原 著

噛みしめと握力発揮特性の関連性

中 禮 宏

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 顎顔面顎部機能再建学系専攻 顎顔面機能修復学講座 顎顔面補綴学分野
(主任・指導：谷口 尚教授)

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 口腔機能再構築学系専攻 摂食機能回復学講座 摂食機能構築学分野
(指導：大山喬史教授)

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 環境社会医歯学系専攻 国際健康開発学講座 スポーツ医歯学分野
(指導：上野俊明助教授)

(2003 年 3 月 3 日 受付)

Relation between Teeth Clenching and Grip Force Production Characteristics

CHUREI Hiroshi

Maxillofacial Prosthetics, Department of Maxillofacial Reconstruction and Function,
Division of Maxillofacial/Neck Reconstruction, Graduate School,

Tokyo Medical and Dental University

(Chief and Director : Prof. TANIGUCHI Hisashi)

Removable Prosthodontics, Department of Masticatory Function Rehabilitation,
Division of Oral Health Sciences, Graduate School,

Tokyo Medical and Dental University

(Director : Prof. OHYAMA Takashi)

Sports Medicine/Dentistry, Department of International Health Development,

Division of Public Health, Graduate School,

Tokyo Medical and Dental University

(Director : Assoc. Prof. UENO Toshiaki)

This study investigated the possible contributing effect of oral motor function on maximal and explosive grip force production characteristics. Fourteen healthy male subjects (age 22.5 ± 2.1 years) were asked to exert maximal explosive grip strength with their dominant hands under the following four conditions : 1. Teeth clenching before and during grip strength exertion (C-C), 2. Teeth clenching before grip strength exertion and mandibular resting position during grip strength exertion (C-R), 3. Mandibular resting position before grip strength exertion and teeth clenching during grip strength exertion (R-C), and 4. Mandibular resting position before and during grip strength exertion (R-R). Maximal force (maxF), average force for every 0.1 s (aveF), maximal rate of force development (maxRFD) and time required to reach 90% of maxF (T 90%max) were analyzed for 1 s from the onset of grip force production. MaxF under C-C and R-C were significantly greater than that under R-R by 12.1% and 12.3%, respectively. AveF under C-C was significantly greater by 10.0-41.2% than that under R-R for all ten periods. AveF under C-R was significantly larger by 9.8-19.0% than that under R-R conditions from 0 to 0.4 s. Compared with under R-R conditions, maxRFD under C-C and C-R increased by 15.8% and 8.5%, respectively, and T 90%max under C-C, C-R and R-C decreased by 22.3%, 12.3% and 12.8%, respectively. These findings suggest that oral motor functions such as teeth clenching may influence not only maximal grip strength generation but also the rapidity of grip force production.

I. 緒 言

脊髄運動ニューロンプールの興奮性の指標である Hoffman 反射(H 反射)を利用した神経生理学的研究¹⁻⁵⁾によって、咬合機能の発揮に伴う下位運動中枢の脊髄における運動ニューロン細胞群の興奮性の亢進現象が客観的に実証されて以来、運動力学的研究手法⁶⁻⁹⁾による咬合機能と身体運動機能の関連性に関する実際の検討が加えられてきている。

現在までに噛みしめにより等尺性(静的)四肢筋力の有意な向上が認められること、ならびに噛みしめ強度と等尺性四肢筋力増加率との間には正の相関が存在することが明らかにされている⁶⁻⁸⁾。その後、等速性(動的)膝伸展筋力に対する噛みしめの効果が Sumita ら⁹⁾によって検討され、低中速(角速度 30, 60 および 150°/s)で噛みしめによる有意な筋力増強効果が認められたものの、高速(角速度 300 および 450°/s)ではその向上効果が認められなかった。

こうした動的筋収縮による円滑な運動遂行には相反性神経支配(相反性 I a 抑制)機構が重要な役割を果たしているが、Takada ら³⁾は噛みしめに伴って拮抗関係にあるヒラメ筋と前脛骨筋間の相反性 I a 抑制回路が有意に減弱することを確認している。したがって、咬合発揮に伴い足関節の伸筋および屈筋は、外乱に対して元の筋長を保持する反射機能が向上し、足関節を一定の位置に強く保持すると解釈される。すなわち噛みしめは、円滑な運動遂行よりむしろ関節の固定を必要とする運動動作に有用であることが示唆される。

最大筋力と身体運動パフォーマンス、あるいは競技成績との密接な関連性を示唆する研究報告¹⁰⁻¹³⁾は数多く存在し、身体運動能力を考えると、力はないよりあるほうが良い。しかしその一方で、運動の種類やスポーツ競技種目によっては筋力の大小ばかりでなく、筋力発揮のタイミングやスピード、すなわち力発揮特性によっても大きく左右されることもまた知られた事実である¹⁴⁻¹⁶⁾。

ところが、前述の咬合機能と身体運動機能の相関に関する運動力学的研究⁶⁻⁹⁾ではもっぱら咬合機能併行時の四肢筋出力値の変化を検出してきたにすぎず、筋力の発揮様相の変化までを詳細解析したものはほとんどない¹⁷⁾。そこで、今回咬合機能と四肢筋力発揮特性の関連性を検索することを目的にして本研究を行った。

また最近、陽電子放射断層写真撮影装置 PET (positron emission tomography)¹⁸⁾や機能的核磁気共鳴画像法 fMRI (functional magnetic resonance imaging)^{19,20)}を用いたヒト脳機能の画像解析研究が活発化し

ているが、歯科領域でも下顎運動や咬合機能発揮時の脳賦活現象を同定する試みがなされている。さらに船越ら²¹⁾が随伴陰性電位(CNV)の検索から、ガム咀嚼に伴う脳活動賦活化がガム咀嚼中断後も数百 ms 程度残存する可能性を報告している。そこで、噛みしめによる四肢筋力向上効果が噛みしめ中止後であっても残存する可能性がありうるのではないかと考え、本研究を行うにあたり、咬合機能発揮のタイミングと身体運動機能の関連性についての検討も併せて行った。

II. 研究方法

1. 被験者

安定した咬頭嵌合位を有し、不正咬合、歯痛、口腔顔面領域の筋肉痛および顎関節痛がなく、上前腕部傷害の既往をもたない健康成人男子 14 名(平均 22.5±2.1 歳)を対象とした。あらかじめ各被験者には研究目的および方法に関する十分な説明を行い、同意を得たうえで実験を行った。

2. 握力測定

被験者に利き手での円筒形状握力センサ (SPR-6570, 酒井医療社製) 瞬発的把持動作を 2 秒間行わせた。各被験者の利き手は Oldfield²²⁾の方法にて検査した結果、全員右手であった。握力発揮動作中は直立姿勢を保持し、首・肘・膝を曲げず、右手の指は大腿の横に常に軽く触れる状態を保つように指示した。なお握力測定センサ把持部は、被験者の人差し指の第二関節がほぼ直角となるような高さにあらかじめ調整した。得られた握力信号は直流増幅器 (SPR-6500, 酒井医療社製) を介してデジタルデータレコーダ (PC 216 A, Sony Magnescale 社製) に収録した (図 1)。

3. 咬合条件

被験者には次の 4 パターンの咬合条件を課した。

- 1) 握力発揮前、握力発揮時ともに噛みしめ (C-C)
- 2) 握力発揮前に噛みしめ、握力発揮時に下顎安静位 (C-R)
- 3) 握力発揮前に下顎安静位、握力発揮時に噛みしめ (R-C)
- 4) 握力発揮前、握力発揮時ともに下顎安静位 (R-R)

各咬合条件の監視のために右側咬筋表面筋電図 (EMG) 活動を Ag-AgCl 皿電極(直径 10 mm, 日本光電社製)を用いて双極導出した。電極は咬筋筋腹中央で筋の走向に沿って極間距離 20 mm で貼付した。導出された EMG 信号は高感度増幅器 (AB-621 G, 日本光電社製) にて時定数 0.03 s, 高周波フィルタ 1 kHz で増幅し、オシロスコープ (CS-4025, Kenwood 社製) に掃引してモニタリングに使用し、握力信号と後述の視覚刺激信号とともにサンプリング周波数 1 kHz にてデジタルデータ

図1 ブロックダイアグラム

レコーダに記録した。

4. 実験手順

練習試技として R-R 下での最大下握力発揮を 3 回行わせた後、前述の 4 種咬合条件下で各 2 回ずつ計 8 回の試技を任意の順序で行わせた。各試技間には 3 分間の休息を設けた。すべての試技において言葉による激励や鼓舞は一切行わないようにした。

咬合条件および握力発揮のタイミングの合図には、変色視覚刺激(予告：白色円標識，握力発揮：赤色円標識)を用いた。すなわち被験者に試技開始直前に咬合条件を通知し、被験者の眼前 1 m に配置したモニタディスプレイを注視させながら待機させた。モニタディスプレイ上に白色円標識が出現した時点で指定の筋力発揮前咬合条件をとらせ、握力発揮の準備姿勢をとらせた。その後円標識の色が白から赤に変化すると同時に、指定した筋力発揮時咬合条件に合わせ、かつ最大努力で握力発揮を遂行するように指示した。なお白色円標識の出現までの時間(待機時間)は 10~30 s、白色円標識の出現時間(予告時間)は 0.9~1.5 s の間で、また赤色円標識の出現時間(筋力発揮時間)は 2.0~2.3 s の間でコンピュータにて無作為制御した。

5. データ解析

デジタルデータレコーダに記録したすべてのデータは A/D 変換器(Maclab/16 s, AD Instruments 社製, Australia)を介してパーソナルコンピュータに取り込み、Powerlab software (AD Instruments 社製, Australia)上にて解析を行った。図 2 に各咬合条件における試技の記録例を示す。

握力発現開始からの 1 秒間を分析対象とし、握力発現開始点は力-時間曲線の立ち上がりとした。評価値は最大握力(maximal force: maxF), 0.1 s ごとの区間平均握力(average force every 0.1 s: aveF)²³⁾, 0.001 s ごとの微分握力最大値(maximal rate of force development: maxRFD)^{24,25)}および 90%最大握力発現時間(time to 90% of maximal force: T 90%max)^{26,27)}である(図 3)。AveF は Häkkinen ら²³⁾の方法に準じて、力-時間曲線の 0.1 s ごとの積分値を 0.1 s で除した値とした。また maxRFD は Viitasalo ら^{24,25)}の方法に準じて算出した。すなわち力-時間曲線にて 0.001 秒間ごとの微分を行い、さらに連続 5 点(前後 0.0002 秒間ずつ 0.004 秒間)移動平均処理を行った。そのうちの最大値を maxRFD とし、その時刻を maxRFD 記録時刻とした。

MaxF, aveF, maxRFD および T 90%max の各評価値は被験者ごとに R-R 時の平均値を control としてほかの咬合条件時のデータを百分率で表示した。統計学的検定には Kruskal-Wallis test ($p < 0.05$) および多重比較法として Wilcoxon signed-ranks test adjusted with the Bonferroni's method ($p < 0.0083 = 0.05/4C_2$)を用いた。

III. 結 果

表 1 に結果を示す。表示データは被験者 14 名における平均値±標準偏差である。

1. MaxF

MaxF は C-C≡R-C>C-R≡R-R であった。すなわち R-R 時に比較して、C-C 時および R-C 時にそれぞれ

図2 4咬合条件における記録例

- 1: 視覚刺激信号 (白: 白色円標識, 予告, 赤: 赤色円標識, 握力発揮)
- 2: 右側咬筋 EMG 信号 (全波整流化処理後)
- 3: 握力信号

図3 力-時間曲線と握力-時間変数

12.1%および12.3%の有意な増加を示した ($p=0.0019$ および 0.0012) が, C-R 時には有意な増加は認められなかった ($p=0.5508$)。また C-R 時に比べても, C-C 時および R-C 時はそれぞれ 6.8%および 7.0%有意に大きかった (いずれも $p=0.0012$)。

2. AveF

C-C 時には握力発現から 1 s 後までの全解析区間で対 R-R 比 10.0~41.2%の有意な増加を示した ($p=0.0001\sim0.0052$)。また C-C 時の aveF は C-R 時に比べても全区間で 6.0~16.2%有意に大きかった ($p=0.0001\sim0.0026$)。さらに R-C 時と対比した場合, 握力発現から 0.4 s 後までは 2.6~30.5%有意に大きかった ($p=0.0012\sim0.0067$) が, それ以降では有意差は認められなかった ($p=0.0649\sim0.6985$)。

C-R 時には R-R 時に比較して, 握力発現から 0.4 秒後まで 9.8~19.0%の有意な増加を示した ($p=0.0001\sim0.0002$) が, 0.4 秒以降は有意な増加は認められなかった ($p=0.0271\sim0.8753$)。

R-C 時には R-R 時に比べて, 握力発現後 0.1 s 以降の

区間で 10.0~15.3%の有意な増大を示した ($p=0.0001\sim0.0010$)。また C-R 時と比較した場合, 0.4 s 以降 1 s までの区間において 5.8~10.6%の有意な増加が認められた ($p=0.0001\sim0.0072$)。

3. MaxRFD

R-R 時に比較して, C-C 時および C-R 時にそれぞれ 15.8%および 8.5%の有意な増加を示した ($p=0.0001$ および 0.0010)。また C-C 時の maxRFD は R-C 時に比べても有意に高値を記録した ($p=0.0067$)。

R-C 時の maxRFD は R-R 時とは有意差が認められなかった ($p=0.0279$)。なお各咬合条件における maxRFD 記録時刻は C-C 時が 0.061 ± 0.021 s, C-R 時が 0.066 ± 0.014 s, R-C 時が 0.071 ± 0.019 s, R-R 時が 0.069 ± 0.023 s であり, 咬合条件間に有意差は認められなかった。

4. T 90%max

T 90%max は $C-C < R-C \approx C-R < R-R$ であった。すなわち R-R 時に比較して, C-C 時, C-R 時および R-C 時にそれぞれ 22.3%, 12.3%および 12.8%の有意な減少を示した ($p=0.0001, 0.0010$ および 0.0005)。また C-C 時の T 90%max は C-R 時および R-C 時に比べても有意に短縮した ($p=0.0008$ および $p=0.0026$)。

IV. 考 察

本研究で測定対象とした握力については, その測定された最大値をもって個人のもつ (静的) 筋力の指標とする考えが広く浸透しており, わが国の国民の体力・運動能力の現状を明らかにするとともに, 体育・スポーツの指導と行政上の基礎資料を得る目的で文部科学省が毎年実施している体力・運動能力調査の 1 項目であることは

表 1 握力-時間変数 (平均値±標準偏差)

	C-C	C-R	R-C	R-R
最大握力 maxF	112.1±13.0* [#]	105.2±13.5	112.3±12.9* [#]	100.0±0.0
区間平均握力 aveF 0～0.1 s	137.6±35.0* ⁺⁺	119.0±25.5 [#]	110.4±27.7	100.0±0.0
区間平均握力 aveF 0.1～0.2 s	119.6±12.8* ⁺⁺	110.1±11.2 [#]	110.0±17.0 [#]	100.0±0.0
区間平均握力 aveF 0.2～0.3 s	116.0±9.8* ⁺⁺	109.8±10.9 [#]	111.5±11.4 [#]	100.0±0.0
区間平均握力 aveF 0.3～0.4 s	116.6±13.3* ⁺⁺	110.2±14.0 [#]	113.7±12.6 [#]	100.0±0.0
区間平均握力 aveF 0.4～0.5 s	116.2±15.5* [#]	108.9±14.7	115.0±14.5* [#]	100.0±0.0
区間平均握力 aveF 0.5～0.6 s	115.4±15.2* [#]	107.5±13.8	115.3±14.3* [#]	100.0±0.0
区間平均握力 aveF 0.6～0.7 s	114.2±13.8* [#]	106.1±13.0	115.0±13.4* [#]	100.0±0.0
区間平均握力 aveF 0.7～0.8 s	113.4±12.7* [#]	104.7±13.1	114.6±13.5* [#]	100.0±0.0
区間平均握力 aveF 0.8～0.9 s	112.1±12.2* [#]	103.3±13.1	113.7±13.2* [#]	100.0±0.0
区間平均握力 aveF 0.9～1.0 s	111.2±11.9* [#]	102.5±13.6	113.2±13.8* [#]	100.0±0.0
微分握力最大値 maxRFD	115.8±9.6* [#]	108.5±11.8 [#]	107.0±13.1	100.0±0.0
90%最大握力発現時間 T 90%max	77.7±14.7* ⁺⁺	87.7±16.7 [#]	87.2±18.2 [#]	100.0±0.0

各評価値は R-R 時の値を 100 として被験者ごとに基準化した。

* : C-R 時と比較して統計学的有意差あり (p<0.05)

+ : R-C 時と比較して統計学的有意差あり (p<0.05)

: R-R 時と比較して統計学的有意差あり (p<0.05)

周知のとおりである。1970 年、名取ら²⁸⁾より最大等尺性筋収縮時の力-時間曲線から瞬発力を分析する方法が発表されて以来、最大筋力のみならず、瞬発筋力の概念が注目を浴びるようになった。この瞬発筋力を考究した研究²⁶⁻³⁰⁾で課題運動として採用されることが多いのが握力発揮動作である。

噛みしめの最大握力に対する効果に関して、握力発揮動作時に噛みしめを併行させなかった C-R 時および R-R 時に比較して、握力発揮動作時に噛みしめを併行させた C-C 時および R-C 時に maxF の有意な上昇が認められた。この結果は噛みしめに伴い等尺性四肢筋力が有意に増強する従来知見⁶⁻⁸⁾を支持するものである。加えて、噛みしめによって最大握力の増強だけを求めるのであれば、握力発揮中に噛みしめを併行することで十分に効果が得られることが判明した。

身体運動時の随意性最大筋力を決定する基本的要因は、1. 筋断面積、2. 筋線維組成、3. 神経性の因子の 3 つである³¹⁾。前二者は構造的要素 (因子) であり、本研究プロトコルにおいては筋の構造的要素の量的あるいは質的变化が起こることはほぼありえないので、その影響を無視できるといえる。したがって、噛みしめに伴う骨格筋筋力上昇効果の機序は神経系の因子に関連したものと想定される。

随意筋収縮の増強機序には、上位運動中枢である脳か

らの運動指令が増強され、下位運動中枢である脊髄での運動ニューロンの興奮性が上昇し、運動単位の動員 (recruitment) 数の増加、あるいはインパルス発射頻度 (firing rate) の増加、もしくはその両方が必要である³¹⁾。H 反射を用いた一連の研究成果¹⁻⁵⁾からは噛みしめ効果に関する脊髄すなわち下位運動中枢の関与を立証できたが、上位運動中枢の関与は不明であった。

ところが、最近経頭蓋磁気刺激法 (transcranial magnetic stimulation : TMS) を利用した研究手法によって、Sugawara ら³²⁾が上肢筋 H 反射の噛みしめによる遠隔的促通効果発生時に運動誘発電位 (motor-evoked potential : MEP) が増強されることを見だし、その機序として脊髄レベルでのシナプス前抑制の解放、あるいは皮質レベルでの外側興奮性投射路の解放を考察している。さらには Boroojerdi ら³³⁾により、上肢筋 H 反射の噛みしめによる促通には大脳皮質と大脳皮質下が関与していたのに対して、下肢筋 H 反射の噛みしめによる促通には大脳皮質下のみが関与していることが報告され、噛みしめ効果の脳内関与領域の機能的差異が示唆された。これらの結果から、噛みしめに伴う口腔領域からの求心性感覚性入力の下位運動中枢に直接作用しているわけではなく、脳すなわち上位運動中枢が関与していると考えられる。ただし、最終的には脊髄から筋にいたる下行経路での運動ニューロンの興奮性の上昇が必要であることは

前述のとおりであり、これまでの H 反射の研究成果からすれば運動単位の動員増加が示唆される。しかし、噛みしめによりインパルス発射頻度が変化していないとも断定できず、今後の課題である。

本研究において検討を加えた評価値のなかで、特に maxRFD と T 90%max は筋出力のスピードを評価する指標として知られている^{14,15,24-27)}。これらの指標を検討した結果、握力発揮前にしろ発揮後にしろ、噛みしめを課した 3 条件すなわち C-C 時、C-R 時ならびに R-C 時で R-R 時よりも maxRFD の上昇あるいは T 90%max の短縮が認められた。このことは、噛みしめが握力発揮特性に影響を及ぼしうることを意味する。

なかでも C-C 時および C-R 時では、握力発現開始から 0.1 秒区間でそれぞれ 37.6% および 19.0% の最大 aveF 増加率を記録したことから、握力発現初期における筋力増大効果が大きいことが示唆され、握力発揮前に噛みしめていることがより素早い握力発揮に有効である可能性が示された。なお R-C 時の場合、解析対象区間全般にわたってほぼ一定の aveF 増加傾向を示したことに加えて、C-C 時と同程度の maxF の増加 (約 12%) を記録したことから、握力発揮時に噛むことは、素早い握力発揮というよりはむしろ最大握力の増強に資するものと考察される。もちろん、より大きな握力をより素早く発揮することを考えれば、maxF の有意な増加と maxRFD の有意な上昇、さらには T 90%max の有意な短縮が得られた C-C 条件下、すなわち筋力発揮前から発揮時にわたって噛みしめることが最も有効であるといえる。

噛みしめ中止後であっても握力発揮特性に有意な影響を及ぼしうる知見に対する考察として、まず噛みしめに伴う運動指令、脊髄運動ニューロンの興奮性ならびに口腔領域からの求心性感覚情報が噛みしめ中止後も残留したとの推測が可能である。しかし口腔領域からの求心性感覚情報については、萩谷²⁾および Takahashi ら⁴⁾が、ガム咀嚼中のヒラメ筋および前脛骨筋 H 反射に持続的な促通が認められ、かつ開口相と閉口相でその促通量に有意差のないことを報告していることから、咬合位から下顎安静位への開口動作による求心性感覚入力に影響を及ぼした可能性も否定できない。またそれらが複合して影響したとも考えられる。開口動作時には少なくとも歯根膜機械受容器からの入力はなく、顎関節あるいは顎骨骨膜由来の感覚情報が関与しているものと思われるが、その詳細は不明であり、さらなる研究が必要である。

V. 結 論

本研究では咬合機能発揮のタイミングと握力発揮特性の関連性に着目した。健康成人男子 14 名から得られた握

力-時間曲線を基にして、最大握力、区間平均握力、微分握力最大値および 90%最大握力発現時間について詳細な検討を加えた結果、咬合機能が骨格筋の筋力のみならず、力発揮特性にも影響を及ぼしうる事が判明した。本研究成果は従来の先行研究で捉えきれなかった咬合機能と身体運動機能の新たな関連性を示唆するものである。

謝 辞

稿を終えるにあたり、終始懇切なご指導とご校閲を賜った本学大学院顎顔面補綴学分野・谷口 尚教授ならびに摂食機能構築学分野・大山喬史教授に深甚なる謝意を表します。

また、直接ご指導、数々のご教示をいただきましたスポーツ医歯学分野・上野俊明助教授ならびに佐々木幸生助手に心より感謝いたします。

さらに、本研究にご協力下さいました被験者各位に謹んで感謝の意を表すとともに、種々のご協力、ご援助いただきましたスポーツ医歯学分野の諸先生方に厚くお礼申し上げます。

本研究の一部は 2001 Australian Conference of Science and Medicine in Sport (2001 年 10 月 26 日, Australia)、第 12 回日本臨床スポーツ医学会学術集会 (2001 年 11 月 3 日, 茨城) および第 13 回日本スポーツ歯科医学会学術大会 (2002 年 12 月 15 日, 大分) において発表した。

文 献

- 1) Miyahara, T., Hagiya, N., Ohya, T. and Nakamura, Y.: Modulation of human soleus H reflex in association with voluntary clenching of the teeth. *J. Neurophysiol.* 76: 2033-2041, 1996.
- 2) 萩谷 昇: リズミカルな顎運動時の脊髄単シナプス反射の変調とその神経機構. *口病誌* 61: 21-38, 1994.
- 3) Takada, Y., Miyahara, T., Tanaka, T., Ohya, T. and Nakamura, Y.: Modulation of H reflex of pretibial muscles and reciprocal Ia inhibition of soleus muscle during voluntary teeth clenching in humans. *J. Neurophysiol.* 83: 2063-2070, 2000.
- 4) Takahashi, T., Ueno, T., Taniguchi, H., Ohya, T. and Nakamura, Y.: Modulation of H reflex of pretibial and soleus muscles during mastication in humans. *Muscle Nerve*. 24: 1142-1148, 2001.
- 5) 高橋敏幸, 上野俊明, 大山喬史: ヒト上肢筋 H 反射と噛みしめとの関連性. *日咀嚼誌* 12: 27-31, 2002.
- 6) 上野俊明: 噛みしめと上肢等尺性運動の関連性に関する研究. *口病誌* 62: 212-253, 1995.
- 7) Sasaki, Y., Ueno, T., Taniguchi, H. and Ohya, T.: Effect of teeth clenching on isometric and isokinetic strength of ankle plantar flexion. *J. Med. Dent. Sci.* 45: 29-37; 1998.
- 8) Ueno, T., Sumita, Y., Sasaki, Y., Taniguchi, H. and Ohya, T.: Teeth clenching and isometric knee extension. *BOOK OF ABSTRACTS*. Sydney, the 5th IOC Congress on Sports and Science, 79, 1999.
- 9) Sumita, Y., Sasaki, Y., Ueno, T., Taniguchi, H. and Ohya, T.: Effect of teeth clenching on the force-

- velocity relationships in isokinetic knee extension. *J. Phys. Fitness Sports Med.* 48 : 365-374, 1999.
- 10) 廣瀬伸良, 金子今朝秋, 形本静夫, 菅波盛雄, 菅原秀二, 中村 充 : 柔道選手と陸上投擲選手の等速性筋力について. *体力科学* 46 : 752, 1997.
 - 11) 津山 薫, 藤城仁音, 中嶋耕平, 中里浩一, 中嶋寛之 : 大学アメリカンフットボール選手の頸部筋力に関する研究 競技レベル, 学年, 経験年数を指標として. *体力科学* 48 : 251-264, 1999.
 - 12) 岡本悌二, 武村政徳, 辻田純三, 堀 清記 : 野球選手におけるパフォーマンスと体力の関係. *体力科学* 47 (6) : 784, 1998.
 - 13) 小出裕美子, 原 邦夫, 足立哲司, 熊崎大輔, 大久保栄美 : 高校生球技選手におけるパワー発揮能力について. *体力科学* 51 : 704, 2002.
 - 14) Driss T., Vandewalle H. and Monod H. : Maximal power and force-velocity relationships during cycling and cranking exercises in volleyball players. Correlation with the vertical jump test. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 38 : 286-293, 1998.
 - 15) Paasuke, M., Ereline, J. and Gapeyeva, H. : Knee extension strength and vertical jumping performance in nordic combined athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 41 : 354-361, 2001.
 - 16) 田中健二, 尹 聖鎮, 栗山佳也, 高松 薫 : 下肢のバリスティックな伸張-短縮サイクル運動の遂行能力からみた槍投げ競技選手の体力特性. *体育学研究* 47 : 569-577, 2002.
 - 17) 中禮 宏, 佐々木幸生, 上野俊明, 谷口 尚, 大山喬史 : 噛みしめによる握力発揮特性の変化. *補綴誌* 46 : 732-737, 2002.
 - 18) Momose, T., Nishikawa, J., Watanabe, T., Sasaki, Y., Senda, M., Kubota, K., Sato, Y., Funakoshi, M. and Minakuchi, S. : Effect of mastication on regional cerebral blood flow in humans examined by positron-emission tomography with 15O-labelled water and magnetic resonance imaging. *Arch. Oral. Biol.* 42 (1) : 57-61, 1997.
 - 19) Tamura, T., Kanayama, T., Yoshida, S. and Kawasaki, T. : Analysis of brain activity during clenching by fMRI. *J. Oral. Rehabil.* 62 : 212-253, 1995.
 - 20) 石川高行 : Functional MRI を用いた下顎運動時の脳賦活部位に関する研究. *口病誌* 69 : 39-48, 2002.
 - 21) 船越正也, 佐橋喜志夫 : 咀嚼と学習効果. *歯科評論* 620 : 73-84, 1994.
 - 22) Oldfield, R. C. : The assessment and analysis of handedness : The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 9 : 97-113, 1971.
 - 23) Häkkinen, K., Alén, M. and Komi, P. V. : Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol. Scand.* 125 : 573-585, 1985.
 - 24) Viitasalo, J. T., Saukkonen, S. and Komi, P. V. : Reproducibility of measurements of selected neuromuscular performance variables in man. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol.* 20 : 487-501, 1980.
 - 25) Izquierdo, M., Aguado, X., Gonzalez, R., Lópes, J. L. and Häkkinen, K. : Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *Eur. J. Appl. Physiol.* 79 : 260-267, 1999.
 - 26) 出村慎一, 山次俊介, 南 雅樹, 長澤吉則, 北 一郎, 松澤甚三郎 : 静的瞬発握力発揮時の増張力局面における発揮パターンの再現性と力-時間変数の信頼性の検討. *体力科学* 48 : 493-500, 1999.
 - 27) Demura, S., Yamaji, S., Nagasawa, Y., Minami, M. and Kita, I. : Examination of force-production properties during static explosive grip based on force-time curve parameters. *Percept. Mot. Skills.* 91 : 1209-1220, 2000.
 - 28) 名取礼二, 五十島長太郎, 坪田修三, 馬詰良樹, 倉田 博, 柳本昭人, 森下芳郎, 山本直道, 石川令三 : 等尺性強縮時の張力時間関係からみた筋力指標について. *体力科学* 19 : 75-85, 1970.
 - 29) 山本直道 : 筋力指標に関する研究 筋力に及ぼす諸実験条件について. *体力科学* 21 : 28-48, 1972.
 - 30) 内野欽司, 佐藤誠司, 小倉 貢, 岩下 聆, 饒村清司, 中村 靖 : 名取の方法による運動選手の瞬発握力の解析. *体力科学* 23 : 53-59, 1974.
 - 31) Howell, J. N. : Motor control of eccentric muscle activity. Albert, M. M. : Eccentric muscle training in sports and orthopaedics : 2nd ed, New York, 1995, Churchill Livingstone Inc., 13-21.
 - 32) Sugawara, K. and Kasai, T. : Facilitation of motor evoked potentials and H-reflexes of flexor carpi radialis muscle induced by voluntary teeth clenching. *Hum. Mov. Sci.* 21 : 203-212, 2002.
 - 33) Boroojerdi, B., Battaglia, F., Muellbacher, W. and Cohen, L. G. : Voluntary teeth clenching facilitates human motor system excitability. *Clin. Neurophysiol.* 111 : 988-993, 2000.