

学位論文

論文題目 咬合低下モデル動物に咬合挙上を施した後の
咬合高径の経日的変化

霜野 良介

大学院歯学独立研究科 硬組織疾患制御再建学講座
(主指導教員:増田 裕次 教授)

松本歯科大学大学院歯学独立研究科博士(歯学)学位申請論文

Title Temporal changes in occlusal vertical dimension after
bite-raising in bite-reducing model animals

Ryosuke Shimono

Department of Hard Tissue Research, Graduate School of Oral Medicine
(Chief Academic Advisor : Professor Yuji Masuda)

The thesis submitted to the Graduate School of Oral Medicine,
Matsumoto Dental University, for the degree Ph.D. (in Dentistry)

論文題目 咬合低下モデル動物に咬合挙上を施した後の
咬合高径の経日的変化

霜野 良介

大学院歯学独立研究科 顎口腔機能制御学講座
(主指導教員:増田 裕次 教授)

松本歯科大学大学院歯学独立研究科博士(歯学)学位申請論文

Title Temporal changes in occlusal vertical dimension after
bite-raising in bite-reducing model animals
Ryosuke Shimono

Department of Oral and Maxillofacial Biology, Graduate School of Oral
Medicine
(Chief Academic Advisor : Professor Yuji Masuda)

The thesis submitted to the Graduate School of Oral Medicine,
Matsumoto Dental University, for the degree Ph.D. (in Dentistry)

歯科医療においては、咬合の回復および誘導、新しい咬合の設定など咬合に関する治療が盛んに行われており、咬合は歯科医学の中心的な課題の一つである。しかし、不適切な咬合高径の設定は、口腔機能においてさまざまな障害をきたすため、適切な咬合高径の設定が重要である。

適切な咬合高径の設定が口腔機能を営む上で重要であり、病態生理学的メカニズムを知るために、咬合高径を変化させた場合の生体反応を明らかにすることが必要とされている。

本研究では、(これらの結果をふまえ)←削除、咬合高径の挙上後とは異なる咬合低下後の調節機構を考察することを目的とした。

実験には4週齢の Hartley 系雄性モルモットを用いた。実験1として咬合高径低下モデル動物の根尖部の組織像から炎症反応の有無を確認し、実験2として咬合高径を低下後に挙上した時の咬合高径の経日的変化を確認した。実験1では咬合低下を行った4匹を低下群とし、低下装置の装着を行っただけで咬合低下を行わなかった4匹を対照群として用いた。また実験2では咬合低下後に咬合挙上を行った7匹を実験群とし、低下のみを行った6匹を低下のみ群、また低下装置の装着を行っただけで咬合低下や咬合挙上を行わなかった6匹を対照群として用いた。

実験1では矯正用ワイヤーで製作したフックを頭蓋骨と下顎骨にレジンにて装着した。これらのフックに顎間ゴムを装着して咬合高径低下モデル動物を作製した。根尖部の組織切片は顎間ゴム装着10日後の低下群および対照群の下顎骨を摘出し、光学顕微鏡にて観察した。

実験2では咬合低下装置の装着は実験1と同様の方法にて行い、挙上装置の装着は常温重合レジンにて直径約4mmの冠状のものを製作し、対合歯と接触する部分にスチール製の板を固定した。これを実験群の上顎前歯部に装着し、前歯部での咬合を約2mm挙上した。実験群においては、顎間ゴムを装着10日後に顎間ゴムを撤去し、その7日後に挙上装置を10日間装着したのちに挙上装置の撤去を行った。また低下のみ群においては顎間ゴムを装着10日後に顎間ゴムを撤去した。対照群においては顎間ゴム以外の低下装置の装着のみ行った。

動物の咬合高径を計測するためマイクロCT撮影を顎間ゴム装着前、顎間

ゴム撤去後，挙上装置装着前と装着後，挙上装置撤去後0日目，1日目，4日目，7日目，11日目，14日目，18日目，21日目に行った．前頭面でた左右のオトガイ孔の最下縁の midpoint と切歯孔上縁を結んだ直線の長さを咬合高径として計測した．

各測定日における3群の結果を Scheffe Test ($P<0.05$)を用いて多重比較を行った．危険率 5%を有意な相違とした．

実験1で観察した対照群の組織像と実験群の組織像ともに，根尖相当部に炎症反応を示す所見は観察されなかった．

実験2で実験群は，顎間ゴムを装着10日後，顎間ゴムを撤去した時の咬合高径は，低下前と比較し $13.4 \pm 4.2\%$, $1.8 \pm 1.3 \text{ mm}$ (平均値 \pm 標準偏差) 低下した．その7日後に咬合挙上装置を装着した．この時の咬合高径は装着前と比較し， $14.5 \pm 10.3\%$, $2 \pm 1.4 \text{ mm}$ 臼歯部の咬合が挙上された．その10日後に挙上装置を除去した時の咬合高径を挙上装置装着前と比較すると， $13.3 \pm 9.4\%$, $1.8 \pm 1.3 \text{ mm}$ 挙上していた．その後，挙上装置撤去後から7日目まで徐々に咬合高径は低下したが，7日目以降からは低下のみ群と近似した咬合高径の増加を認めた．

対照群 (図6 赤) では計測開始日から最終日まで経日的に咬合高径が増加した．また低下のみ群 (図6 緑) においては顎間ゴム撤去後は対照群と比較し， $11.2 \pm 7.9\%$, $1.4 \pm 1.0 \text{ mm}$ 咬合高径は低くなっており，計測最終日においても $10.1 \pm 7.2\%$, $1.3 \pm 0.9 \text{ mm}$ 低くなっていた．また顎間ゴム撤去から計測最終日まで対照群と比較し，7~11%低い咬合高径が維持された．

実験1の結果から，顎間ゴムにより炎症は引き起こされず，萌出障害も生じていないことを示唆された．また実験2から，一度低下により維持された咬合高径はその後，挙上を行ったとしても生来のものではなく，低下後の咬合高径が維持されるように行動変化が生じることが示唆された．すなわち，一度咬合高径を低下し維持された場合，生来の咬合高径が高いと認識し，低下により維持された咬合高径となるまで削合量が萌出量を上回っていた可能性が考えられる．

緒言

歯科医療の現場では、咬合の回復や誘導、新しい咬合の設定など咬合に関する治療が盛んに行われており、咬合は歯科医学の中心的な課題の一つである。しかし、不適切な咬合高径の設定は、口腔機能においてさまざまな障害をきたす^{1,2,3)}ため、適切な咬合高径の設定が重要である。咬合高径を過度に高く設定した場合、頭痛、歯軋り、咀嚼筋の圧痛、運動痛、顎関節部の痛みや疲労感などの障害が生じることが報告されている¹⁾。一方で、咬合高径を過度に低く設定した場合には、皺の多い顔貌、咬舌、咬合力の低下、顎関節症状、聴覚障害、不眠や注意力の散漫を招くことなどが報告されている^{2,3)}。

適切な咬合高径の設定が口腔機能を営む上で重要であり、病態生理学的メカニズムを明らかにすることが必要とされている⁴⁾。歯が萌出し続ける常生歯を有するモルモットを用いた研究で、挙上装置により咬合高径を増加した後に装置を除去し、経日的変化を調べた結果、装置撤去後、数日で生来の咬合高径となるように厳密に調節されることが報告されている⁵⁾。この際の咬合高径の変化は、歯冠部の長さの変化によって起きていることが示され、歯の萌出を上回る歯の削合により調節されていることが示唆されている。さらに、この調節には三叉神経中脳路核を介する感覚入力が必要であることも示されている⁶⁾。実験的な咬合挙上を行うと、下顎の変形^{7,8)}や、筋付着部位⁷⁾および筋線維組成の変化^{9,10,11)}などの形態的な変化が起こることが知られている。また、咀嚼中の顎運動¹²⁾や咀嚼筋筋電図¹³⁾にも機能的な変化が生じることが知られている。これらの変化が厳密な咬合高径の維持に関係している可能性がある。

一方、咬合高径低下モデル動物の実験では、モルモットに両側性に顎間ゴムを装着し、咬合高径を低下した後に顎間ゴムを撤去し、経日的変化を調べた研究があり、顎間ゴム撤去時から計測最終日まで対照群と比較すると、有意に咬合高径が低下した状態が持続し、挙上時とは異なる調節機構が報告されている¹⁴⁾。同時に上下の歯の長さも測定されており、咬合高径低下中にはこれらが対照群に比べて短いことが示されている¹⁴⁾。咬合高径が低下した状態で維持されるのは、歯の削合と萌出力のバランスが平衡状態にあるためと考察されており、咬合高径の挙上後と咬合低下後では歯の削合と萌出力の関係が異なると

考えられる¹⁴⁾。

本研究では、これらの結果をふまえ、咬合低下後の生体反応を明らかにすることを目的とした。まず、咬合高径低下時に歯周組織の障害の有無を確認した。次いで、咬合高径低下の状態が続いた動物に咬合挙上を施し、その後の咬合高径の経日的変化を調べた。

実験材料及び方法

実験には4週齢の Hartley 系雄性モルモットを用いた。実験1として咬合高径低下モデル動物の根尖部の組織像から炎症反応の有無を確認し、実験2として咬合高径を低下後に挙上した時の咬合高径の経日的変化を確認した。実験1では咬合低下を行った4匹を低下群とし、低下装置(以下に示す)の装着を行っただけで咬合低下を行わなかった4匹を対照群として用いた。また実験2では咬合低下後に咬合挙上を行った7匹を実験群とし、低下のみを行った6匹を低下のみ群、また低下装置の装着を行っただけで咬合低下や咬合挙上を行わなかった6匹を対照群として用いた。これらの動物は、午前6時から午後6時までを明環境下とした室温 26℃の実験用ゲージ内で、1週間馴化させたのちに実験を行った。また、水と固形飼料は自由に摂取できるゲージで、1ゲージあたり2～3匹を収容した。なお、本実験は、松本歯科大学実験動物運営委員会の承諾を得て行った(No. 238-14)。

実験1

1. 外科的処置および咬合低下装置の装着

咬合低下モデル動物の作製は Matoba ら¹⁴⁾と同様の方法にて行った。5倍希釈のペントバルビタールナトリウム(30 mg/kg, ソムノペンチル, 共立製薬(株), 東京)を腹腔内注射することによる全身麻酔下にて手術を行った。頭頂部の皮膚を切開し、骨膜を剥離して、ステンレススチール製小ネジ(直径 1.4mm, 長さ3mm)を前頭部に2本, 頭頂部に2本, 計4本植立した。前方からみて両眼を結んだ線と平行になるようにアルミニウム製パイプ(外径 7.5mm, 内径 5.0mm, (株)成茂科学器械研究所, 東京)を歯科用常温重合レジン(アドファ,

(株)松風,京都)を用いて頭頂部に固定した。また下顎の皮膚を切開し,骨膜を剥離した。その後,ステンレススチール製小ネジを下顎骨下面に2本植立した。その後,コバルト・クロム製の矯正用ワイヤー(直径 1.0mm,(株)デンツプライ三金,栃木)を屈曲して両端にフックを作製し,前頭部と下顎骨にそれぞれレジンで固定した。これら上下のフック間に,顎間ゴムを約 40g の力で咬合平面に垂直になるように装着し,咬合高径低下モデル動物を作製した(図 1)。

2.根尖部の組織切片の作製方法および観察方法

顎間ゴム装着 10 日後の低下群および対照群の下顎骨を摘出し,ホルマリン固定後,脱灰を行った。その後,パラフィン蠟(ペレットタイプ, MERCK)にて包埋ブロック製作後,ミクロトーム(Microm HM355S, Rotary Microtome), Thermo Fisher Scientificにて前頭面方向に5 μ mの厚みで薄切を行い,スライドガラス(スターフロストスライドガラス, 武藤化学)に固定し,ヘマトキシリン・エオジンにて染色した。光学顕微鏡(工業用顕微鏡 BX61, OLYMPUS)を用いて製作したプレパラートから臼歯根尖相当部の組織像を観察し,対照群と低下群との比較,検討を行った。

実験 2

1.外科的処置,および咬合低下装置・咬合挙上装置の装着

外科的処置,および咬合低下装置の装着は実験 1と同様の方法にて行った。また挙上装置の装着は過去の研究による方法に準じて行った¹²⁾。常温重合レジンにて直径 4 mm の冠状のものを製作し,対合歯と接触する部分にスチール製の板を固定した。これを実験群の上顎前歯部にスーパーボンド(サンメディカル,日本)にて装着し,前歯部での咬合を約 2 mm 挙上した(図 2)。

2.装置装着期間

実験群においては,顎間ゴムを装着 10 日後に顎間ゴムを撤去し,その 7 日後に挙上装置を 10 日間装着したのちに挙上装置の撤去を行った。また低下のみ群においては顎間ゴムを装着 10 日後に顎間ゴムを撤去した。対照群においては顎間ゴム以外の低下装置の装着のみ行った。

2. 動物用マイクロ CT による咬合高径の計測と分析

動物の咬合高径を計測するために Kanayama ら^{12,13)}と同様の方法でマイクロ CT 撮影を行った。撮影には、小動物用三次元 X 線マイクロ CT 撮影装置 (R_mCT, (株)リガク, 東京) を用いた。撮影条件は、管電圧 90kV, 管電流 110mA とし、画素サイズを $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ で撮影を行った。撮影は頭部が常に一定条件になるようにプラスチック製の頭部固定装置を用い、顎間ゴム装着前、顎間ゴム撤去後、挙上装置装着前と装着後、挙上装置撤去後 0 日目、1 日目、4 日目、7 日目、11 日目、14 日目、18 日目、21 日目に全身麻酔下にて行った。同様に測定した過去の研究において、測定点の 10 回計測の再現性が調べられており、変動係数は 0.8~1.7% であった¹²⁾。

画像処理ソフト (i-View, (株)モリタ, 京都) を用いて CT データを厚さ 1.0mm, 間隔 0.5mm の断層像とした。この際、図 3A に示すように水平面は口蓋平面に平行に設定し、正中矢状面は上顎左右中切歯中点と口蓋正中が直線となるように設定した。さらに、この水平面と正中矢状面 (図 3B) に垂直な面を前頭面 (図 3C) とし、計測の基準平面を決定した。

その後、前頭面 (図 3C) で確認した左右のオトガイ孔の最下縁を結んだ線を正中矢状面 (図 3B) に投影し、正中矢状面において切歯孔上縁との長さを咬合高径として計測した。

3. 統計解析

実験群、低下のみ群、対照群のデータの咬合高径の平均を求め、各測定日における 3 群の結果を Scheffe Test ($P < 0.05$) を用いて多重比較を行った。危険率 5% を有意な相違とした。

結果

実験 1

実験 1 で観察した対照群の組織像の一つを示す (図 4, 5)。対照群の組織像からエナメル質、象牙質、歯髄など、ヒトと類似した組織構造を有していたが、エナ

メル芽細胞層を認めることや、セメント質が認められないこと、根尖相当部が閉鎖していないことなどの常生歯に特有の組織構造を認めた(図4)。また実験群の組織像を観察しても、対照群と同様に根尖相当部に炎症反応を示す所見は認められなかった(図5)。

実験2

実験群(図6 青)では、矯正用ワイヤーのフックに顎間ゴムを装着し、10日後に顎間ゴムを撤去した時の咬合高径は、低下前と比較し $13.4 \pm 4.2\%$ 、 1.8 ± 1.3 mm(平均値±標準偏差)低下した。その7日後に咬合挙上装置を装着した。装着後の咬合高径は装着前と比較し、 $14.5 \pm 10.3\%$ 、 2.0 ± 1.4 mm臼歯部の咬合が挙上された。その10日後に挙上装置を除去した時の咬合高径を挙上装置装着前と比較すると、 $13.3 \pm 9.4\%$ 、 1.8 ± 1.3 mm 挙上していた。その後、挙上装置撤去後から7日目まで徐々に咬合高径は低下したが、7日目以降からは咬合高径の増加を認めた。

対照群(図6 赤)では計測開始日から最終日まで経日的に咬合高径が増加した。また低下のみ群(図6 緑)において、顎間ゴム撤去後は対照群と比較し、 $11.2 \pm 7.9\%$ 、 1.4 ± 1.0 mm咬合高径は低くなっており、計測最終日においても $10.1 \pm 7.2\%$ 、 1.3 ± 0.9 mm低くなっていた。また顎間ゴム撤去から計測最終日まで対照群と比較し、7~11%低い咬合高径が維持された。

実験群(図6 青)、低下のみ群(図6 緑)、対照群(図6 赤)の3群の経日的変化を比較すると、実験群においては、挙上装置撤去後は対照群と近似した咬合高径になったが、挙上装置除去後7日目から低下のみ群と近似した咬合高径まで低下し、その後計測最終日まで対照群よりも低い咬合高径が維持された。

対照群と低下のみ群間では咬合低下後から対照群に比べ、低下のみ群は低い咬合高径となり、0, 1, 11, 14, 18, 21 日目に有意差が認められた。また、実験群と対照群間では実験群において挙上装置撤去後から徐々に咬合高径が低くなり7, 11, 14, 18 日目に有意差が認められた。実験群と低下のみ群間では挙上装置装着時に有意差が認められたが、挙上装置撤去から計測最終日まで有意差は認められなかった(表1)。

考察

モルモットは根尖相当部が閉鎖しておらず常に歯が萌出しつづける常生歯を持つ動物であり^{15,16,17)},また常に萌出量に見合う歯の削合を行うことで,咬合高径を維持していると考えられている⁵⁾.この咬合高径は三叉神経中脳路核に細胞体を持つ閉口筋筋感覚が咬合高径の決定・維持に関与していると考えられている⁶⁾.

1. 装置装着期間と挙上量について

今回の実験では低下装置装着期間を10日間とした.これは以前の研究⁹⁾で10日の装置装着期間で対照群と比較し,装置撤去後以降,有意に低下した状態が維持されたためである.また低下装置除去7日後まで挙上装置を装着するまでに期間を空けることで低下した咬合高径が維持されているかを確認した.これも以前の研究で低下装置除去7日後以降までには維持されることが示されているからである.また挙上装置の装着期間においても以前の研究^{5,6,12,13)}と同様に10日間とした.以前の研究では装置装着直後では前歯部の咬合が挙上されたため離開していた臼歯部が10日間では緊密に咬合していた.本研究でも,この時点で以前の研究と同様に臼歯部の緊密な咬合が認められ,挙上できたと判断した.

本研究における挙上量に関しては,低下状態から生来の咬合高径よりも高い位置に設定するために約2 mmとした.咬合高径を3 mm 挙上した場合でも,1.5 mm 挙上した場合でも,装置を撤去した後は削合量の増加により生来の咬合高径まで戻すことが報告されており⁵⁾,この挙上による咬合高径を設定された咬合高径に変化させるべきものであれば,削合量が萌出量を上回るという行動変化を起こすと考えて約2 mm に設定した.

2. 咬合高径の変化で引き起こされる行動変化について

モルモットを用いて,以前の研究で顎間ゴムを10日間装着することで,咬合高径低下モデル動物を作製した場合,顎間ゴム撤去後には対照群よりも低い咬

合高径が維持されることが報告されている。顎間ゴム装着中の咬合高径の変化は、歯冠部の長さの変化によって起きていることが示され¹⁴⁾、歯の萌出を上回る歯の削合により咬合高径の低下が認められると考えられる。また、顎間ゴム撤去後は萌出量が削合量を上回るわけではなく、平衡が保たれることにより、低下した咬合高径が維持されることが示唆された。今回の実験1の結果より低下群においても根尖相当部に炎症反応を示す所見が認められなかったことから、顎間ゴムにより炎症が引き起こされることなく、萌出障害も生じていないと考えられる。事実、実験2で咬合高径が低下した状態に咬合挙上を施した場合に、臼歯の萌出により対照群と近似した高径まで戻ったことで、咬合高径の低下中に炎症反応による萌出障害は起こっていなかったことが示唆された。つまり、咬合低下動物で萌出量に変化が認められないとすると、咬合低下状態が継続したのは、削合量にも正常時に比べて変化が認められなかった可能性が高く、咬合低下では生来の高さに戻そうとするような特別な行動変化を引き起こさないと考えられる。

咬合挙上動物は^{5,6,12,13)}、咬合挙上装置撤去後、咬合高径が低下して数日で対照群と近似した最適な咬合高径に戻ることを示し、高い咬合高径を歯の削合量の増加により調節していることを明らかとしている。実験2において低下により一度維持された咬合高径がその後の挙上で生来の高さ付近まで戻したあとに、どの位置で咬合高径が維持されるかを調べた。実験群の挙上装置を除去したのち、咬合高径は徐々に低下し、対照群よりも低下のみ群に近似した咬合高径となり、その後も低下のみ群と近似した咬合高径が維持された。このことから、一度低下により維持された咬合高径はその後、挙上を行ったとしても生来のものではなく、低下後の咬合高径が維持されるように行動変化が生じることが示唆された。すなわち、顎間ゴムにより一度咬合高径を低下し維持された場合、生来の咬合高径が高いと認識し、低下により維持された咬合高径となるまで削合量が萌出量を上回っていた可能性が考えられる。

3. 咬合高径の維持のための口腔感覚について

三叉神経中脳路核に細胞体を持つ閉口筋筋感覚が咬合高径の維持に関与しているのではないかと考察されている⁶⁾。Yabushitaら^{18,19)}は、咬合挙上

後の咬筋筋紡錘の感度は、1～2週間では感度が低下し、数週間で挙上後の咬合高径に適応すると報告している。これらの研究では臼歯部に常生歯を持たないラットが用いられており、本研究で用いたモルモットの場合とは異なる可能性がある。

今回の挙上後の結果から高い咬合高径のとき、咬筋が伸張し閉口筋の筋紡錘が反応して中枢神経に咬合高径が高いという感覚情報を伝え、この異常を是正するために削合量が増えた可能性を考えている。また咬合低下動物では顎間ゴム除去時には対照群と比較し、有意に咬合高径は低下し、その後、計測最終日まで咬合高径は有意に低下した状態が継続していることを示し、挙上時とは異なる調節機構が明らかとなっている¹⁴⁾。これは、咬合高径の低下時には咬筋の伸張やγ系の活動が起こらないため筋紡錘の過剰反応も起きず三叉神経中脳路核に異常な情報が伝達されないため、削合量の減少などの是正が起きないと考察される。

咬合高径を低下させたのちに挙上を行った本研究では、以前の研究と同様に低下後に顎間ゴムを撤去しても、咬合高径は対照群と近似した高径まで回復しなかったが、挙上後に挙上装置を除去した場合、生来の高径ではなく低下により維持された咬合高径まで削合量が萌出量を上回っていることが分かった。これより、一度低下により安定した場合、咬筋筋紡錘の感度が上がったために生来の咬合高径が高いと認識され、三叉神経中脳路核に異常な情報として伝達されたのではないかと考えられる。

4. 臨床への応用

本研究結果から、成長期の動物において咬合高径が低下した場合、生来の高径も高いと認識してしまうことが示唆された。これは歯周疾患や齲蝕により咬合高径が低下してしまった患者に挙上を行った際に、違和感や咀嚼困難を訴えるケースがあることに関連している可能性が考えられる。今後、本研究結果を基盤に、歯科臨床における咬合高径の変化がもたらす影響がさらに解明されることが重要であると考えられる。

結論

顎間ゴムを利用して咬合高径を低下したのち, 挙上装置により挙上をおこなったモデル動物を作製したことにより下記の結果が得られた.

1. 咬合高径を低下した場合, 咬合高径は低い状態のまま安定した.
2. 咬合高径低下後に挙上した場合, 生来の咬合高径まで高さが挙上された.
3. 挙上装置除去後は低下し, 維持された咬合高径まで割合により低下した.

謝辞

稿を終えるにあたり, 本研究に終始御懇篤なる御指導, 御校閲の労を賜りました松本歯科大学大学院顎機能制御学講座増田裕次教授に謹んで深甚なる感謝の意を表します. ならびに組織学的解析に関してご指導ご助言をいただいた本学口腔病理学講座の諸先生方に心から厚く御礼申し上げます.

参考文献

1. Christensen J (1970) Effect of occlusion-raising procedures on the chewing system. *Dent Practit*, 20: 233-7
2. 林都志夫 (1993) 全部床義齒補綴学第 3 版.
3. Monson GS (1921) Impaired function as a result of closed bite. *JNDA* 8: 833-9.
4. 森本俊文 (2004) 咬合高径の生理的意義 松本歯学 30: 117-28.
5. Yagi T, Morimoto T, Hidaka O, Iwata K, Masuda Y and Kobayashi M (2003) Adjustment of the occlusal vertical dimension in the bite-raised guinea pig. *J Dent Res.* 82: 127-30.
6. Zhang W, Kobayashi M, Moritani M, Masuda Y, Dong J and Yagi T (2003) An involvement of trigeminal mesencephalic neurons in regulation of occlusal vertical dimension in the guinea pig. *J Dent Res.* 82: 565-9.
7. McNamara JA Jr (1973). Neuromuscular and skeletal adaptations to altered function in the orofacial region. *Am J Orthod* 64: 578-606.
8. Rowe TK and Carlson DS (1990). The effect of bite-opening appliance on mandibular rotational growth and remodeling in the rhesus monkey (*Macaca mulatta*). *Am J Orthod Dentofac Orthop* 98: 544-9.
9. Paik CH, Satomi M, Saeki Y, Yanagisawa K and Kuwahara Y (1993). Increase in vertical dimension alters mechanical properties and isometric ATPase activity in guinea pig masseter. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 104: 484-91.
10. Kawasaki K, Saeki Y and Ohnuki Y (1997). Effect of an increase in occlusal vertical dimension on the rate of cyclic actin-myosin interaction in guinea-pig masseter muscle. *Arch Oral Biol* 42: 505-12.

11. Ohnuki Y, Saeki Y, Yamane A, Kawasaki K and Yanagisawa K (1999). Adaptation of guinea-pig superficial masseter muscle to an increase in occlusal vertical dimension. *Arch Oral Biol* 44: 329-35.
12. Kanayama H, Masuda Y, Adachi T, Arai Y, Kato T and Morimoto T (2010) Temporal alteration of chewing jaw movements after a reversible bite-raising in guinea pigs. *Arch Oral Biol.* 55: 89-94
13. Kanayama H, Masuda Y, Adachi T, Arai Y, Kato T and Morimoto T. (2011) Alteration of masticatory muscle EMG activities during chewing after a reversible bite-raising in guinea pigs. *Arch Oral Biol.* 56: 793-8.
14. Matoba H, Kanayama H, Kato T, Hossain MZ, Kitagawa J, Takehana Y, Yamada K and Masuda Y. (2018) Temporal change in the occlusal vertical dimension and its involvement in modulation of jaw movement in bite-reduced animals. *J Oral Sci.* 60: 170-6.
15. Bernick S (1966) Vascular and nerve supply to the molar teeth of guinea pigs. *J Dent Res.* 45: 249-60.
16. Holmstedt JO, McClugage SG Jr, Clark JS and Guevara MJ (1977) Osteodentin formation in continuously erupting teeth of guinea pigs. *J Dent Res.* 56: 1569-76.
17. Moriyama K, Sahara N, Kageyama T, Misawa Y, Hosoya A and Ozawa H (2006) Scanning electron microscopy of the three different types of cementum in the molar teeth of the guinea pig. *Arch Oral Biol.* 51: 439-48.
18. Yabushita T, Zeredo J L, Toda K and Soma K (2005) Role of Occlusal Vertical Dimension in Spindle Function. *J Dent Res* 84: 245-9
19. Yabushita T, Zeredo J L, Fujita K, Toda K and Soma K (2006) Functional Adaptability of Jaw-muscle Spindles after Bite-raising. *J Dent Res* 85: 849-53.

図の説明

図 1

顎間ゴム装着中の模式図

図 2

挙上装置装着中の模式図

図 3

CT 画像において測定した咬合高径 (A: 水平面, B: 正中矢状面, C: 前頭面) 切歯孔上縁 (図 B) と左右のオトガイ孔の最下縁を結んだ赤線 (図 C) を正中矢状面に投影し, 両矢印 (図 B) の長さを咬合高径とした.

図 4

対照群の第1臼歯部組織像

A: 弱拡大像 B, C: 強拡大像

図 5

低下群の第1臼歯部組織像

A: 弱拡大像 B, C: 強拡大像

図 6

咬合高径の変化 (3群における比較)

顎間ゴム装着前を 100% とした相対値で表す.

a: 対照群 vs 実験群 b: 実験群 vs 低下のみ群 c: 対照群 vs 低下のみ群
Scheffe Test (P<0.05)

表 1

咬合高径の経日的変化の平均値と標準偏差

各測定日における実験群, 低下のみ群, 対照群の咬合高径の平均値 (%) と

標準偏差および Scheffe Test ($P<0.05$)での多重比較の結果.

a: 対照群 vs 実験群 b: 実験群 vs 低下のみ群 c: 対照群 vs 低下のみ群

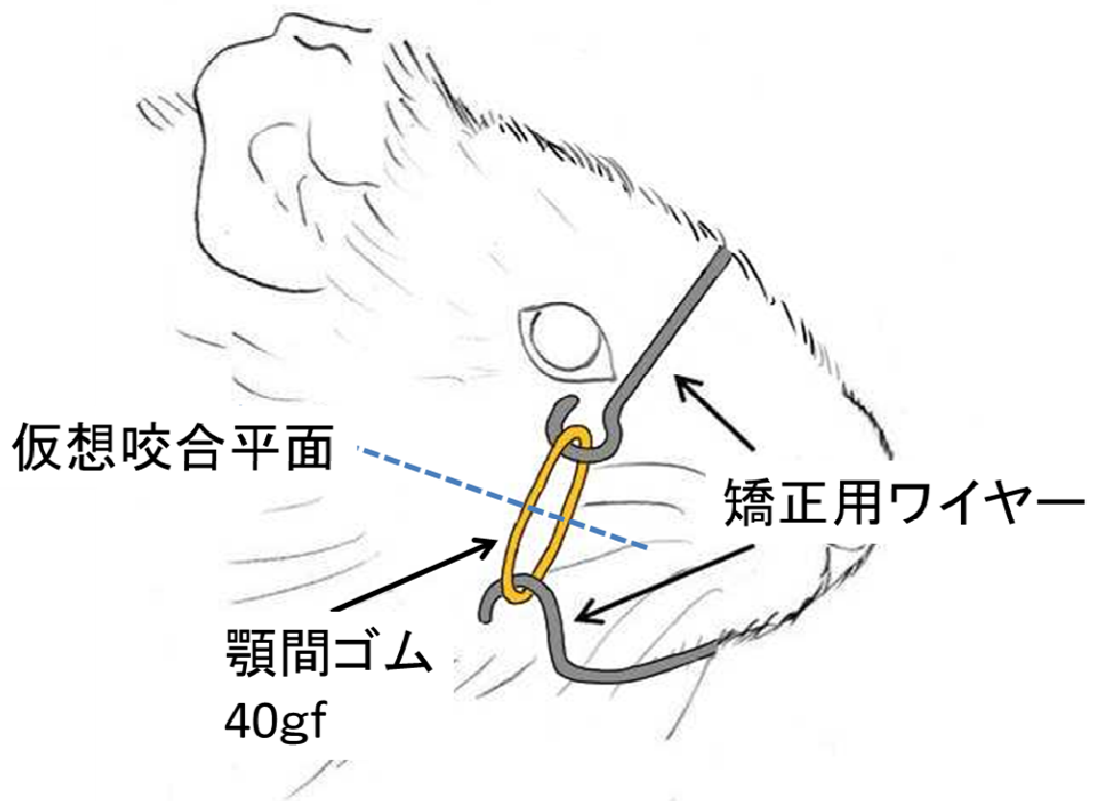


図1 顎間ゴム装着中の模式図

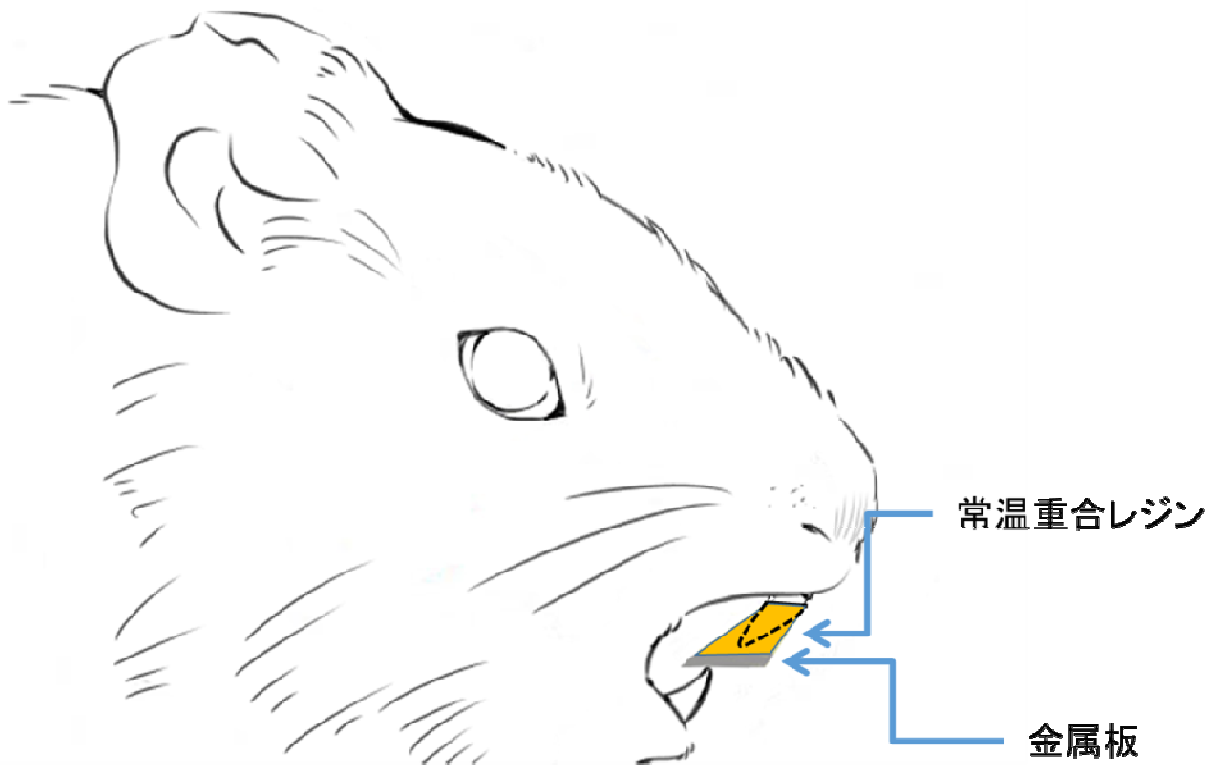


図2 挙上装置装着中の模式図

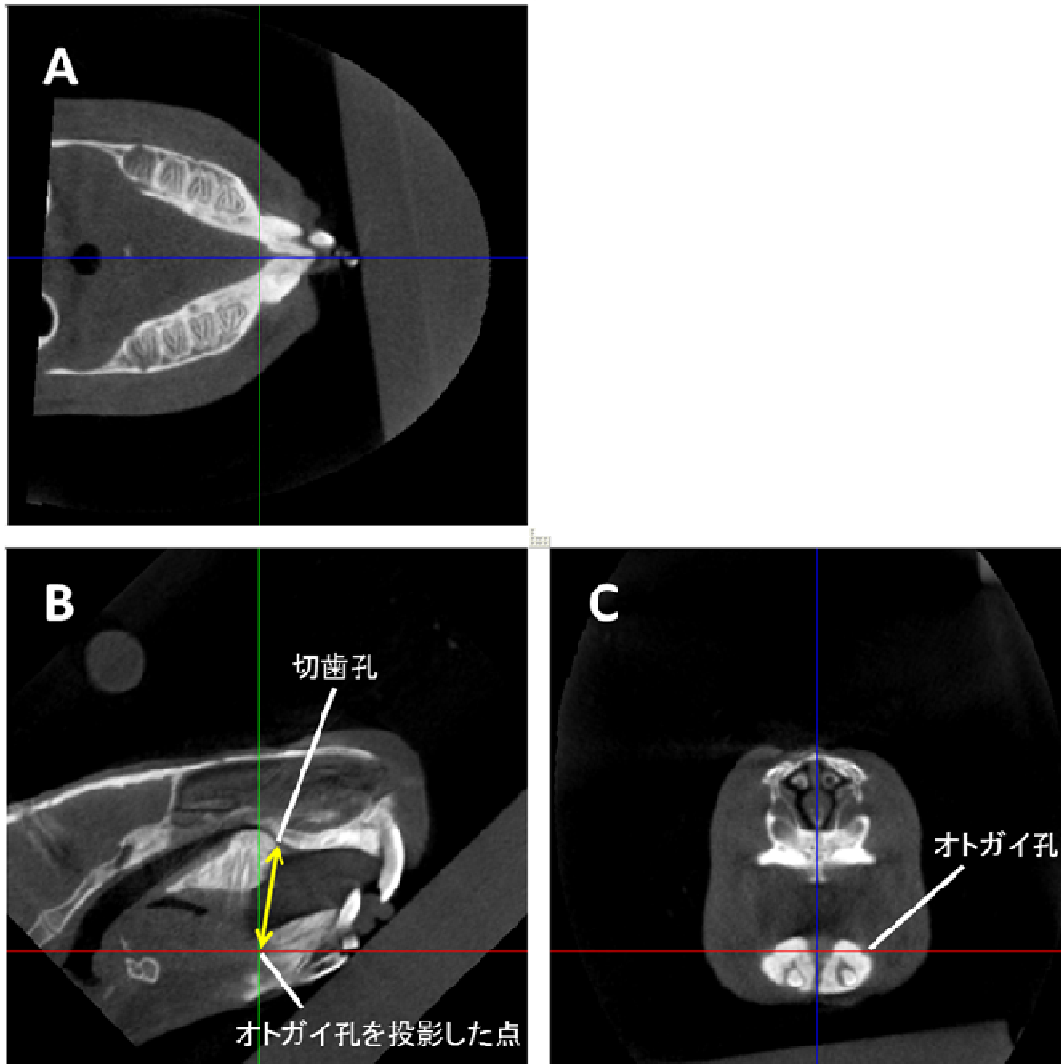


図3 CT画像において測定した咬合高径(A:水平面,B:正中矢状面,C:前頭面)
 切歯孔上縁(図 B)と左右のオトガイ孔の最下縁を結んだ赤線(図 C)を正中矢状面に投影し、両矢印(図 B)の長さを咬合高径とした

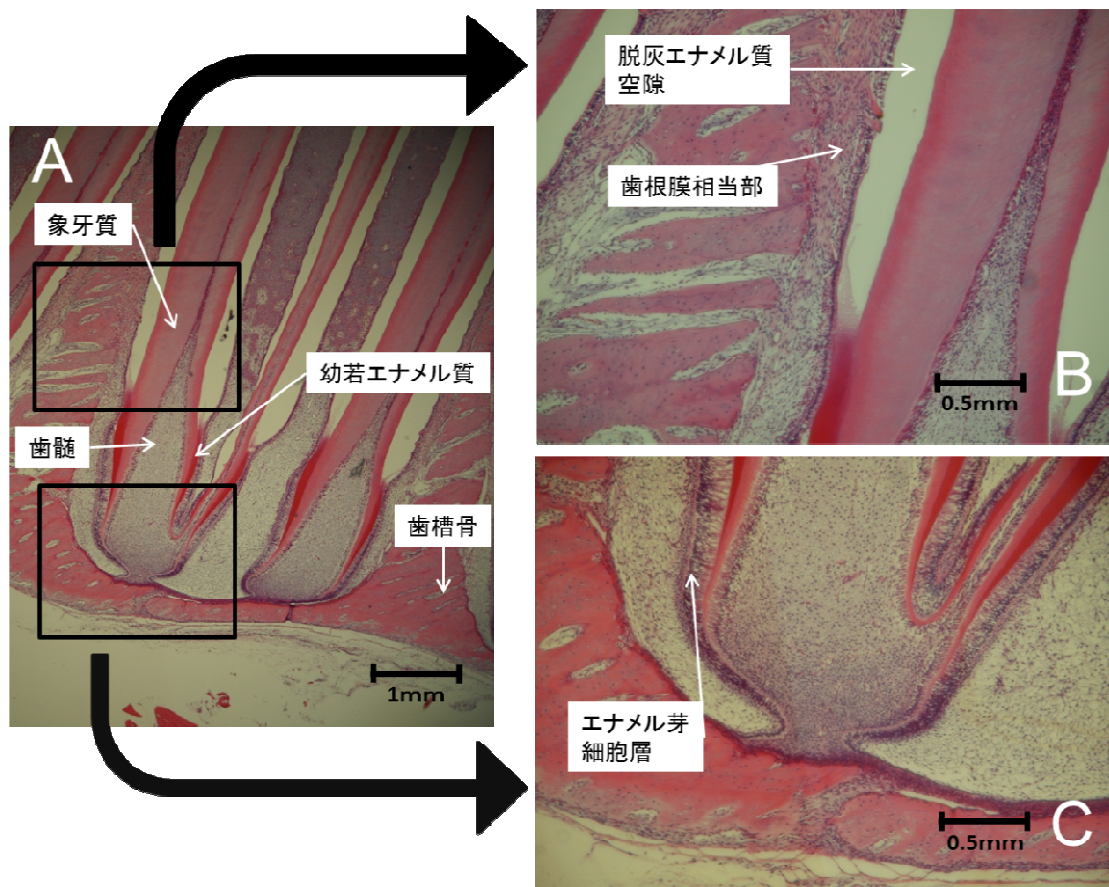


図4 対照群の臼歯部組織像(第1臼歯部)
 A: 弱拡大像 B, C: 強拡大像

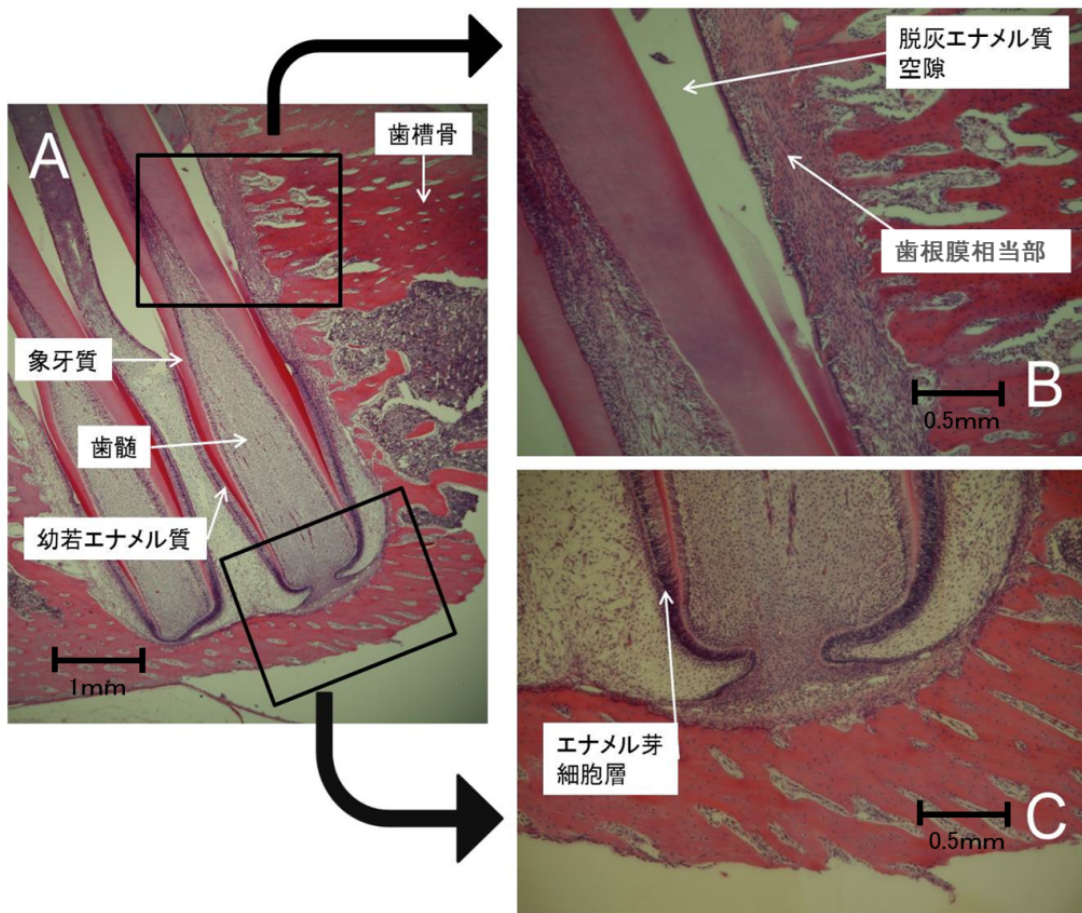


図5 低下群の臼歯部組織像(第1臼歯部)

A: 弱拡大像 B, C:強拡大像

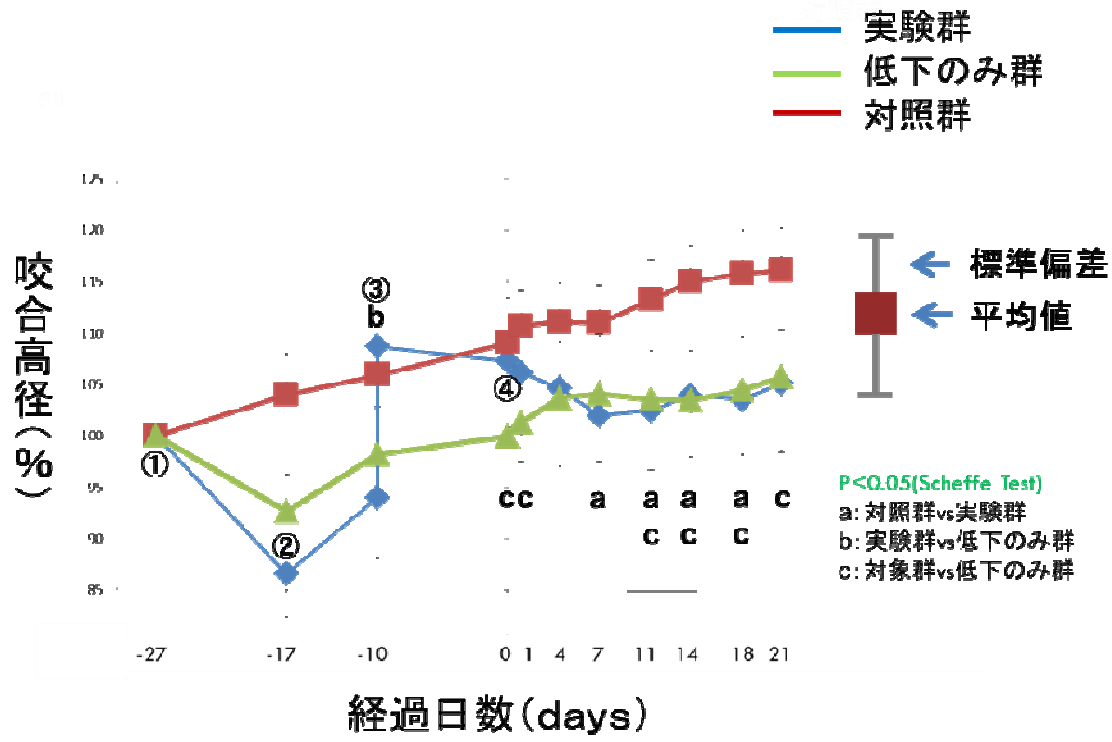


図6 咬合高径の変化(3群における比較)

①顎間ゴム装着(実験群・低下のみ群) ②顎間ゴム撤去(実験群・低下のみ群)

③挙上装置装着後(実験群)④挙上装置撤去(実験群)

顎間ゴム装着前を 100%とした相対値で表す.

a: 対照群 vs 実験群 b: 実験群 vs 低下のみ群 c: 対照群 vs 低下のみ群

Scheffe Test (P<0.05)

表1 咬合高径の経日的変化の平均値と標準偏差

経過日数(days)	-27	-17	-10	-10	0	1	4	7	11	14	18	21
実験群咬合高径(%)	100	86.59	93.99	108.69	107.24	106.15	104.63	101.96	102.45	103.87	103.54	105.13
実験群標準偏差	0	4.23	5.96	3.77	6.45	8.67	7.63	4.5	5.78	5.95	5.4	6.76
低下のみ群咬合高径(%)	100	92.61	98.15	98.15	99.98	101.3	103.67	104.05	103.52	103.44	104.44	105.73
低下のみ群標準偏差	0	3.63	4.61	4.61	4.37	4.62	5.58	5.81	4.81	4.87	5.22	4.58
対照群咬合高径(%)	100	104	105.91	105.91	109.04	110.72	111.06	110.94	113.23	114.98	115.78	116.06
対照群標準偏差	0	3.95	3.69	3.69	4.36	3.38	3.91	3.7	3.89	3.58	4.25	4.23
Scheffe Test (P<0.05)					c	c		a	ac	ac	ac	c

各測定日における実験群、低下のみ群、対照群の咬合高径の平均値(%)と標準偏差およびScheffe Test (P<0.05)での多重比較の結果。

a: 対照群vs実験群 b: 実験群vs低下のみ群 c: 対照群vs低下のみ群