

機関番号：33902

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20791599

研究課題名（和文） 咬合高径減少時のウサギ下顎頭および関節円板の協調運動動態

研究課題名（英文） Coordinated movements of the mandibular condyle and the articular disk in decreased occlusal vertical dimension in rabbit.

研究代表者

森田 匠 (MORITA TAKUMI)

愛知学院大学・歯学部・講師

研究者番号：60367612

研究成果の概要（和文）：咬合高径を減少させた時の顎運動と筋電図活動の記録を行い、咬合の変化と下顎頭の運動の関係について検討を行った。臼歯部削除の影響を調べる前段階の実験として、関節結節を削除し下顎頭の関節結節方向への応力を運動として可視化する実験を行った。その結果、関節結節の削除を行い、削除側が作業側となる場合、咬合相となる時には前方に大きく突出する運動の変化が生じた。また、開口相のように明らかに閉口筋の活動が生じていない区間も含めて全体的に運動経路が前上方にシフトした。これは咀嚼筋の静止張力や周囲の皮膚の弾性等により関節結節は咬合力が発生していないときでも少なくない応力を受けていることを示している。さらに結節を削除した側の臼歯を削合した場合、臼歯削除前よりも運動経路が前方にシフトしたり、作業側咬合相でさらに大きな前方突出が見られるなどの関節結節への応力の増加を示唆する結果が得られた。

顎関節症の発症原因は、咬合異常、筋緊張、生活習慣、ストレスなどの多因子によると考えられている。しかし、顎関節に明らかな形態異常や円板の位置異常を引き起こすには、顎関節部への異常な負荷や異常な運動が不可欠であると考えられる。

本研究の結果は、円板の位置異常を引き起こすために必要かつ重要な要件を満たしているものであり、今後、関節円板前方転位の発生メカニズムを解明していく上で極めて重要な結果であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In decreased occlusal vertical dimension, jaw movement and electromyogram activity were recorded. And we studied the relation between movements of the mandibular condyle and alteration of occlusion. The experiment which after cut the articular tubercle visualizes stress as mandibular condyle movement in the articular tubercle direction was conducted as preliminary step for investigate influence of cut the molar region. In tubercle cutting side was working side case, modification in the movement caused as project forward in occlusal phase. Additionally, trajectory of motion shifted in an anterosuperior direction in the period when activity of the jaw closing muscle does not occur as opening phase. This shows that articular tubercle received stress by resting tension of jaw closing muscle and elastic force of skin. Moreover when cut the molar region on the ipsilateral side, project forward movement in occlusal phase and trajectory of motion forward shift increased. This suggest that stress for articular tubercle increased.

Pathogenesis of temporomandibular disorder is considered multifactor, for example, occlusal abnormality, increase in muscle tone, lifestyle habit, mental stress. However, abnormal stress loading and abnormal jaw movement are essential for morphological defect of temporomandibular joint and abnormal position of articular disk.

This studies are expected to play an important role in revealing the pathogenesis of anterior dislocation of articular disk.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：矯正・小児歯科学

キーワード：顎関節症、下顎頭、関節円板、咬合高径、顎運動、ウサギ

1. 研究開始当初の背景

顎関節症患者において、明らかな咬合高径の減少がみられる症例がしばしば報告されている。これは、咬合高径の減少が顎関節症を引き起こす要因の一つとなる可能性を示唆するものである。しかし、咬合高径の減少が咀嚼筋活動や、関節結節、関節円板、下顎頭の三者の協調関係にどのような影響を与えているかという点について詳細な基礎研究による解明はされていない。

我々はこれまで顎関節症における関節円板の前方転位を、下顎頭に対する相対的位置異常ととらえる考え方を提唱してきた。即ち、円板は開口時に前方に運動するが、前方により大きく動く下顎頭の上を滑走しており、下顎頭に対する相対的な位置はむしろ後方に移動している。逆に閉口時には円板は下顎頭に対し相対的に前方位をとることになる。この円板の下顎頭に対する相対的運動が最大となるのは開閉口運動で下顎頭が回転運動をしている時で、閉口運動時に過度な回転運動が生じないようにしているのは、臼歯のパーティカルストップである。しかし、咬合高径が減少した場合、臼歯のパーティカルストップが効かないため、下顎骨は咬合時に十分な咬合高径があるときよりも過度な回転を起こす。その結果、円板の下顎頭に対する相対的位置は、通常の咬合時よりもさらに前方に移動すると考えられる。このような過度な回転による円板の下顎頭に対する相対位置の前方移動は、後方肥厚部を強く圧迫することとなり、長期間そのような状態が続くことは、関節円板前方転位を引き起こす原因となる可能性が考えられる。これまでの我々の研究で、ウレタン麻酔下のウサギ大脳皮質咀嚼野電気刺激により誘発された咀嚼様運動時の下顎頭運動と咬筋及び外側翼突筋の筋電図活動との関係について分析を行ったところ、人工的な片側咬合拳上が下顎頭の運動や咀嚼筋の筋電図活動に特有の変化が認めら

れた。これは、咬合接触が変化することで、歯根膜や筋紡錘からの感覚入力による制御を受けて、咬筋や外側翼突筋活動が変調した結果、下顎頭の運動にも影響が及んだと考えられる。従って、咬合高径の減少はパーティカルストップが効かなくなるという顎関節に対する機械的な影響のみならず、筋紡錘や歯根膜からの感覚入力による制御系にも何らかの影響を及ぼす可能性が高いと考えられる。

2. 研究の目的

上述のような理由から咬合高径の減少は、下顎頭の運動や筋活動などの顎機能に少なからぬ影響を与えると考えられる。そこで、本研究は、咬合高径を低くする前後で、咀嚼筋（咬筋、外側翼突筋、顎二腹筋）の筋電図活動と顎運動（切歯点、下顎頭および関節円板）がどのように変化するか、また、咀嚼筋活動の変化には、感覚入力からの制御系がどのように関与しているのかを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 大脳皮質咀嚼野電気刺激による咀嚼様下顎運動の誘発

ウサギの頭部を脳定位固定装置に固定し（図1A）、大脳皮質咀嚼野電気刺激の為に、左右の皮質を露出させ、刺激電極をマイクロマンipュレーターにて刺入し、電気刺激で咀嚼様運動を誘発した。

(2) 咀嚼筋活動の記録

咬筋、および顎二腹筋はワイヤー電極を縫合する。外側翼突筋は、ワイヤー電極から間欠的電気刺激を行いながら、刺激により誘発される下顎頭の前下方への移動量が最大となる位置に眼窩より電極を刺入した。

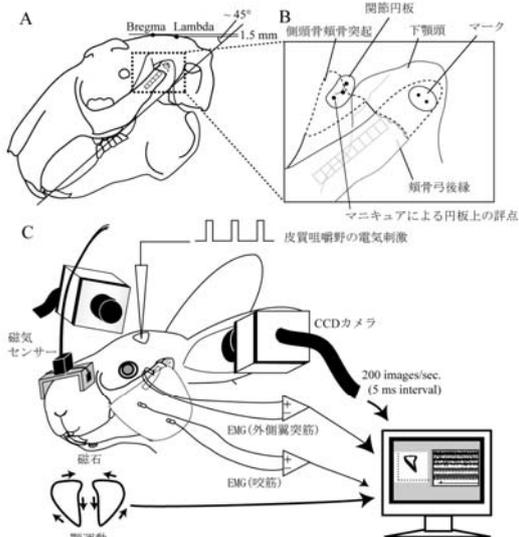


図1 実験状況

A: 脳定位固定装置に固定したときの頭部。頭部は Lambdaが Bregma よりも1.5 mm低くなる位置で固定した。
 B: 下顎頭の運動を追尾する標点として、下顎頭後方に知るマークを貼り付けた。下顎頭の運動の距離の較正と、複数の下顎頭のビデオ画像の重ね合わせのための基準として、頬骨弓にメジャーを設置した。
 C: 皮質咀嚼野連続電気刺激により誘発された咀嚼様下顎運動中の下顎運動並びに下顎頭の運動を同時記録した。下顎運動は、下顎骨オトガイ部に取り付けた磁石の動きを鼻骨に設置した磁気センサーを用いて計測した。両側下顎頭の運動は高速CCDカメラにてビデオ画像記録した。

(3) 下顎切歯点、下顎頭および関節円板の運動記録

切歯点の運動記録は、オトガイ部に磁石を、鼻骨に磁気センサーを取り付けて行った。下顎頭および関節円板は、顎関節を覆う皮膚を切開し、左側下顎頭の一部と関節円板の外側半分を露出させ、下顎頭には運動追尾の評点となるマークを貼付し、関節円板にはマニキュアで評点をつけた (図1 B)。マークと円板上の評点の咀嚼様運動時の動きを高速 CCD カメラにて撮影した (図1 C)。撮影した顎関節のビデオ画像は、1咀嚼サイクルを8ms 間隔でとりだし、下顎骨の外形や評点のトレースを行った。この5ms ごとのトレース画像を重ね合わせるによりできた軌跡から、下顎頭および関節円板の移動を、+印の線分の角度の変化から下顎頭の回転を分析した。

(4) 咬合高径の減少

咬合高径は、歯科用ハンドピースを用いてウサギの両側臼歯を削合することで行った。

(5) データ分析

本研究では、筋電図、切歯点の運動軌跡などのアナログデータと下顎頭の運動画像記録の間で時間的同期をかけて解析する必要がある。そこで、CCD カメラの駆動に用いたトリガー信号を筋電図や切歯点の運動軌跡と同時にコンピュータに取り込み、これを時間的基準として、アナログデータとビデオ画像記録の同期を行った。これを基に筋電図、切歯点運動記録と対応したビデオ画像の抽

出や再生を行った。これらのデータ処理は、全て計測制御汎用ソフト (LabVIEW ver. 7.1) をベースにした自作ソフトを用いて行った。

4. 研究成果

(1) 正常な下顎頭および関節円板の運動

ウサギ大脳皮質咀嚼野の電気刺激により大きなグラインド運動を行う咀嚼様運動が誘発される (図2 A)。この時、下顎頭に設置したマークの位置の運動軌跡は、作業側では閉口相で後上方、咬合相で前下方、閉口相で前方に、平衡側では閉口相で後下方、咬合相で後上方、閉口相で前下方へと動いた (図2 B)。

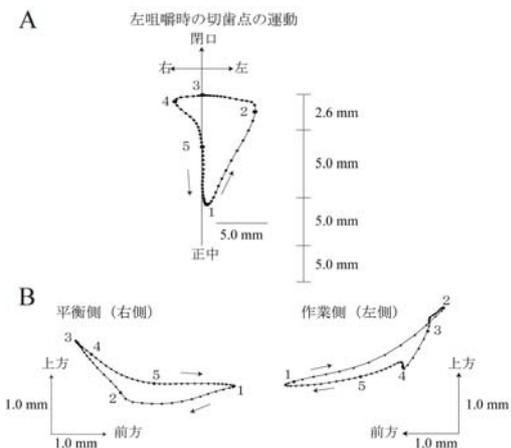


図2 左咀嚼時の切歯点および下顎頭の運動

A: 右側大脳皮質咀嚼野電気刺激で誘発された左側での咀嚼様運動時の切歯点運動の前頭面観。ビデオ画像は5ms間隔で撮影されていることから、点の間隔は運動速度の目安となる。
 B: 左咀嚼様運動の下顎運動の矢状面観。

1: 最大開口位, 2: 最外側方位, 3: 咬合相正中位, 4: 最内側方位, 5: 閉口相正中位

下顎頭の外形のトレースを、マークを基準に重ね合わせ、切歯点の運動軌跡上の5つの時点 (図2 A) をつないだ下顎頭前方部の運動軌跡は、非常に扁平な形で、関節結節に沿った前後運動となる (図3)。マークの位置と運動軌跡の形が大きく異なるのは、下顎頭の運動は下顎骨の前後運動と下顎頭と結節が円板を挟んで接する位置を軸とした回転運動の2つから構成されるが、下顎頭の後方へ行くほど、回転運動の影響が大きく出ると考えられた。

関節円板の運動は、下顎頭の運動の影響を強く受ける。特に下顎頭前方部は咬合相の正中位の時に関節円板中央部と対面している点であることから、この点と関節円板中央部の運動の対応をみた。両者の運動の対応関係を容易に把握するため、咬合相での正中位 (図2 3の時点) の時の両者の位置を座標軸の原点にとり、この位置からの変化を検討した。

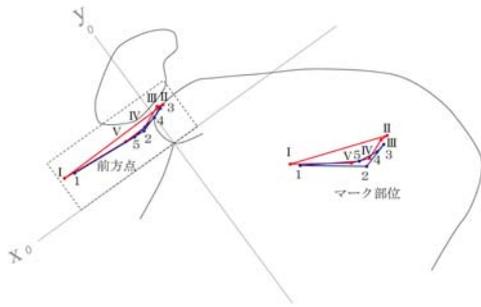


図3 下顎頭上の2つの解析点の運動経路
6羽から得られた下顎頭の位置の2次元座標数値の平均値に基づいた運動経路。赤線とローマ数字は作業側、青線とアラビア数字は平衡側を表す。I(1)～5(V)の数字は図2に示す5つの時点に対応する。

円板と下顎頭前方部の運動軌跡の形は概ね相似形であるものの、その運動範囲は大きく異なる(図4 A, B)。作業側の場合、下顎頭前方点は最大開口位において約4 mm 前方に移動するが、円板中央部は約1.6 mm 程度しか前方移動を示さず、下顎頭前方点の運動に対して円板は後方に取り残される様な運動が起こる。この現象は一部の区間(作業側の場合の咬合相のIIからIIIの区間)を除いて、作業側と平衡側に共通に認められた。

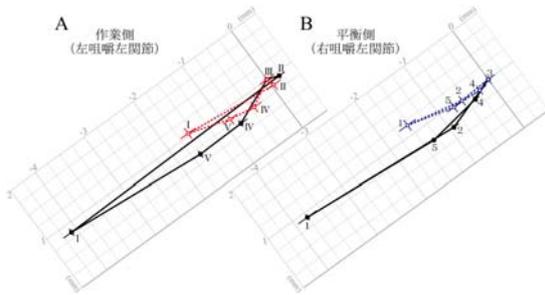


図4 円板の運動と下顎頭前方部の運動の対応
A: 作業側, B: 平衡側, 白丸, 点線は円板中央部, 黒丸, 実線は下顎頭前方部を示す。

(2) 関節結節削除による下顎頭運動を変化と咬筋活動の関係

以前の我々の研究から片側臼歯を咬合拳上すると、拳上側の下顎頭が咀嚼運動の咬合相で後下方、即ち関節結節から離れる方向に動くことが明らかとなっている。従って、片側臼歯の咬合を低下させてバーティカルストップがなくなった場合、低下させた側の下顎頭は関節結節方向に移動しようとするのが予想される。しかし、実際には下顎頭の関節結節方向への運動は関節結節によって止められてしまうため、運動という目に見える形で観察することができない。そこで、臼歯の咬合を低下させる前段階として関節結節を完全に削除し、正常な咬合状態のウサギで、咀嚼運動時に関節結節がどの程度の力を受けているのか確認する実験を行った。

左側関節結節の削除後、左咀嚼を誘発した場合、左側(作業側)下顎頭の運動経路は全体に前上方にシフトした。さらに、咬合相ではさらに前方へ大きく突出した(図5A)。

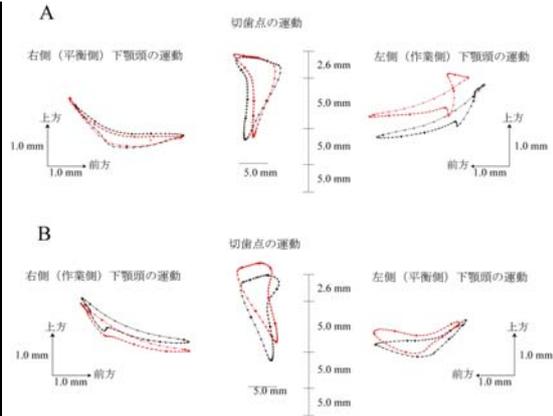


図5 関節結節削除前後の顎運動の変化

A 左咀嚼時の関節結節削除前後の顎運動の重ね合わせ。
B 右咀嚼時の関節結節削除前後の顎運動の重ね合わせ。
黒線は関節結節削除前、赤線は関節結節削除後の運動を示す。

この咬合相における前方への突出と左側咬筋の活動している区間を比較すると、突出していく区間は咬筋活動が特に大きくなる区間と一致していた。さらに咬合相での突出運動と咬筋との関係を裏付けるために左側咬筋に浸潤麻酔を行い、咬筋の活動を著しく減少させた。その結果、咬合相における下顎頭の前方突出運動は著しく減少するか消失した。しかし、開口相、閉口相、咬合相を通じた運動経路全体は、関節結節削除前の位置に戻ることはなかった。

左側下顎頭を削除後、右咀嚼を誘発した場合、左側(平衡側)下顎頭の運動経路は前上方にシフトした。しかし、運動軌跡の形そのものには大きな変化は認められなかった(図5B)。

関節結節を削除していない右側の下顎頭の運動は、作業側時、平衡側時とも削除前と比べ大きな変化はなかった(図5A, B)。

(3) 片側臼歯部削除による下顎頭運動の変化

左側関節結節を削除した状態から、さらに左側臼歯を削除する実験を行った。

臼歯を全て削除した場合、誘発される咀嚼様運動は大きなグライド運動を伴う力強い運動ではなく、弱々しいものになってしまうことが多い。これは作業側臼歯の咬合接触が全くなくなってしまったことにより、歯根膜からの感覚入力がなくなってしまうことにより咀嚼運動を抑制するような変調が生じたためと考えられる。そこで、前方2本の臼歯は削除せず、後方部の臼歯のみを完全に削除し、歯根膜への刺激が完全になくならないように配慮した。

この状態で左咀嚼を誘発した場合、左側(作業側)下顎頭は、関節結節のみを削った場合よりも、運動経路は前方へとシフトし、咬合相における前方突出運動はさらに増加した。右咀嚼を誘発した場合の左側(平衡側)下顎頭の運動経路は、全体に前方にシフトしたが運動軌跡の形には大きな変化は認めら

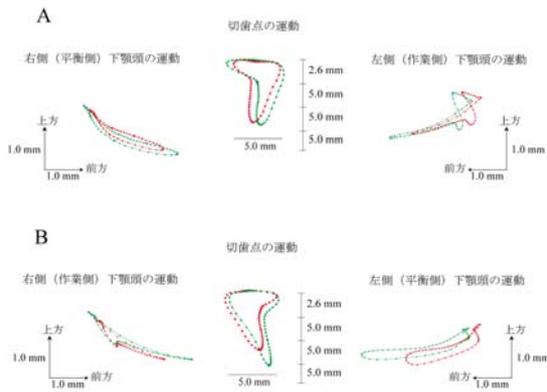


図6 関節結節削除に加え左側臼歯削除前後の顎運動の変化
 A 左咀嚼時の左側臼歯削除前後の顎運動の重ね合わせ。
 B 右咀嚼時の右側臼歯削除前後の顎運動の重ね合わせ。
 赤線は関節結節のみ削除、緑線は関節結節に加え、左側臼歯を削除した後の運動を示す。

れなかった。

臼歯部を削除していない右側の下顎頭の運動は、作業側時、平衡側時とも削除前と比べ大きな変化はなかった。

(4) 咬合高径の低下と関節円板前方転位の関連について

咀嚼運動時に咬合力を負担しているのは、左右の顎関節と作業側の臼歯部の3点である。臼歯部の欠損や咬合高径の低下はこの3点支持による下顎位の安定を大きく損なうものと考えられる。

関節結節の削除を行った場合、削除側が作業側となる場合、咬合相となる時には前方に大きく突出する運動の変化が生じた。これには今回の実験から咬筋の活動が大きく関与していることが明らかとなっており、この時点では特に大きな応力が関節結節にかかっている。さらに、開口相のように明らかに閉口筋の活動が生じていない区間も含めて全体的に運動経路が前上方にシフトした。これは咀嚼筋の静止張力や周囲の皮膚の弾性等により関節結節は咬合力が発生していないときでも少なくとも一定の応力を受けていることを示している。以上のように関節結節は常に下顎頭からの応力を受けていることが明らかである。この様な中で咬合力を支える点の一つである臼歯部咬合高径の低下は関節結節にかかる力を大きく増加させる。実際、我々の実験でも関節結節に加えて臼歯の削除を行った場合、臼歯削除前よりも運動経路が前方にシフトしたり、作業側咬合相でさらに大きな前方突出が見られるなどの関節結節への応力の増加を示唆する結果が得られた。

以上のような結果をふまえて、臼歯部の咬合高径の低下と関節円板の前方転位の関係について考えると、臼歯部咬合高径の減少は、円板を強く圧迫し、さらに関節結節に対しても通常より強い応力を発生させる。この様な過剰な応力が長期間にわたり継続した場合、下顎頭や関節結節の骨表面の骨吸収が生じ、

表面が粗造になることにより関節円板との間の摩擦係数も増加すると考えられる。加えて、臼歯部の咬合高径の減少による、下顎頭の過度の回転による下顎頭に対する円板の相対的な前方位、下顎頭と関節結節の間での、円板の強い圧迫といった現象は関節円板を絞り出すように前方へ押しやる様な効果を生み出すかもしれない。

(5) 本研究結果の意義と今後の展望

顎関節症の発症原因に関しては、咬合異常、筋緊張、生活習慣、ストレスなどの多因子によると考えられている。しかし、顎関節症Ⅲ型やⅣ型のように顎関節に明らかな形態異常や円板の位置異常を認めるような場合、顎関節部への異常な負荷や異常な運動が不可欠であると考えられる。

今回の我々の研究では、咬合高径の減少が顎関節に過剰な負担をかけることを明らかにした。また、我々の以前の研究では臼歯部の咬合干渉が咀嚼運動時に後下方への異常運動を引き起こすことも明らかとなっている。現在のところ実際に咬合の変化のみで円板の転位を誘発させることができたという事例は、症例、動物実験を含めて報告されていない。しかし、本研究の結果は、円板の位置異常を引き起こすために必要かつ重要な要件を満たしているものであり、今後、関節円板前方転位の発生メカニズムを解明していく上で極めて重要な結果と考えられる。

咬合の変化と関節円板の転位との関係を明らかにしていく上では、実際に動物実験において関節円板の転位が生じたモデルができることが重要である。そのために、今後の課題として、咬合接触部位と下顎頭運動の関係に関する検討やさらなる長期間の咬合変化を引き起こした場合の観察を行う必要があると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

- ① 森田 匠, 藤原琢也, 丸尾尚伸, 根来武史, 倉田周幸, 栗田賢一, 後藤滋巳, 平場勝成: 片側咬合挙上による作業側ウサギ下顎頭の異常運動と咬筋・外側翼突筋活動との関係. 日顎誌 20(2): 139-150, 2008. 査読有り
- ② Takumi Morita, Takuya Fujiwara, Takefumi Negoro, Chikayuki Kurata, Hisanobu Maruo, Kenichi Kurita, Shigemi Goto, Katsunari Hiraba: Movement of the mandibular condyle and activity of the masseter and lateral pterygoid muscles during masticatory-like jaw movements induced by electrical

stimulation of the cortical masticatory area of rabbits. Arch Oral Biol. 53(5): 462-477, 2008. 査読有り

〔学会発表〕(計9件)

- ① 伊東 優, 森田 匠, 松永知子, 丸尾尚伸, 栗田賢一, 平場勝成: 下顎頭運動における関節結節の機能的役割. 愛知学院大学歯学会第77回学術大会(名古屋) 2010. 12. 5
- ② 伊東 優, 森田 匠, 松永知子, 丸尾尚伸, 栗田賢一, 平場勝成: 関節結節削除前後のウサギ下顎頭運動の変化. 第52回歯科基礎医学会学術大会(船堀), 2010. 9. 20-22.
- ③ 伊東 優, 森田 匠, 丸尾尚伸, 松永知子, 栗田賢一, 後藤滋巳, 平場勝成: ウサギ咀嚼様運動における関節結節削除時の下顎頭運動への影響について. 愛知学院大学歯学会第75回学術大会(名古屋), 2009. 12. 6.
- ④ 丸尾尚伸, 森田 匠, 伊東 優, 松永知子, 栗田賢一, 後藤滋巳, 平場勝成: 片側咬合挙上時のウサギ下顎頭の異常運動と関節円板の運動軌跡. 第54回(社)日本口腔外科学会学術大会(札幌), 2009. 10. 9-11.
- ⑤ Takumi Morita, Hisanobu Maruo, Takuya Fujiwara, Takefumi Negoro, Kenichi Kurita, Shigemi Goto, Katsunari Hiraba: Disk movements during fictive mastication under bite-raised condition in rabbits. 第56回国際歯科研究学会日本部学術大会.(名古屋), 2008. 11. 29-30.
- ⑥ 丸尾尚伸, 森田 匠, 藤原琢也, 根来武史, 後藤滋巳, 栗田賢一, 平場勝成: ウサギ咀嚼様運動における片側咬合挙上時の下顎頭の異常運動と関節円板の高速ビデオ画像解析. 第41回日本顎口腔機能学会学術大会.(長崎), 2008. 11. 8.
- ⑦ 丸尾尚伸, 森田 匠, 藤原琢也, 根来武史, 後藤滋巳, 栗田賢一, 平場勝成: ウサギ咀嚼様運動中の片側咬合挙上による関節円板の異常運動の作業側と平衡側の比較. 第50回歯科基礎医学会学術大会(東京), 2008. 9. 23-25.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森田 匠 (MORITA TAKUMI)

愛知学院大学・歯学部・講師

研究者番号: 60367612