの研究がなされており、ラットに軟食を与えると顎骨が縮小することや、ラットの上顎大臼歯の抜歯により下顎骨の骨量が低下するなどが報告されている<sup>7,8,12)</sup>。本研究においては上顎全大臼歯の抜歯ならびに粉状標準食を与え、栄養学的には標準でありながら咀嚼機能を著しく低下させることによって、顎骨の発育にどのような影響を与えるのかについて検討した。実験動物には、同一条件下にて飼育可能であるなどの利点からラットを選択した。咀嚼機能については、短時間で抜歯可能な上顎全大臼歯を、第3大臼歯が萌出している5週齢に抜歯し、さらに粉状食にて飼育することにより咀嚼機運動を低下させた。

体重測定結果より、両群ともに同様の増加傾向を示し、実験期間を通じて両群間に有意差を認めなかったことから、栄養状態に差はなかったと考える。両群間における顎骨形態の成長差は栄養状態ではなく、上顎大臼歯の有無ならびに飼料の差に起因しており、すなわち咀嚼筋の活動量の差異として捉えることができる。山田<sup>13)</sup>は固形飼料を与えると飼料を前歯で2～3秒間、数回かじり引き続いて大臼歯で数秒間咀嚼するのに対して、粉末食を与えると飼料を大臼歯で数秒間咀嚼するのみであったとし、咀嚼筋の筋活動電位も明らかな差があったと報告している。

本研究では、上顎全大臼歯を抜歯した上に粉末食であることから山田<sup>13)</sup>の報告した筋活動量よりさらに低いと考えられる。

図3に示すように、20週齢の3次元構築画像より、下顎骨の筋突起と関節突起との間の下顎切痕の形態が両群で異なったことから、咀嚼機能の低下が筋突起と関節突起付近の成長発育に影響を与えることが明らかになった。

山田<sup>13)</sup>は発育途上のラットに対して固形飼料と粉末飼料で飼育したところ下顎骨体長には差は認められなかったが、下顎高径では30日以降、下顎骨体部の厚さは120日以降にそれぞれ粉末飼料群が固形飼料群より有意に小さかったとし、本研究結果とほぼ一致した。Mossら<sup>14)</sup>は、人間の場合に筋突起や下顎頭、下顎角の形態は、それぞれ側頭筋、外側翼突筋、咬筋、内側翼突筋などの咀嚼筋の機能の影響を強く受けるとしている。上顎全大臼歯を抜歯し、さらに粉状飼料によって開閉口運動を伴う咀嚼運動は極めて少ないことが考えられる。側頭筋、内・外側翼突筋の筋活動が著しくコントロール群に比べ低下し、下顎頭ならびに筋突起の成長が抑制され、下顎高径の成長が抑制されたと考えられる。また最大咀嚼筋である咬筋活動量の低下によって咬筋の起始部である下顎角部の咬筋粗面部の範囲が狭く、筋量も少ないことから下顎角部の成長が抑制されて下顎角が出生時と同じ鈍角のまま増齢したと考えられる。下顎切痕部も内側翼突筋、外側翼突筋、側頭筋の活動が少なく下顎切痕部も出生時と大きな差がなく、切痕部の骨の成長が少なく、コントロールに比べて凹状が強かったと考えられる。咀嚼機能が脳頭蓋すなわち頭蓋冠や頭蓋底の成長に及ぼす影響について、咀嚼筋の除去<sup>15)</sup>、大臼歯の抜歯<sup>16)</sup>、食物の硬度差<sup>17, 18, 19)</sup>など種々の研究があるが、いずれも脳頭蓋には影響を及ぼさない結果となっており、本研究とも一致した。

Moore<sup>18)</sup>は、生後1か月でラット顔面頭蓋の成長量は成熟ラットの約75%、脳頭蓋の大きさは約93%まで達すると報告しており、本実験の開始した4週齢ラットの脳頭蓋の成長はすでに終了しており、咀嚼筋活動の違いが脳頭蓋に影響しなかったと考えられる。

顎骨の測定結果より、下顎高径において9週齢から20週齢まで、下顎角においては7週齢から20週齢まで両群間に有意差を認めた。一方上顎長径、下顎長径に有意差は認められなかった本結果は、山田<sup>13)</sup>の報告と一致した。岡本ら<sup>20)</sup>は、下顎の大きさの異なるマウスを交配させたところ下顎長は大きいマウスに優性であり、下顎高は中間位をとることから、下顎長は遺伝要因が大きく、その決定遺伝子はマウス染色体11番に座位している可能性が高いことを報告<sup>21)</sup>している。ヒトの場合Mossら<sup>22)</sup>は、筋突起や下顎頭、下顎骨の形態は、それぞれ側頭筋、軟骨の量と外側翼突筋、および咬筋と内側翼突筋などの機能の影響を強く受け、骨格は機能によって形成されるとの理論を示している。咀嚼機能の低下により、下顎高径の低下と、下顎角の開大が認められたことから、本研究結果はMossら<sup>14)</sup>の理論を支持するものと考えられる。すなわち、固形食で臼歯の非抜歯で飼育されたラットは、増齢と共に咀嚼筋活動量の増加があつて下顎角は狭くなるが、筋活動量が著しく少ないために増齢による下顎角が成長せずに開大したままであつたと思われる。Washburn<sup>15)</sup>、Mossら<sup>22)</sup>、Horowitzら<sup>23)</sup>は、ラット側頭筋の切除によって、側頭筋の機能がcoronoid processの成長に必須であると報告している。また、Horowitzら<sup>23)</sup>、神田<sup>24)</sup>は咬筋切除により下顎枝長が減少したと報告している。本研究では側頭筋ならびに咬筋の活動も低下していたことから、下顎枝の成長が少なく下顎枝高が低かったと推測される。菊田<sup>25)</sup>は下顎骨重量が練飼料食群ラットは固形食ラットよりも有意に少なかったと報告しており、本研究での実験

群はコントロール群に対して9週齢以降、下顎高径が低く、7週齢以降、下顎角が有意に大きかったことは、咀嚼という刺激が下顎骨成長に重要な因子であることが明らかとなった。

一方、Katoら<sup>26)</sup>は、歯の喪失がアセチルコリン値を低下させ、咀嚼系への影響だけでなく脳機能にも影響を与えているとしている。Kotaら<sup>27)</sup>は、神経筋接合部におけるシナプス形成にはニコチン性アセチルコリン受容体によって制御され、そこには主に咬筋による咀嚼運動が関与していると報告している。アセチルコリンは骨格筋や内臓筋の筋線維のアセチルコリン受容体に働き、収縮を促すことから消化器系に作用を及ぼす。大白歯を抜歯し泥状食で飼育されたラットの消化機能について本実験からは、抜歯による咀嚼運動の低下が胃液pH、胃液量、胃酸排出量、胃液ペプシン活性、胃内容物排出率、小腸輸送能に大きく影響することが明らかになった。

## 【結論】

5週齢ラットを用いて上顎全大白歯を抜歯し、粉末飼料にて飼育し、著しく咀嚼運動を低下させて経時的にマイクロCTにて頭蓋・顎顔面形態の成長を非抜歯で固形飼料にて飼育したコントロールと比較した。また、咀嚼機能の低下が胃・腸管に及ぼす影響をみるために、5週齢ラットの下顎大白歯を抜歯し、泥状飼料にて飼育し、10週齢にて幽門部を結紮して胃・腸管運動について生化学的パラメーターとして、胃酸度、胃液量、胃酸排出量、胃内容物排出率、小腸輸送能を用いて非抜歯で固形飼料にて飼育したコントロール群と比較検討を加えた。

その結果,

1. 体重変化は、20週齢に至るまで抜歯群とコントロール群においてほとんど差は認められず、上顎全大白歯の抜歯と粉状標準食を与えたことによる咀嚼運動の低下は、栄養学的な低下を認めなかった。
2. 上顎長径ならびに下顎長径は、20週齢に至るまで抜歯群とコントロール群において有意差が認められず、咀嚼機能の低下の影響は受けなかった。
3. 下顎高径は、9週齢以降、20週齢まで抜歯群はコントロール群に比べて有意に小さく、咀嚼低下による咀嚼筋活動の低下によって関節突起ならびに筋突起部の骨の発育が抑制されたことが示された。
4. 下顎角は、7週齢以降、20週齢まで抜歯群はコントロール群に比べて有意に大きく、抜歯群の下顎角は20週齢まで5週齢時の下顎角に近似していたことから、咀嚼低下によって、下顎角の成長が抑制されたことが示された。
5. 下顎骨体面積は、7週齢以降、20週齢まで抜歯群はコントロール群に比べて有意に小さかった。
6. 下顎切痕はコントロール群に比べて大きく凹状を呈し、その面積は有意に大きく、咀嚼低下によって切痕部の発育が抑制されたことが示された。
7. 下顎第一大臼歯部基底骨の頬舌的厚径は、9週齢以降、20週齢まで抜歯群がコントロール群に比べて小さく、咀嚼低下によって下顎骨の頬舌的成長が抑制されたことが示された。
8. 抜歯群の胃液pHはコントロール群より有意に高かった。

9. 抜歯群の胃液量，胃酸排出量，胃液ペプシン活性，胃内容物排出率は，コントロール群より有意に少なかった。

10. 抜歯群の小腸輸送能は，コントロール群より有意に少なかった。

以上のことから咀嚼機能低下は下顎骨の成長を抑制するだけでなく，消化機能をも有意に低下させることが示された。

## 【文献】

- 1) Limborgh J van : A new view on the control of the morphogenesis of the skull,  
*Acta morphol Neel Scando*, 8: 143-160, 1970.
- 2) 井上直彦 : 歴史時代における咬合の退化, 歯界展望, 56: 435-444, 1970.
- 3) 井上直彦, 高木興氏, 桑原未代子, 伊藤学而 : いわゆるdiscrepancyと保隙効果について, 小児歯誌, 17:177-183, 1979.
- 4) 花岡 宏, 塩野幸一, 上村健太郎他 : 鹿児島地区における咬合の世代差 (会) , 小児歯誌, 20:367, 1982.
- 5) Searle, AG : Genetical studies on the skeleton of the mouse. XI. The influence of diet on variation within pure lines. *J Genet*, 52, 413-424, 1954.
- 6) 伊藤学而, 黒江和斗, 安田秀雄, 他 : 顎骨の退化に関する実験的研究, 日矯歯誌, 41: 708-715, 1982.
- 7) Ito, G, Mitani S, Kim JH : Effect of Soft Diets on Craniofacial Growth in mice,  
*Anat. Anz*, 165: 151-166, 1988.
- 8) Nina VW, Erik HH, Kaj S: Change in bone mass in rat mandible after tooth extraction,  
*Int J Oral Surg*, 8: 229-233, 1979.
- 9) Li, YQ, Takada M, kaneko T, Mizuno N : Premotor neurons for trigeminal motor nucleus innervating the jaw-closing and jaw-opening muscles: differential distribution in the lower brainstem of the rat. *J Comp Neurol*, 356:563-579, 1995.

- 10) Shay H, Komarov SA, Fels SS, Meranz D, Gruenstein M, Siplet H: A simple method for the uniform production of gastric ulceration in rat. *Gastroenterology* 5: 43-61, 1945.
- 11) Anson ML: The estimation of pepsin, trypsin, papain and cathepsin with haemoglobin. *J Gen Physiol*, 22: 78-89, 1938.
- 12) Enomoto A, Watahiki J, Yamaguchi T, Irie T, Tachikawa T, Maki K: Effects of mastication on mandibular growth evaluated by microcomputed tomography, *Eur J Orthod*, 32: 66-70, 2009.
- 13) 山田 元 : 粉末飼料飼育が発達途上ラット咬筋並びに下顎骨形態に与える影響, 岐歯学誌, 19 : 284-30, 1992.
- 14) Moss ML, Salentijn L: The primary role of functional matrices in facial growth, *Am J Orthod*, 55: 566-577, 1969.
- 15) Washburn, SL: The relation of the temporal muscle to the form of the skull, *Anat. Rec.* 99: 239-248, 1947.
- 16) 河野寿一 : 抜歯が顎・顔面頭蓋と顎関節の成長発育に及ぼす影響について, 歯学, 65: 457-500, 1977.
- 17) Watt, DG, Williams, ChM: The effects of the physical consistency of food on the growth and development of the mandible and the maxilla of the rat, *Am J Orthod*, 37: 895-928, 1951.
- 18) Moore WJ: Masticatory function and skull growth, *J Zool.* 146: 123-131, 1965.

- 19) Whiteley AT, Kendrick GS, Matthews JL: The effects of function on osseous and muscle tissues in the craniofacial area of the rat, *Angle Orthod*, 36: 13-17, 1966.
- 20) 岡本和久, 道本篤, 武井謙司, 太田宅哉, 小宮城治, 松原清, 朝田芳信, 前田隆秀 : 近交系マウス複数モデルを用いた下顎骨形態の遺伝に関する研究, *小児歯誌*, 35: 410-414, 1997.
- 21) Dohmoto A, K. Shimizu K, Y. Asada Y, Maeda T : Quantitative Trait Loci on Chromosomes 10 and 11 Influencing Mandible Size of SMXA RI Mouse Strains, *J Dent Res*, 81: 501-504, 2002.
- 22) Moss ML, Meehan M: Functional cranial analysis of the coronoid process in the rat, *Acta anat*, 77: 11-24, 1970.
- 23) Horowitz SL, Shapiro HH: Modifications of mandibular architecture following removal of temporalis muscle in the rat, *J Dent Res*, 30: 276-280, 1951.
- 24) 神田昭司 : 犬下顎骨の発育に関する実験的研究, *九州歯会誌*, 23: 323-344, 1969.
- 25) 菊田 徹 : ラット脳頭蓋および顔面頭蓋の成長発育に及ぼす食物の硬度の影響, *鶴見歯学*, 11: 141-170, 1985.
- 26) Kato T, Usami T, Noda Y, Hasegawa M, Ueda M, Nabeshima T: 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.
- 27) Kota Y, Yamane A, Tomohiro T, Asada Y: Contribution of Occlusal Activity to Synaptogenesis in Masticatory Muscles, *J Dent Res*, 88: 768-772, 2009.

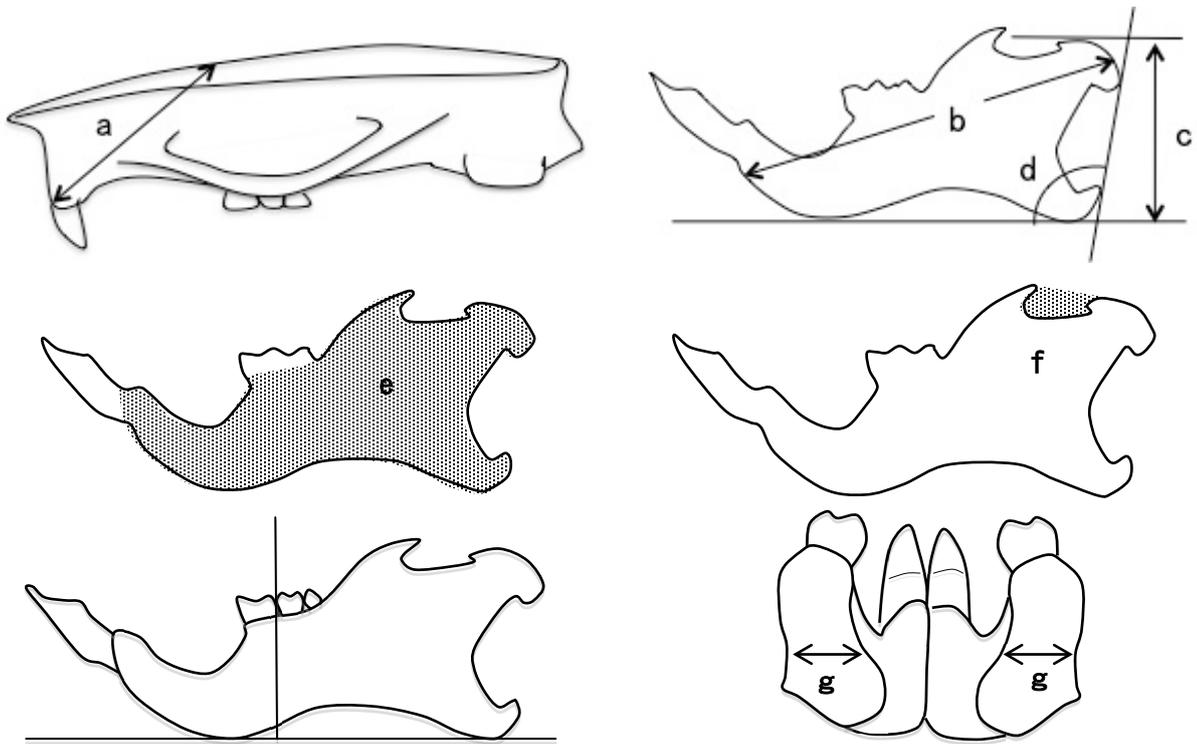


図 1 下顎骨の測定部位

a : 上顎長径 (上顎切歯間歯槽突起の唇側最突出部から前頭鼻骨縫合最前方部間距離)

b : 下顎長径 (下顎切歯間歯槽突起の唇側突出部から下顎頭までの距離)

c : 下顎高径 (下顎頭最上部から下顎下縁平面に垂線を下ろした長さ)

d : 下顎角 (下顎角部最後方突出部と下顎頭最後方部を結ぶ線と下顎下縁平面との成す角度)

e : 下顎切痕部形態ならびに下顎切痕部面積 (下顎頭と下顎筋突起と下顎切痕部とのなす凹部のなす形態ならびに面積)

f : 下顎骨体部面積

g : 下顎骨の厚み (第1臼歯と第2臼歯間の前額断面における皮質骨の最大径距離)

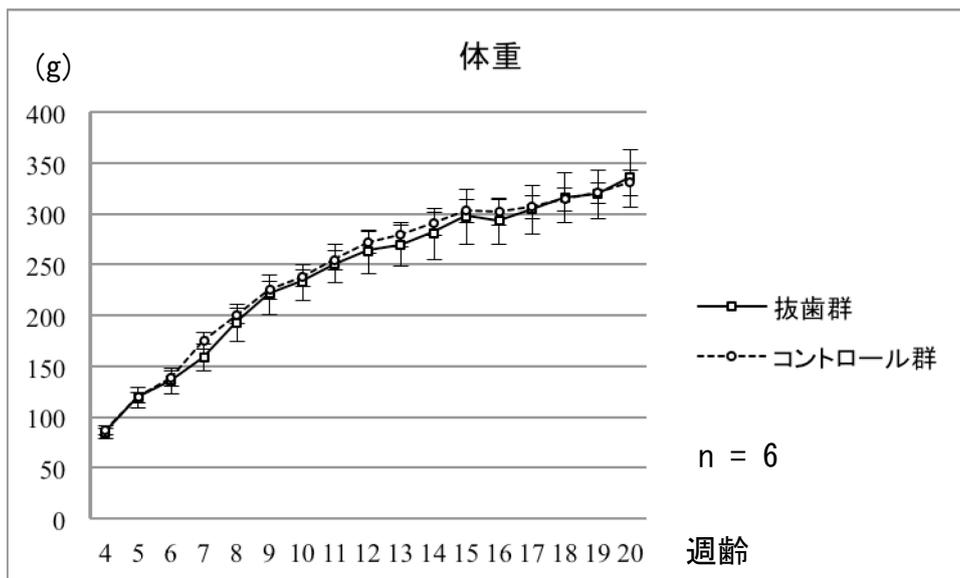
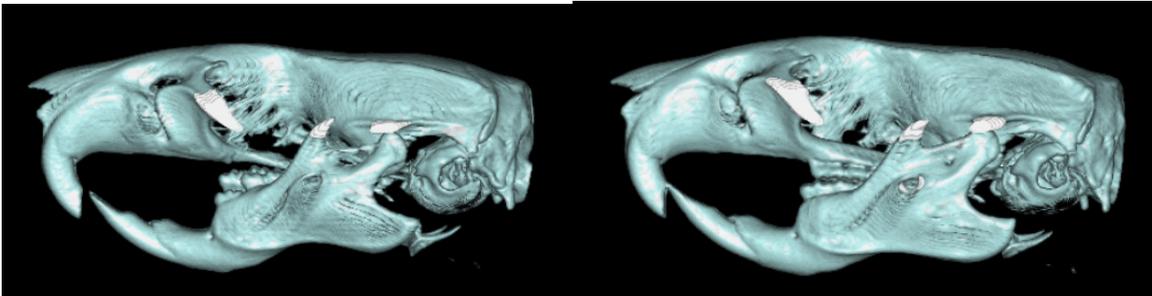


図2：体重



抜歯群

抜歯群

コントロール

コントロール群

図3 マイクロCT画像 (20週齢)

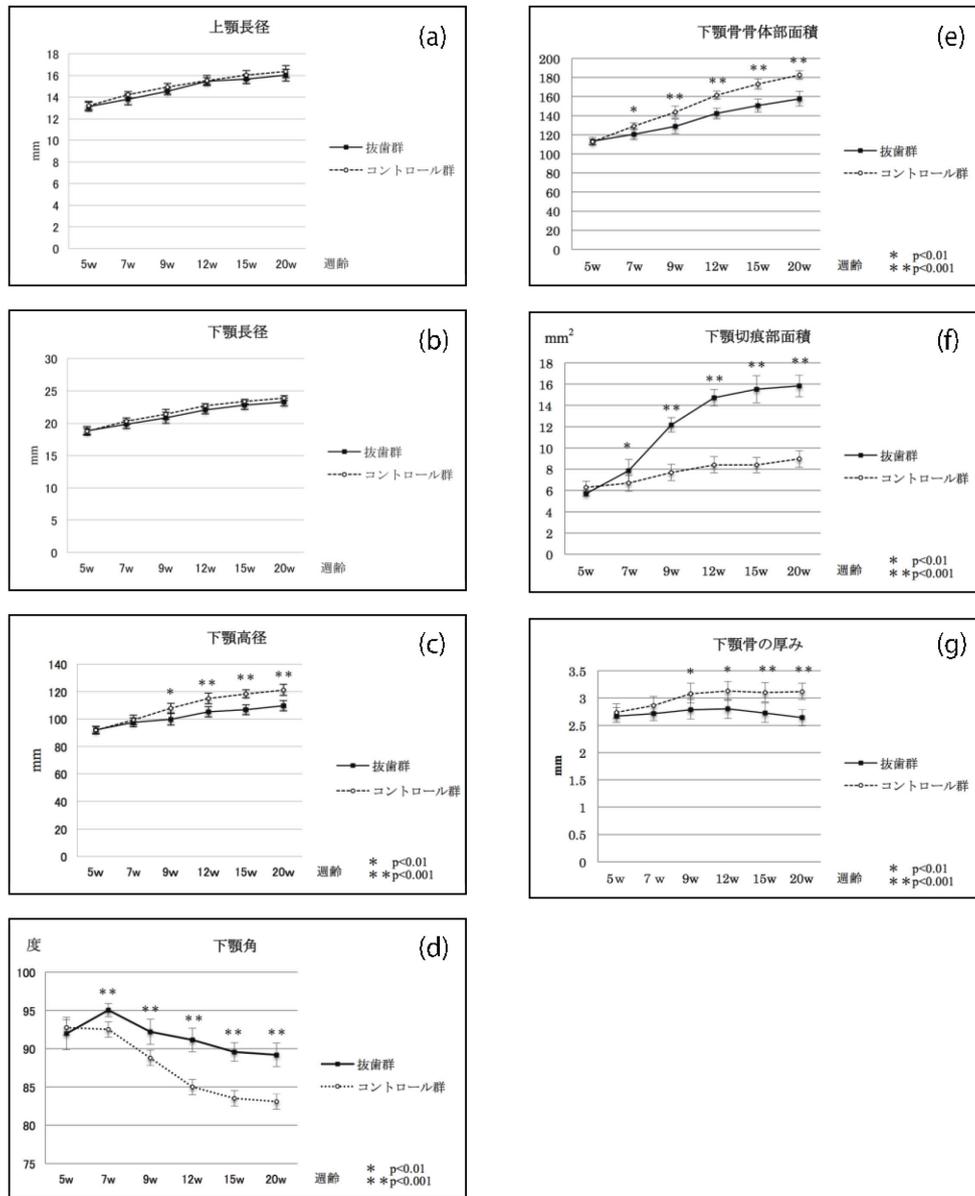


図4 下顎骨の計測結果

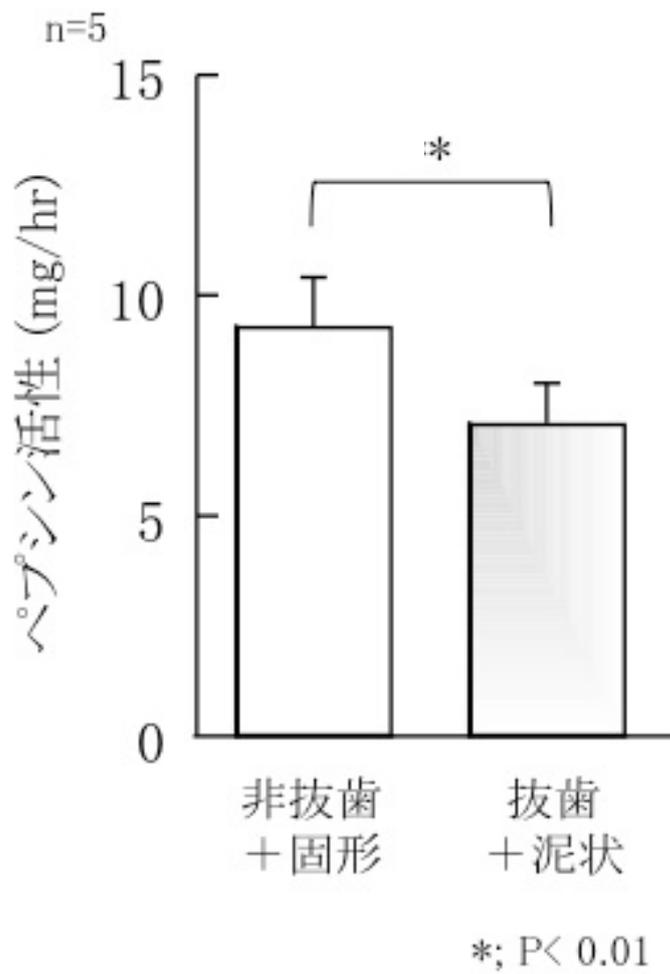


図5 咀嚼機能低下がペプシン活性に及ぼす影響

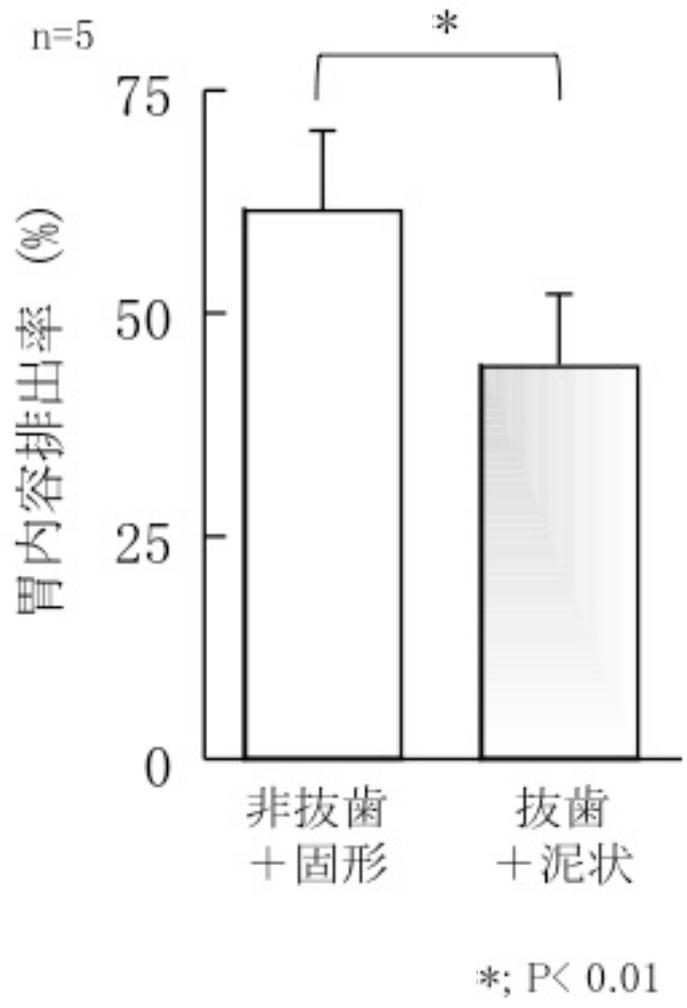


図6 咀嚼機能低下が胃内容物排出量に及ぼす影響

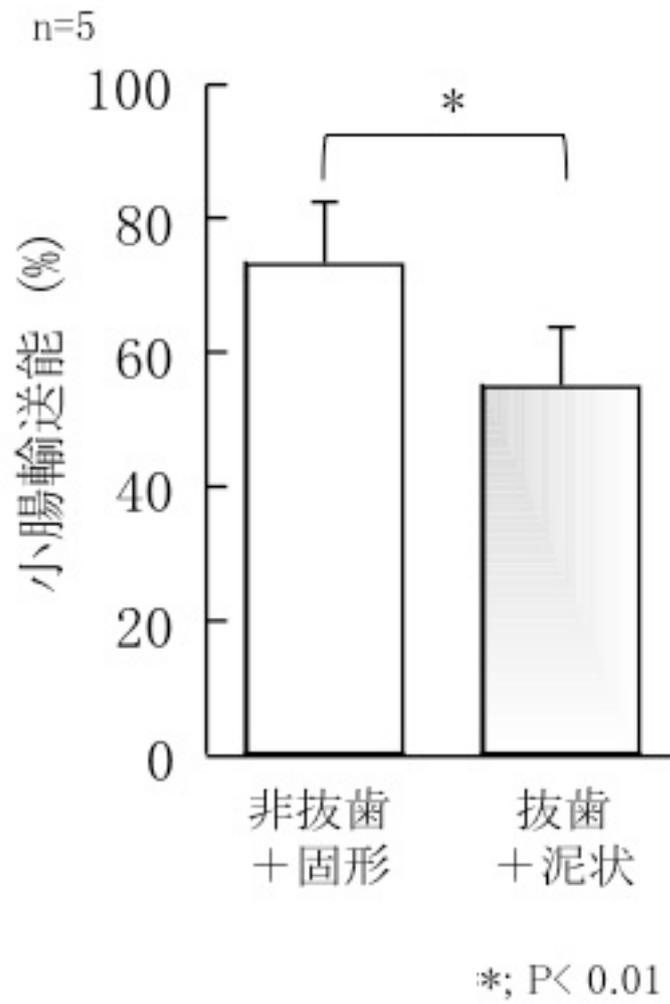


図7 咀嚼機能低下が小腸輸送能に及ぼす影響

表1 咀嚼機能の低下が胃機能に及ぼす影響

各 n=5			
処置／飼料	pH	胃液量 (ml/rat)	胃酸排出量 ( $\mu$ Eq/hr)
非抜歯＋固形食	2.1 $\pm$ 0.3 **	4.1 $\pm$ 0.6 **	25.5 $\pm$ 3.1 **
抜歯＋泥状食	3.2 $\pm$ 0.4	2.7 $\pm$ 0.4	17.1 $\pm$ 3.2

\*\* ; p<0.001