

学 位 論 文

論文題目 咬合高径を実験的に低下させた場合の咬合
高径と咀嚼運動の変化

的場 寛

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:山田 一尋 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 Changes of occlusal vertical dimension and jaw
movement in experimentally occlusal vertical dimension
reducing animal

Hiroshi Matoba

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

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

要旨

歯科医療の現場では、咬合の回復、咬合の調整、咬合の誘導、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きた。しかし、患者にとって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ことが知られている。適切な咬合高径の設定が咀嚼機能において重要であり、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。しかし、これらの障害の起因となる病態生理学的メカニズムはいまだ不明である。これまでの研究で、咬合高径挙上モデル動物の実験では、増加した咬合高径は数日で生来の咬合高径となるように調節されることが報告されている。また、咀嚼中の顎運動を分析すると、リズムに変化は認められないが、開口量が減少し、最大開口位が変化しないことが認められている。これらのことから、咀嚼運動パターンの中枢プログラムは生来の咬合高径と強い関係があることが示唆されている。しかし、咬合高径の低下が同様の結果となるかは不明である。また、咬合高径の低下法には、歯を削合する方法もあるが、歯の削合は咬合関係の不適や削合による疼痛を引き起こしている可能性があり、咬合高径低下以外の要因が含まれる。そこで本研究では、常生歯をもつモルモットに顎間ゴムを装着した咬合高径低下モデル動物を作製すること、および顎間ゴム撤去後の咬合高径と咀嚼中の顎運動の経日的変化を調べることを目的とした。

実験には Hartley 系雄性モルモットを用いた。矯正用ワイヤーで製作した可徹式のフックを頭蓋骨と下顎骨に装着した。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。顎間ゴムは 10 日間装着し、咬合高径の計測には、小動物用三次元エックス線マイクロ CT 撮影装置を用いて、断層像により、左右のオトガイ孔を正中矢状断像に投影した点と、切歯孔とを結んだ線を咬合高径として計測した。咀嚼運動の記録は動物を脳定位固定装置に固定し、下顎に装着した LED の前頭面における軌跡を、CCD カメラで追跡することにより行い、咀嚼時間、最小開口位、最大開口位、開口量を計測した。記録は、顎間ゴムを装着した・10 日目、顎間ゴムを撤去した 0, 1, 4, 7, 11, 14, 18, 21, 25 日目に測定し、咬合高径の変化に伴う顎運動の変化を解析した。また、同様の術式で、顎間ゴムを装着しなかった動物を対照群とし、

実験群との比較，検討を行った．

咬合高径は 10 日間の顎間ゴム装着によって約 5%低下し，対照群と有意差を示した．また，低下した咬合高径は，顎間ゴム撤去後 25 日目まで回復しなかった．咀嚼中の顎運動の比較では，顎間ゴム撤去後に咬合高径低下に伴い，最小開口位は減少したが，開口量に有意な増大が認められ，最大開口位は実験群と対照群では有意な差が認められなかった．また，咀嚼サイクルの時間に実験群と対照群で有意差は認められなかった．

咬合高径低下群では，顎間ゴムの使用により咬合高径が低下することが明らかとなり，咬合高径低下モデル動物を作製することができた．咬合高径低下時の咀嚼中の顎運動は，最大開口位が変化しないように調節されており，この咬合高径低下の咀嚼運動プログラミングに対する影響は咬合挙上によるものと同様であることが示された．

緒言

歯科医療の現場では、咬合の回復、咬合の調整、咬合の誘導、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きた。しかし、患者にとって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ことが知られている。適切な咬合高径の設定が咀嚼機能において重要であり、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¹⁾。咬合高径を過度に高く設定した場合には、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²⁾。

これまでの研究で、モルモットを用いた咬合高径挙上モデル動物の実験では、高められた咬合高径は数日で生来の咬合高径となるように調節され、咀嚼中の顎運動を分析すると、リズムに変化は認められないが、開口量が減少し、最大開口位が変化しないことが認められている。このことから、咀嚼運動パターンの中核プログラムは生来の咬合高径と強い関係があることが示唆されている³⁾。事実、咬合高径の挙上中には咀嚼筋活動が変化することが報告⁴⁾されており、臨床的な障害をもたらす誘因のひとつと考えることができる。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^{5,6)}。しかし、これらの障害の起因となる病態生理学的メカニズムはいまだ不明である。

従来の研究で、ウサギの歯を削合することにより咬合高径を低下させた報告⁷⁾では、咬合高径を低下すると咬合相での歯の接触が減少し、咬筋活動が低下することが報告されている。しかし、歯を削合する方法の場合、顎の偏位や歯の疼痛を引き起こしている可能性があり、咬合高径低下以外の要因が含まれる可能性がある。歯を削合することなく咬合高径を低下させる方法については、Imaiら⁸⁾やChenら⁹⁾は、ウサギに顎間ゴムを片側にのみ使用して、下顎が偏位したウサギを作りだすことに成功している。そこで本研究では顎間ゴムを両側性に使用することにより、咬合関係を維持したままで咬合高径を低下させたモデル動物を作り出すこととした。モルモットの臼歯は絶えず萌出し続ける常生歯である^{10・12)}ことから、本研究の実験動物として、ウサギと同様に常生歯であ

るモルモットを用いることとした。

本研究の目的は、動物の咬合関係を維持したまま咬合高径を低下させたモデル動物を作製し、咬合高径の経日的変化を明らかにすることとした。さらに、咬合高径低下に伴う咀嚼時の顎運動を経日的に調べることにより、咬合高径低下に伴う口腔機能の変化についても解明することとした。

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を作製し、咬合高径の測定を行った。実験2として、同様の動物の咀嚼中の顎運動の変化を調べた。実験には咬合低下を行った9匹を実験群とし(ただし長期間の記録で記録不能となったものは、記録できたところまでをデータに加えた)、咬合低下を行わなかった7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。また、水と固形飼料は自由に摂取させ、1ゲージに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. 216-13)。

1. 外科的処置

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)を腹腔内に投与し、全身麻酔下で手術を行った。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。頭頂部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)を前からみて両眼を結んだ線と平行になるように歯科用即時重合レジン(アドファ, (株)松風, 京都)にて固定した。さらに、脳定位固定装置に動物の頭部を着脱可能にするため、前頭部に植立したステンレススチール製小ネジと歯科用即時重合レジンにてナットを固定した。この際、眼耳平面が水平になるようにした。実験中は、このパイプと専用イヤバー((株)成茂科学器械研究所, 東京), ナットと金具固定用ネジ(直径3mm, 長さ 10mm)を用いて動物の頭部を脳定

位固定装置に固定した。また、顎運動記録用 LED の装着用アタッチメント(ナットと磁石(直径4mm, 厚さ2mm)を組み合わせたもの)を下顎骨に装着するために、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、アタッチメントを歯科用即時重合レジンにて固定するための支台とした。この方法により、動物を無麻酔下で脳定位固定装置に固定して、経日的に下顎の位置を測定することが可能となった。

2. 咬合低下装置の作製、装着および撤去

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、両端にフックを作製して上顎と下顎のレジン内に埋め込み、そのフックから咬合平面に垂直になるように顎間ゴムを 40g の力で装着した(図1)。

実験1:咬合低下による咬合高径の変化

3. 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³⁾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 μ m \times 100 μ m \times 100 μ 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0日目, 1日目, 4日目, 7日目, 11日目, 14日目, 18日目, 21日目および25日目に全身麻酔下で行った。

CT データを画像処理ソフト(i-View, (株)モリタ, 京都)を用いて、厚さ 1.0mm, 間隔 0.5mm の断層を行った。この際、図2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に垂直な面を前頭面とし、計測の基準平面を決定した。

その後、前頭面で確認した左右のオトガイ孔の最下縁の中点と切歯孔上縁を正中矢状面に投影し、その2点の長さを咬合高径として計測した(図3)。

4. 歯の長さの測定

咬合高径と同様の基準面を用いて(図4), 上顎左側第一大臼歯の遠心口蓋咬頭頂と遠心歯根最下点を前頭面に投影して, 図5に示すように上下顎第一大臼歯の歯の長さとして計測した. 歯の長さは顎間ゴム装着前とゴム撤去後0日目の2日間を測定した.

実験2:咬合低下による顎運動の変化

5. 顎運動の測定

顎運動の測定にはポジションセンサーシステム(C5949, 浜松ホトニクス(株), 浜松)を用いた. 動物の頭部を脳定位固定装置に固定し, 下顎に取り付けたアタッチメントを介してLEDを固定した(図6A). CCDカメラと脳定位固定装置が常に一定になるように歯科用即時重合レジン(トレーレジンII, (株)松風, 京都)にて固定した(図6B). 頭部を固定した動物は自ら飼料を取り込むことができないため, シリンジにて飼料を口腔内に入れ, 咀嚼を行わせた.

咀嚼中の顎運動データは, サンプリング周波数 500Hz で波形処理ソフトウェア(Spike2, Cambridge Electronic Design Limited, Cambridge)へ取り込み, データをハードディスクに保存した.

顎運動の測定は, 顎間ゴム装着前, 顎間ゴム撤去後0日目, 1日目, 4日目, 7日目, 11日目, 14日目, 18日目, 21日目および25日目に行った.

6. 顎運動分析

モルモットの臼磨運動は, 左右に大きく振れる8の字様の運動と大きく円を描く運動の2種類がある¹³⁾. 予備実験においてモルモットの咀嚼運動は一度飼料を取り込むと臼磨運動が終わるまで平均約2分であり, 運動軌跡が安定してくると円を描く運動が少なくなり, 8の字様の運動が多くなることがわかった. そこで, 本研究では, 記録した15分間のデータの中で安定した8の字様臼磨運動の5秒間を分析の対象とした(図7).

安定した5秒間の顎運動のデータを用い, 咬合高径低下前の最小開口位を基準として, 1)頭蓋に対する下顎の位置として, 咀嚼中にその距離が最小になるもの(最小開口位(図8a)), 2)頭蓋に対する下顎の位置として, 咀嚼中に

その距離が最大になるもの(最大開口位(図8b)), 3)最小開口位から最大開口位までの距離(開口量(図8c)), 4)最小開口位から次の最小閉口位までの時間(1咀嚼サイクル時間, **total cycle length**, 以下 **TCL**)を分析した. これら咀嚼中の顎運動の分析には, 波形処理ソフトウェア **Spike2** を用いた. これら4つのデータの平均を求め実験群と対照群の群間の差には統計解析ソフトウェア(**SPSS**, **SPSS Japan Inc.**, 東京)を用いて **Mann-Whitney U test** で検定を行った.

結果

実験1

実験1に用いた動物の咬合高径の経日的変化を図9に示す. 可撤式のフックに顎間ゴムを装着することにより, 顎間ゴム撤去時, 咬合高径は低下前に比べて約5%, 平均 **0.56mm** 低下した(図9矢印). 顎間ゴム撤去直後に咬合高径は急激に増加し, 4日目以降咬合高径は徐々に増加した. 低下した咬合高径は, 顎間ゴム撤去後から 25 日後までのすべての測定日で実験群と対照群との間に有意差が認められた($p<0.05$). すなわち, 低下した咬合高径は元の高さまで戻らないことが示された(図9).

対照群の咬合高径は実験期間中, ほぼ一定の速度で暫増し, 実験開始時に比較して実験終了時(開始後 35 日目)の咬合高径は約 20%増大した. 一方, 実験群における実験終了時の咬合高径は約 10%増大しており, 両群間に有意差が認められた.

歯の長さは対照群では顎間ゴム装着前(-10 日目)と顎間ゴム撤去後 0 日目までに上顎第一大臼歯で 9.12 ± 0.23 (平均値 \pm 標準偏差)mm から 9.59 ± 0.31 mm, 下顎第一大臼歯で 9.16 ± 0.43 mm から 9.95 ± 0.46 mm に増加した. しかし, 実験群の顎間ゴム装着前から顎間ゴム撤去後 10 日間の歯の長さは, 上顎第一大臼歯で 9.30 ± 0.37 mm から 9.42 ± 0.38 mm, 下顎第一大臼歯で 9.06 ± 0.29 mm から 9.22 ± 0.40 mm の増加を示し, 歯の長さの増加量は上下第一大臼歯とも実験群が対照群に比較して小さく, 有意差を認めた($p<0.05$)(図 10).

実験 2

図 11 に経日的に記録した実験群の咀嚼運動の前頭面における下顎切歯点の軌跡の一例を表す。咀嚼中の顎運動のパターンに著しい変化は認められず、8の字様の顎運動パターンを示した。

最小開口位、最大開口位、開口量および TCL の経日的変化を図 12 に表す。最小開口位は、顎間ゴム装着による咬合低下により顎間ゴム撤去時には、頭蓋に対する下顎の位置が上方に移動した。顎間ゴム撤去後すべての測定日で実験群の最小開口位は対照群に比べ小さい値を示し、有意差を認めた ($p<0.05$) (図 12B)。

最大開口位は、顎間ゴム撤去直後、撤去後1日目では上方に移動したものの、その後は撤去後 18 日目を除き、実験群と対照群の変化に有意な相違は認められなかった(図 12A)。開口量は、撤去後すべての測定日で実験群が対照群に比べ大きい値を示し、有意差を認めた ($p<0.05$) (図 12C)。TCL は、実験群および対照群ともに顎間ゴム装着前に比べて顎間ゴム撤去後いずれの測定日においても有意差は認められなかった(図 12D)。

考察

1. 咬合低下について

本研究ではモルモットを用いて、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することができた。ウサギに顎間ゴムを片側にのみ使用した場合、下顎が偏位したウサギを作りだすことが報告されている^{8・9)}。ウサギはモルモットと同様に、常生歯を持ち、咬合高径は萌出と削合のバランスにより決定されることから、下顎偏位の要因として、側方への下顎骨の牽引が考察されているが、一部には顎間ゴム装着側の下顎大臼歯の咬耗も考えられる。そこで同じ常生歯を持つモルモットを用いて、顎間ゴムを両側性に使用することにより、側方への牽引は生じず、咬合関係を維持したままで咬合高径を低下させることが可能と考え、本研究では両側のゴム装着による咬合高径低下モデル動物を作製した。本研究結果では、10 日間の顎間ゴム装着で、対照群に比

べ咬合高径の成長による増加が抑制され、約 5%の咬合高径の減少が認められた。上下切歯部の正中はずれることなく、両側性に咬合高径が低下したと推察される。本実験のモデル動物の咬合高径低下メカニズムについては、2つの要因が考えられる。一つは、ヒトの矯正治療で考えられている¹⁴⁾のと同様に、臼歯の圧下による咬合高径の低下である。しかし、モルモットは常生歯を持つ動物であり、根尖部が閉鎖していない点を考えると歯の圧下が起こるとは考え難い。もう一つは、顎間ゴムによる上下顎臼歯部の削合の増加である。すなわち、モルモットは常生歯を持つために、本来なら萌出と削合のバランスで咬合高径が決定されているが、顎間ゴムがこのバランスを崩している可能性が考えられる。この点については、歯の長さの測定から、顎間ゴム装着中には、歯の削合量の増加が認められた。すなわち、本研究での咬合高径低下は、萌出と削合のバランスが変化し、歯の削合の方が多くなった結果であると考えられた。本研究で作製された咬合高径低下モデル動物は、歯髄露出等の痛みを伴うことなく達成されたものであり、咬合高径低下と口腔機能の関係を調べるために非常に有用なものであると考えられる。

2. 咬合高径の経日的変化について

Yagiら¹⁵⁾やZhangら¹⁶⁾は、成長期のモルモットを用いて、咬合挙上装置を下顎切歯に装着して、咬合高径挙上モデル動物を作製し、咬合高径の変化を調べている。咬合挙上動物は、咬合挙上装置撤去時に咬合関係が維持された状態であったが、咬合挙上装置撤去後には咬合高径が低下して4-7日間で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により調整していることを明らかにしている。咬合高径を低下させた本研究では、顎間ゴムを撤去しても、咬合高径は対照群と同様の位置にまで回復しないことが明らかとなり、咬合挙上後の咬合高径調節とは異なることが示唆された。Zhangら¹⁶⁾は、咬合高径挙上動物の三叉神経中脳路核の破壊により、咬合挙上後のモルモットの歯の削合が減弱し、咬合高径を本来の位置に戻す作用が弱くなることを報告し、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強い関与があると考察している。すなわち、閉口筋の筋紡錘が筋の

伸張に反応して中枢神経に感覚情報を伝えるために、咬合高径が高いという情報が常に伝えられ、この異常を是正するために削合量を増やすという行動が出現したと考察している。一方、咬合高径低下動物では、閉口筋が弛緩するために、ガンマ系の特別な活動が生じなければ筋紡錘は反応せず、中枢神経には情報が送られないことが要因のひとつとして考えられる。すなわち、本研究では中枢神経系が咬合高径低下という変化に対応せず、咬合高径を調節するための行動発現が起こらず、咬合高径は元の高さまで戻らなかった可能性が推察された。

3. 咬合低下後の顎運動について

咀嚼中の基本的な顎運動パターンは脳幹のパターンジェネレータで形成されると考えられている¹⁷⁾。本研究で顎間ゴム装着前、顎間ゴム撤去後0日目、1日目、4日目、7日目、11日目、14日目、18日目、21日目および25日目のいずれにおいても、モルモットの臼磨運動の特徴である大きく8の字様を描くパターンに著しい変化は認められなかった。また、実験期間を通してTCLに変化が認められなかったことと合わせて考えると、咬合高径が変化しても基本的な顎運動パターンの形成に変化が認められなかったことが示唆された。

大脳皮質を刺激して誘発された咀嚼様の顎運動パターンを調べた実験では、臼歯を削合して咬合高径を低下させると、最大開口位や開口路に変化は認められず咬合相での運動経路が変化することが明らかにされている⁷⁾。本研究からも最大開口位がほぼ維持されているとの結果が得られ、開口量が大きくなることが示され、同様の結果であった。つまり、大脳皮質刺激により賦活されたパターンジェネレータで形成された顎運動と同様に、本研究における自然咀嚼時にも同様のパターンジェネレータが賦活されて出現した顎運動であると考えられる。パターンジェネレータにより形成される顎運動では、どのようにして最大開口位が維持されるかについては不明である。しかし、大脳皮質誘発性の咀嚼様顎運動中に、上下臼歯間に試料を挿入して、閉口筋活動の変化を調べた研究で、顎二腹筋活動に著しい変化が認められないことが示されており、閉口筋が末梢の変化を受けにくいことが示されている¹⁸⁻²⁰⁾。同様の研究にお

いて、顎、舌、舌骨に付着する筋の活動を記録した研究では、開口時に活動する開口筋群と閉口時に活動する閉口筋群に分類すると、末梢の変化により影響を受けやすいのは、閉口筋群であり、開口筋群は末梢での変化の影響を受けにくいことを示している²¹⁾。これらの結果はパターンジェネレータで形成される顎運動では、開口運動は一定としながら、末梢の変化には閉口運動あるいは咬合時の運動を変化させて対応する機構があることを伺わせる。Kanayamaら³⁾の報告により、咬合高径挙上モデル動物における自然咀嚼中の顎運動では、咬合高径が挙上している間にはTCLに変化は認められなかったが、開口量は減少し、最大開口位は変化しないことが認められている。さらに、Kanayamaら⁴⁾は咬合高径挙上モデル動物の自然咀嚼中の咀嚼筋活動を調べ、咬合高径が挙上している間には、咬筋ならびに顎二腹筋の活動が上昇することを明らかにしている。このように自然咀嚼中には、基本的な顎運動パターンの形成に変化が認められないとともに、顎二腹筋活動というよりは最大開口位を維持することを最終目的とするような顎運動制御の存在が示唆されている。これらの結果は咬合高径を低下した本研究において顎間ゴム撤去後すべての測定日で最大開口位が大きな変化を起こさないように、開口量が大きくなるという結果と、最大開口位が維持されるという点で一致するものである。本研究では咀嚼筋活動を記録していないので筋活動の変化は不明であるが、Kanayamaら³⁾の考察と同様に咬合高径が低下しても、最大開口位を維持するような咀嚼運動が形成されていると推察される。

咬合高径の変化はパターンジェネレータに大きな変化を認めずに、咀嚼運動の中枢プログラムは最大開口位を一定にするという機構が働くと考えられる。生来の咬合高径と強い関係があることが示唆されている^{3・4)}。本研究では、咬合高径を低下させると、咬合高径低下時の咀嚼中の顎運動は、最大開口位が変化しないように、開口量を大きくして調節されていると考えられる。

4. 臨床への応用

本研究結果から、咬合高径が低下しても、その異常を調整するようなメカニズムが認められないことが示された。このことは歯科臨床におけるさまざまな点にも関

連する結果と考えられる。まず、矯正治療等で咬合高径が低下しても、その後戻りは少ないという報告²²⁾に一致する。その他、歯科臨床で経験上知られている事実である、歯周病等が原因で前歯の唇側傾斜が生じ、自然に咬合高径が低下した場合も患者自身がそのことを意識しないということ、さらには、咬合治療で咬合高径を低下させても、そのことは患者の意識にのぼりにくいということに一致する。しかし、咀嚼運動の調節機構を考えると、最大開口位を一定にするような機構がヒトでも働いている可能性があることから、咬合高径が低下した場合には、負担のかかる筋活動等が出現していると考えられる。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える。

結 論

顎間ゴムを利用して咬合高径低下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. 咬合高径低下時の咀嚼中の顎運動は、最大開口位が変化しないように調節される。
3. 咬合高径を低下した場合、咀嚼運動パターンの中枢プログラムは変化せず、咀嚼への影響は少なかった。

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硬組織疾患制御再建学講座山田一尋教授に謹んで深甚なる感謝の意を表します。さらに研究上有益な御指導、御教示を頂きました硬組織疾患制御再建学講座増田裕次教授に心から厚く御礼申し上げます。また本研究に際し、御協力を頂きました皆様、ならびに松本歯科大学歯科矯正学講座の皆様に重ねて厚く御礼申し上げます。

文献

- 1) 森本俊文 (2004) 咬合高径の生理的意義 松本歯学 30:117-28
- 2) Christensen J (1970) Effect of occlusion-raising procedures on the chewing system. Dent Practit, 20:233-7
- 3) Kanayama H, Masuda Y, Adachi T, Arai Y, Kato T and Morimoto T (2010) Temporal alteration of chewing jaw movements after areversible bite-raising in guinea pigs. Arch Oral Biol. 55:89-94
- 4) 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. 56:793-98.
- 5) 林都志夫 (1993) 全部床義歯補綴学第 3 版 166.
- 6) Monson GS (1921) Impaired function as a result of closed bite. JNDA 8:833-9.
- 7) Morimoto T, Nakamura O, Masuda Y, Yoshikawa K, Maruyama T and Takada K (1995) Effects of reducing the tooth height on jaw-closing muscle activity, bite force and muscle spindle discharges during mastication in the rabbit. In Alpha and gamma motor systems, Taylor A, Gladden MH and Durbaba R (eds.), 409-11, Plenum, New York and London.
- 8) Imai H, Sakamoto I, Yoda T and Yamashita Y (2001) A model for internal derangement and osteoarthritis of the temporomandibular joint with experimental traction of the mandibular ramus in rabbit. Oral Dis. 7:185-191.
- 9) Chen Z, Kurita H, Kurashina K, Hosoya A, Arai Y and Nakamura H (2010) Temporomandibular joint response to mandibular deviation in rabbits detected by 3D micro-CT imaging. Arch Oral Biol. 55:929-937.
- 10) Bernick S (1966) Vascular and nerve supply to the molar teeth

of guinea pigs. J Dent Res. 45:249-60.

11) 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.

12) 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.

13) Byrd KE (1981) Mandibular movement and muscle activity during mastication in the guinea pig. J Morphol. 170:147-69.

14) 因 絵美子 (2012) 上下顎臼歯圧下による vertical control により骨格的開咬の改善を予知的に行った成人開咬症例. 九州矯歯誌 8:35-44.

15) 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.

16) 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.

17) Nakamura Y and Katakura N (1995) Generation of masticatory rhythm in the brainstem. Neurosci Res. 23:1-19.

18) Morimoto T, Inoue T, Masuda Y and Nagashima T (1989) Sensory components facilitating jaw-closing muscle activities in the rabbit. Exp. Brain Res. 76: 424-440.

19) Hidaka O, Morimoto T, Masuda Y, Kato T, Matsuo R and Inoue T (1997) Regulation of masticatory force during cortically induced rhythmic jaw movements in the anesthetized rabbit. J Neurophysiol 77:3168-79.

20) Komuro A, Masuda Y, Iwata K, Kobayashi M, Kato T and Hidaka O (2001) Influence of food thickness and hardness on

possible feed-forward control of the masseteric muscle activity in the anesthetized rabbit. *Neurosci Res* 39:21–9.

21) Liu ZJ, Masuda Y, Inoue T, Fuchihata H, Sumida A, Takada K and Morimoto T (1993) Coordination of cortically induced rhythmic jaw and tongue movements in the rabbit. *J Neurophysiol.* 69:569-84.

22) Reitan K (1969) Biomechanical Principles and Reactions, in Graber TM and Adams PE (eds.) *Current Orthodontic Concepts and Techniques*, 111-225, Saunders, Philadelphia.

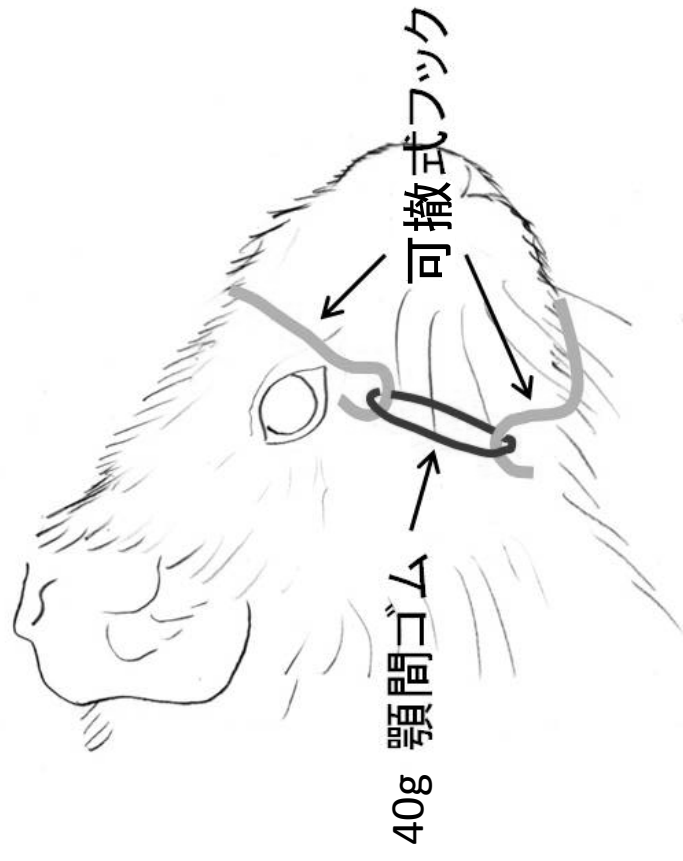


図1：顎間ゴム装着中の模式図

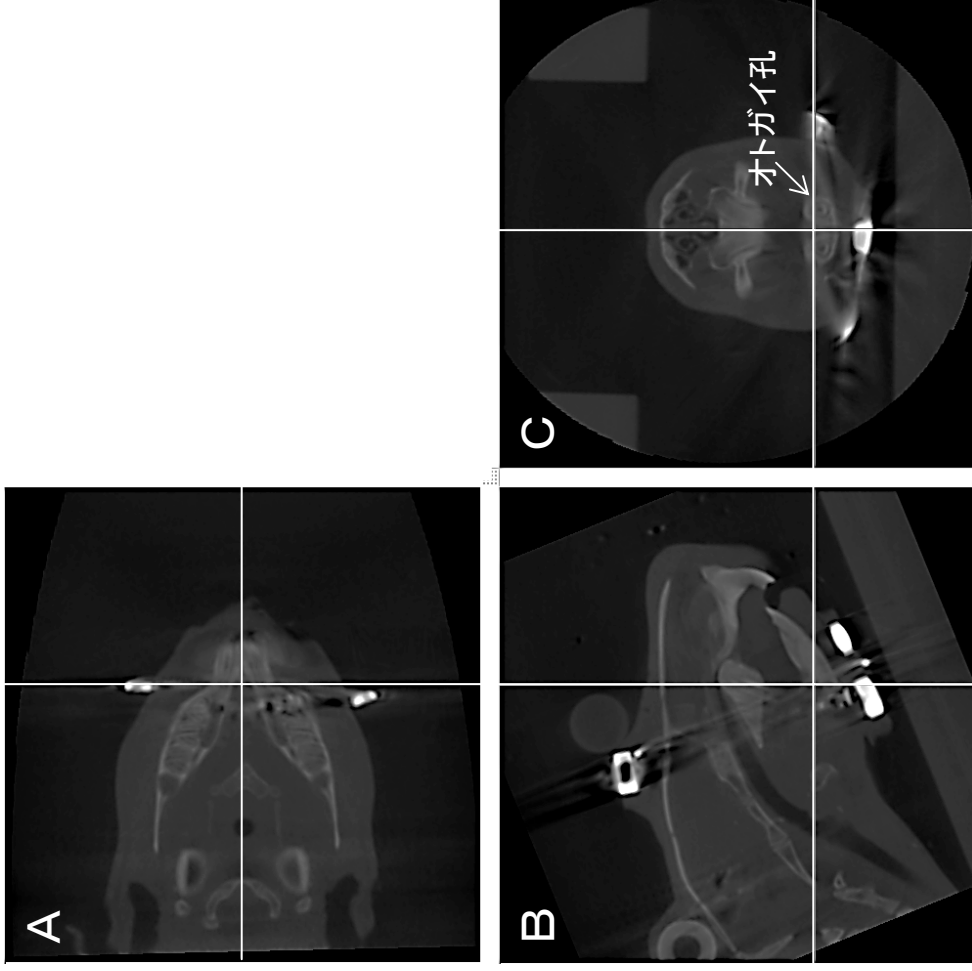


図2:咬合高径測定のためのCT画像
A:水平断像, B:正中矢状断像, C:前頭断像

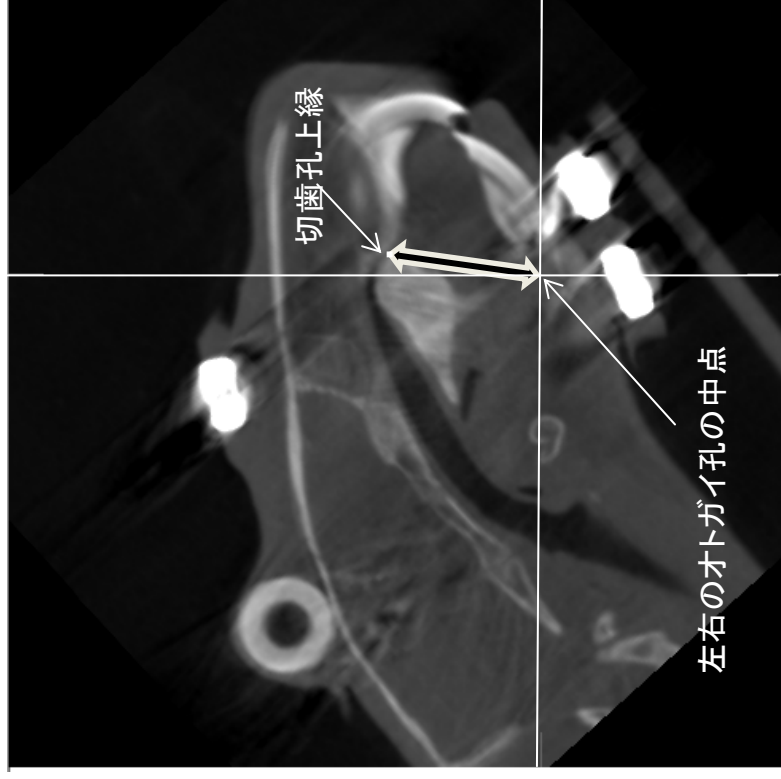


図3：CT画像（正中矢状断像）において
測定した咬合高径
両矢印の長さを咬合高径とした

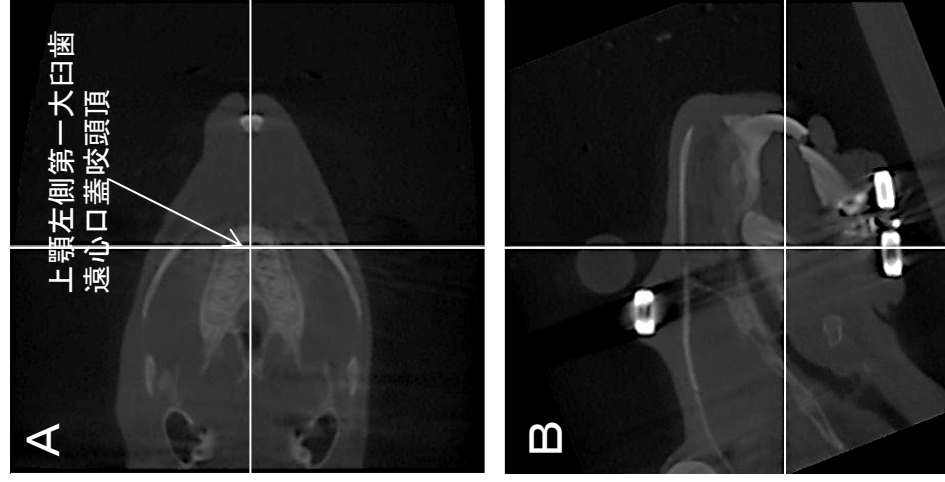


図4: 歯の長さ測定のためのCT画像
 A: 水平断像, B: 正中矢状断像, C: 前頭断像

A

上顎左側第一大臼歯
遠心歯根最下点

上顎左側第一大臼歯
遠心口蓋咬頭頂

B

上顎左側第一大臼歯
遠心口蓋咬頭頂

上顎左側第一大臼歯
遠心歯根最下点

図5:CT画像(前頭断像)において測定した歯の長さ
両矢印の長さを上顎(A)および下顎(B)第一大臼歯の長さとした

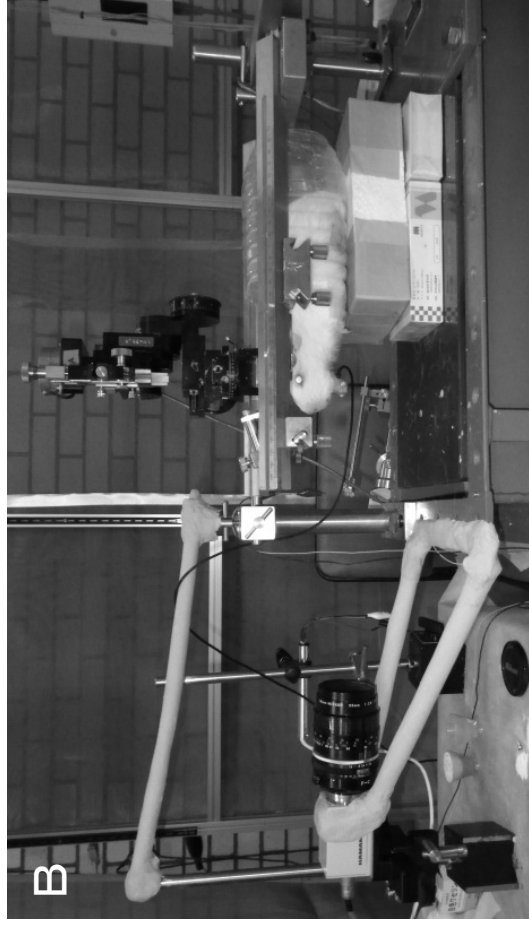
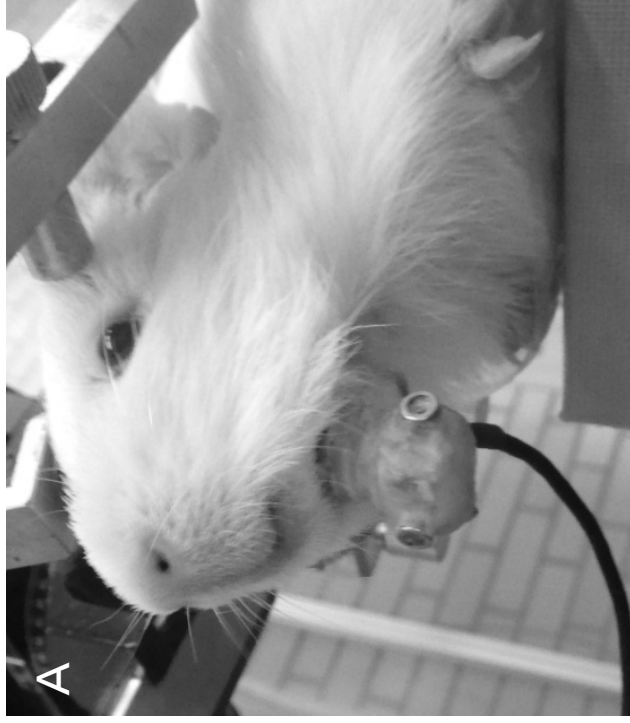
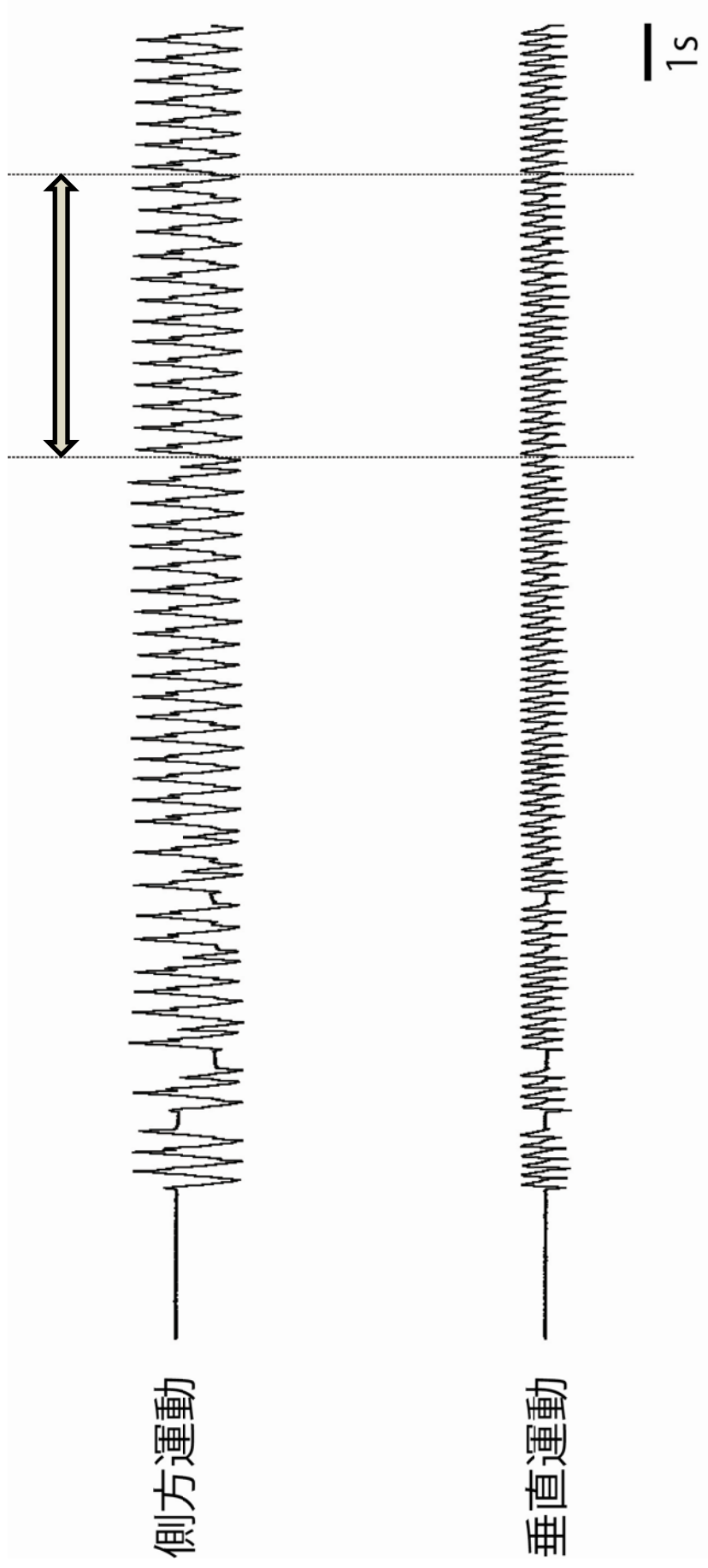


図6：顎運動記録時の実験
 A：下顎にLEDを装着した状態
 B：脳定位固定装置に装着した動物とCCDカメラ

図7：自然咀嚼中の顎運動（側方成分と垂直成分）
両矢印で示した期間を分析対象とした



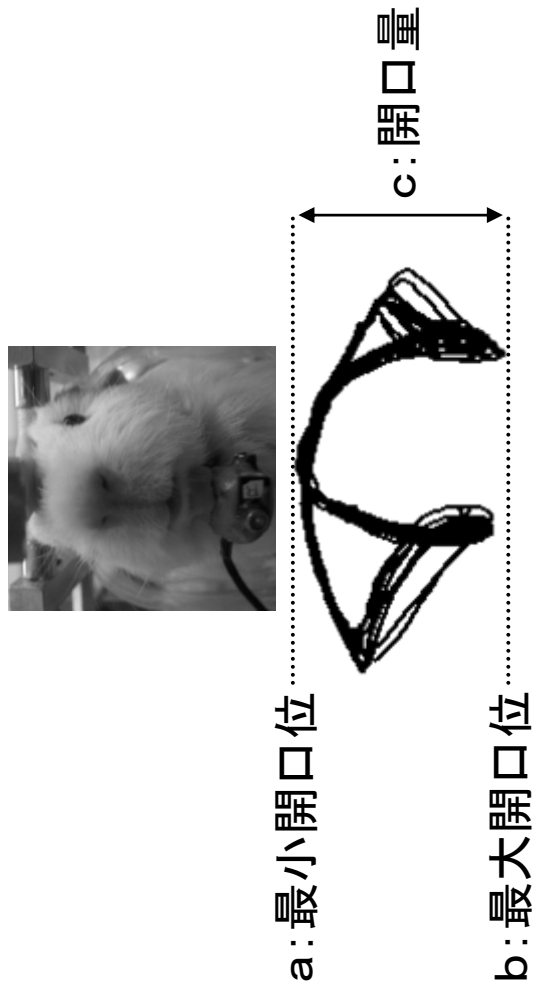


図8:記録した前頭面における顎運動の軌跡
a, b, cは分析項目を示す.

図9:咬合高径の変化
 顎間ゴム装着前を100%とした相対値で表す.
 図中矢印は顎間ゴム撤去時点を示す.

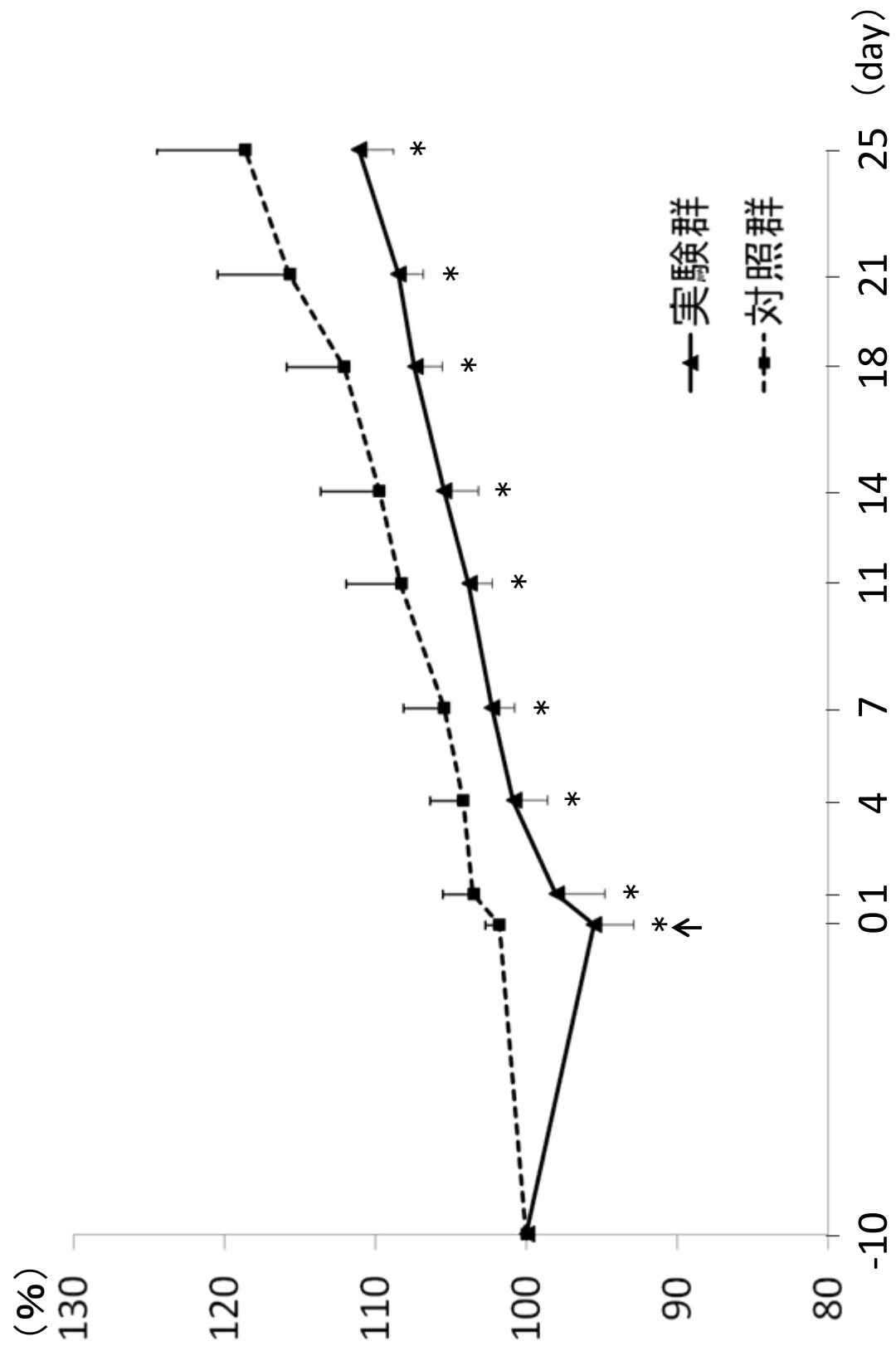


図10: 顎間ゴム装着
前と顎間ゴム撤去時
における歯ののび
A: 上顎第一大臼歯,
B: 下顎第一大臼歯
*: $p < 0.05$, U test

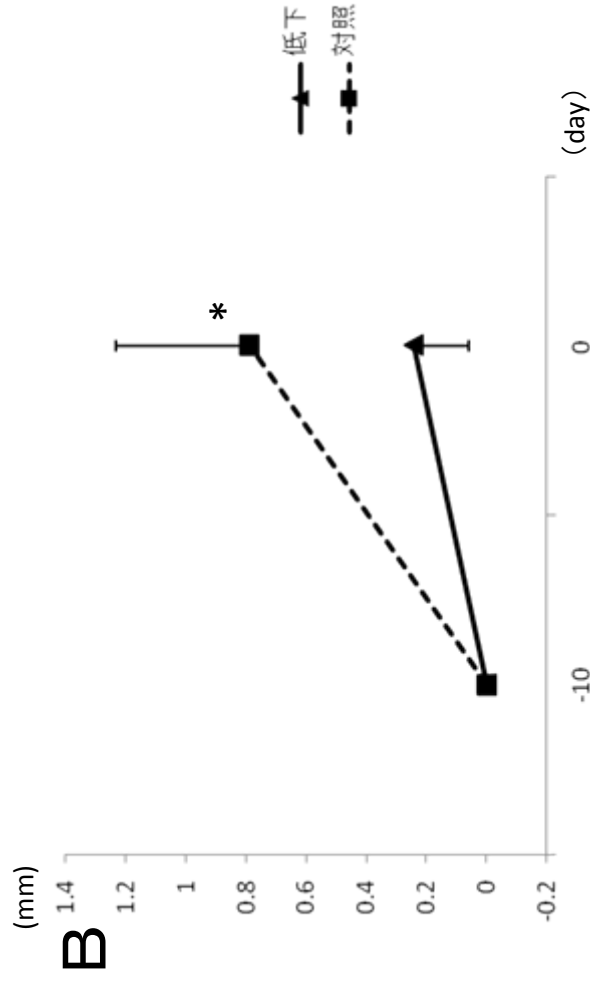
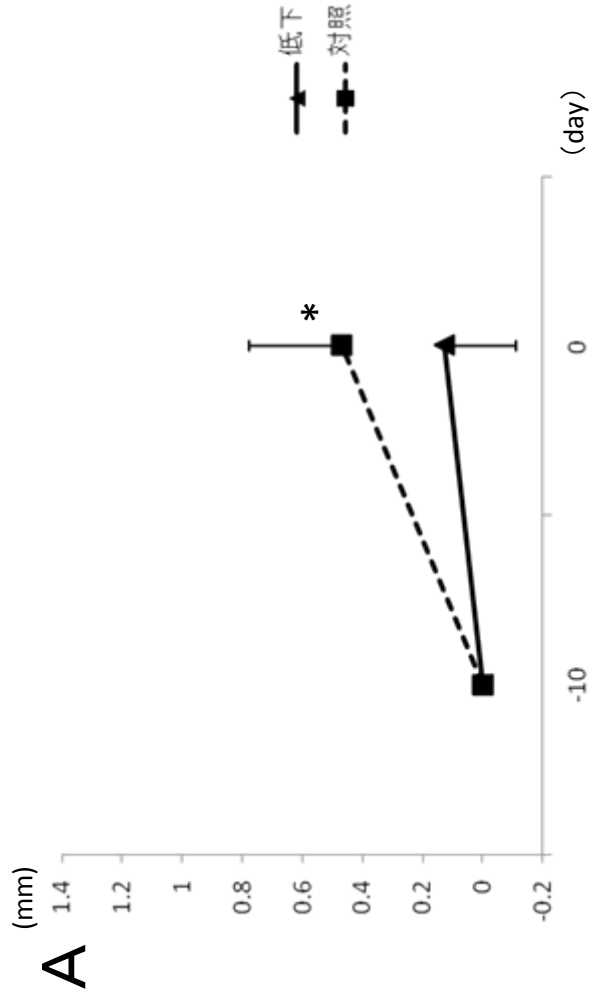


図11:咬合高径低下時の前頭面における顎運動の軌跡の経日的変化の一例
 水平点線は顎間ゴム装着前の最小開口位を示す

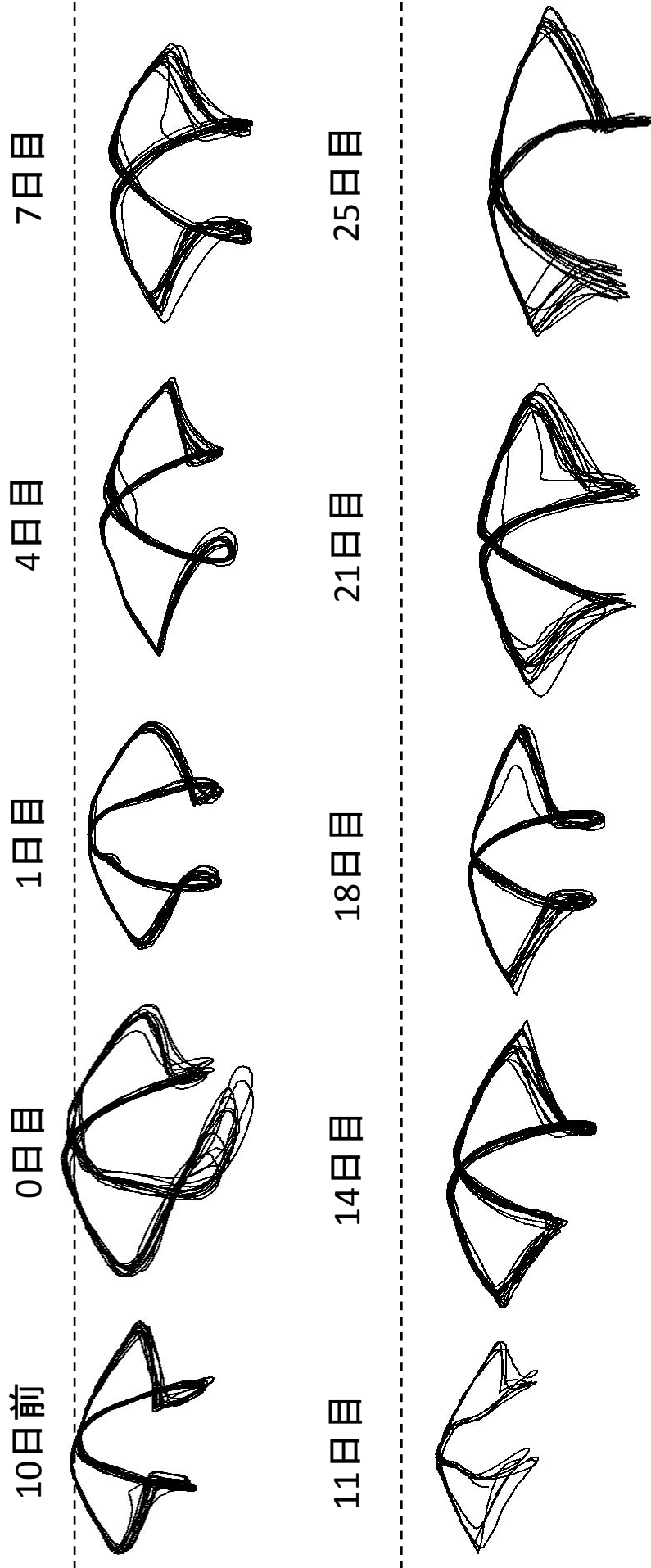
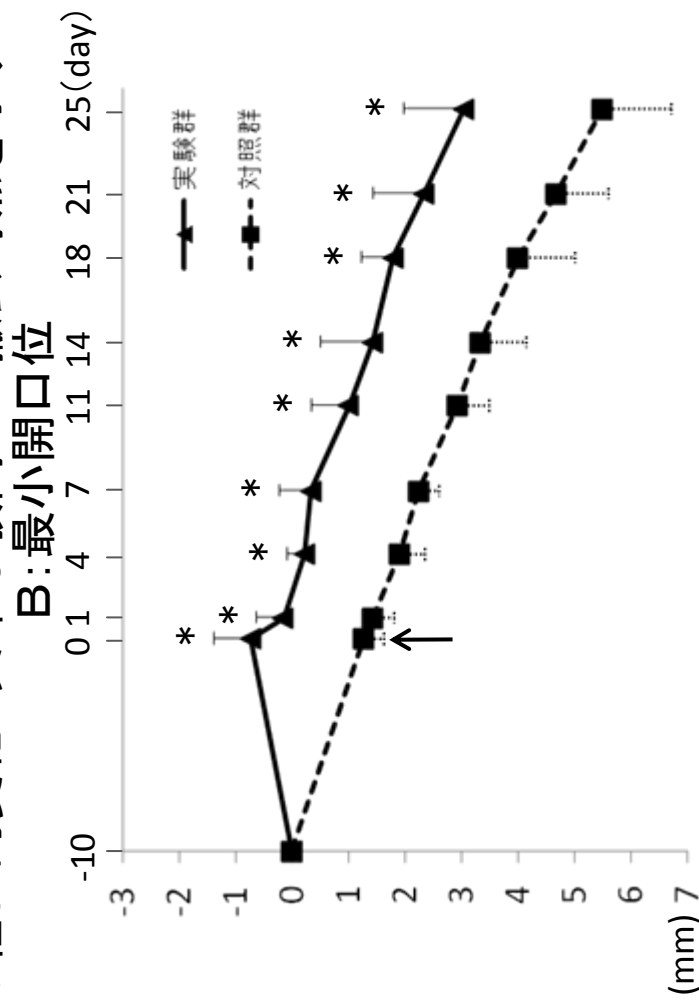
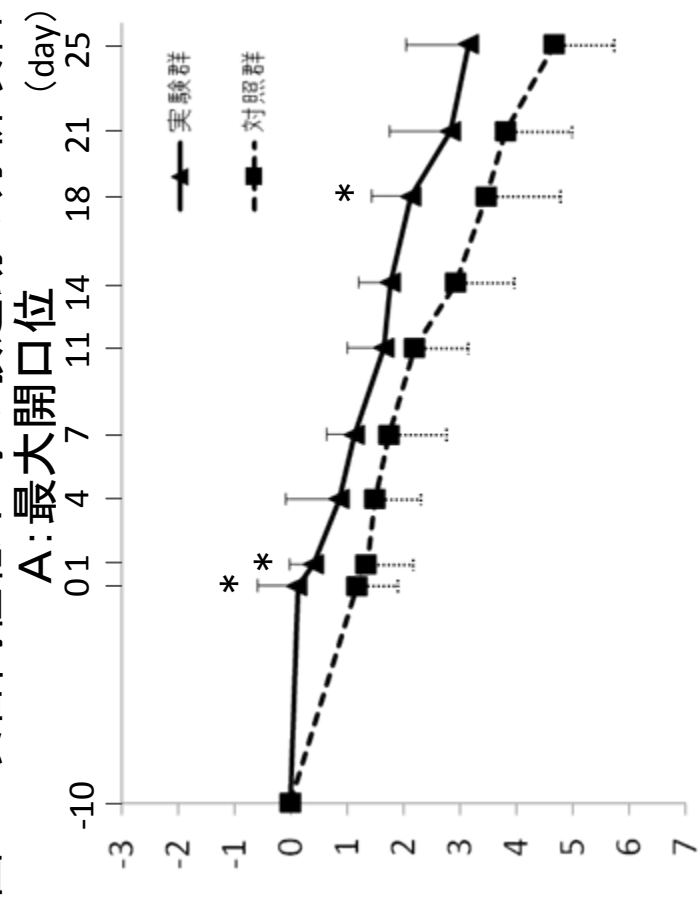
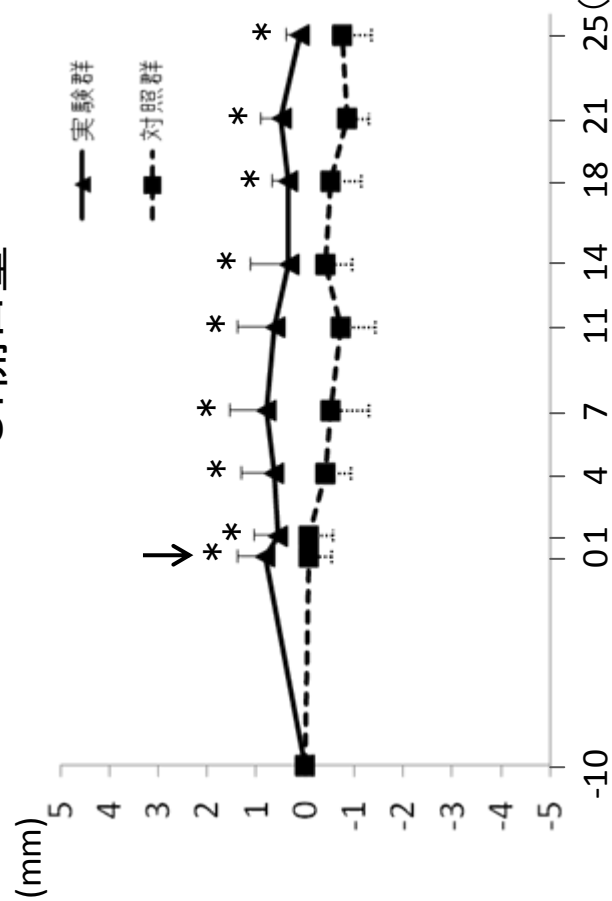


図12:咬合高径低下時の顎運動の分析項目の経日的変化. 矢印は顎間ゴム撤去時点を示す.

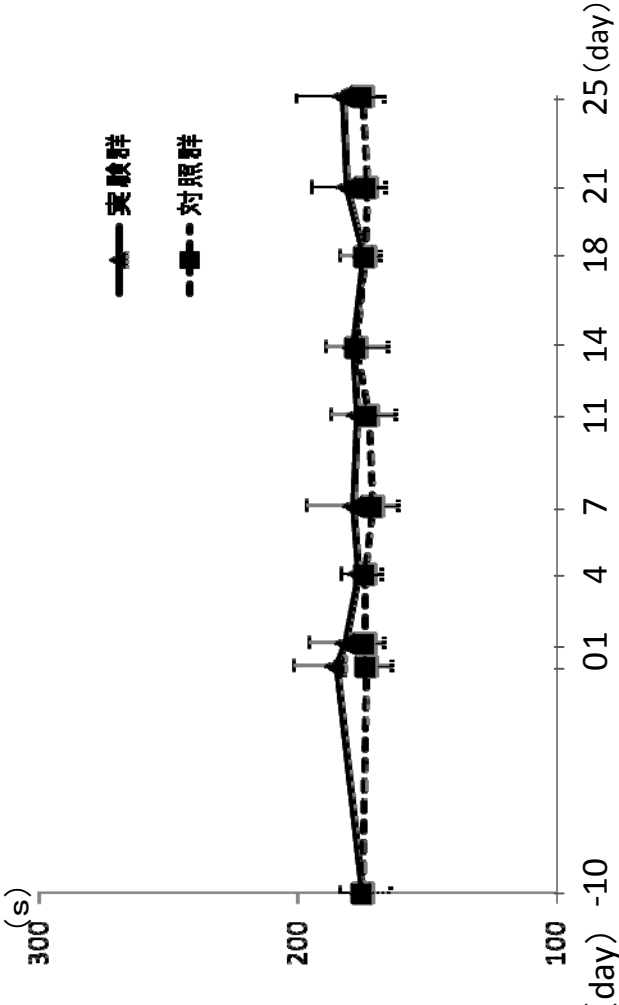


*: $p < 0.05$, U test

C: 開口量



D: TCL



図の説明

図 1

顎間ゴム装着中の模式図

図 2

咬合高径測定のための CT 画像

A:水平断像, B:正中矢状断像, C:前頭断像

図 3

CT 画像 (正中矢状断像) において測定した咬合高径
両矢印の長さを咬合高径とした

図 4

歯の長さ測定のための CT 画像

A:水平断像, B:正中矢状断像, C:前頭断像

図 5

CT 画像 (前頭断像) において測定した歯の長さ
両矢印の長さを上顎 (A) および下顎 (B) 第一大臼歯の長さとした

図 6

顎運動記録時の実験

A:下顎に LED を装着した状態

B:脳定位固定装置に装着した動物と CCD カメラ

図 7

自然咀嚼中の顎運動 (側方成分と垂直成分)

両矢印で示した期間を分析対象とした

図 8

記録した前頭面における顎運動の軌跡

a, b, cは分析項目を示す.

図 9

咬合高径の変化

顎間ゴム装着前を 100%とした相対値で表す.

図中矢印は顎間ゴム撤去時点を示す.

図 10

顎間ゴム装着前と顎間ゴム撤去時における歯ののび

A:上顎第一大臼歯, B:下顎第一大臼歯

*: $p < 0.05$, U test

図 11

咬合高径低下時の前頭面における顎運動の軌跡の経日的変化

水平点線は顎間ゴム装着前の最小開口位を示す

図 12

咬合高径低下時の顎運動の分析項目の経日的変化

A:最大開口位, B:最小開口位, C:開口量, D:TCL

図中矢印は顎間ゴム撤去時点を示す. *: $p < 0.05$, U test