

## 咀嚼筋における緊張性振動反射(TVR)の筋電図学的評価

高田佳之, 中島民雄, 山田好秋\*

新潟大学歯学部第一口腔外科学教室 (主任: 中島 民雄教授)

\*新潟大学歯学部口腔生理学教室

[受付: 平成7年3月31日]

### Electromyographic study on tonic vibration reflex in masticatory muscles

Yoshiyuki Takata, Tamio Nakajima, Yoshiaki Yamada\*

*First Department of Oral & Maxillofacial Surgery, Niigata University School of Dentistry*

*\*Department of Oral Physiology, Niigata University School of Dentistry*

(Director: Prof. Tamio Nakajima)

[Received: March 31, 1995.]

**Key Words:** TVR, masseter muscle, EMG,  $\gamma$ -motor activity, bite force

**Abstract:** To evaluate muscle tonus, tonic vibration reflex (TVR) was studied in the masseter muscle. The experiment was performed on 16 male adult volunteers, 20 - 45 years old, without spontaneous pain and tenderness on masticatory muscles. The subjects were seated, the position of their heads was fixed and their mouths were kept open with a bite block. TVR was elicited by vibratory stimulation applied to the mandible (approximately  $15 \text{ m/s}^2$ , 160 Hz). EMG was recorded bilaterally from the masseter muscles, and analyzed quantitatively using an arbitrary index (TVR index). Bite force was measured during clenching. Wide variations in the TVR index were observed among individuals: maximum: 22.7%, minimum: 0.9%, average: 7.7%. The mean index for 5 subjects with a clenching habit was significantly higher than one for 11 without the history of a clenching habit. Tolperizone HCl (100 mg p.o.) was found to reduce the TVR response for 2 hrs. There was a negative correlation ( $r=-0.504$ ,  $p<0.05$ ) between bite force and TVR index when their values on the right and left sides were compared. The tonic vibration reflex may be applicable for evaluation of the masseter muscle's condition.

**抄録** 咀嚼筋の緊張を評価する目的にて咬筋における緊張性振動反射 (TVR) について筋電図学的に研究した。被験者は咀嚼筋に自発痛、圧痛を自覚しないボランティアの成人男性16名 (20-45才) とし、座位にて頭部を固定し、バイトブロックを介して開口位にて実験を行った。振動刺激 (約  $15 \text{ m/s}^2$ , 160 Hz) は、オトガイ正中に20秒間加えた。筋電図は咬筋より表面電極で双極性に誘導、記録し、任意に設定した値 (TVR index) にて定量的に解析した。咬合力はDental Prescale 50Hを用いて最大噛みしめ時の咬合接触点の圧を計測した。16名の被験者のTVR indexは最大22.7%, 最小0.9%, 平均7.7%と個体差は大きく、このうちクレンチングの習慣のある被験者は無い被験者に比べ有意に高い値を示した。 $\gamma$ 運動神経活動を抑制することが知られている塩酸トルペリゾン (100 mg) の投与で、TVR indexは減少し、2時間後に最小となった。臼歯部の咬合接触点での圧とTVR indexの間には負の相関 ( $r = -0.504$ ,  $p < 0.05$ ) を認めた。

TVRは咀嚼筋の機能の一つとして、その緊張を評価するのに有効であると考えられた。

## I. 緒 言

最近、顎口腔系の異常の一つとして、いわゆる顎関節症が広く認識されるようになった。この疾患の原因として顎運動を制御している神経・筋機構の失調にもとづく咀嚼筋のspasmが注目されている。この原因によるとされるmyofascial pain-dysfunction syndromeの存在が知られており、それを示唆する臨床所見も数多くあげられている<sup>1,5)</sup>。しかし、咀嚼筋のspasmを定量的に測定する方法については、殆ど研究されていない。

筋紡錘は、筋の長さあるいは緊張の調節に関与しており、その感度は $\gamma$ 運動神経により支配されていると考えられる。この筋紡錘中の一次終末は微小振動によって選択的に興奮し、反射的に筋を収縮させることは動物実験などより知られている<sup>6-10)</sup>。この反射は緊張性振動反射(TVR)と呼ばれ、二次終末やゴルジ腱器官などからのフィードバックによる影響が少ないため、 $\gamma$ 運動神経の神経活動をよく反映しているものと考えられる。したがって本反射を咀嚼筋に応用することより、筋紡錘を介した筋の緊張亢進の分析が可能であると考えた。そこで、本研究は筋紡錘が数多く存在する咬筋に微小振動を加え、それにより誘発された咬筋の筋活動量を筋電図学的に定量化し、筋紡錘の活動を解析した<sup>2, 11-13)</sup>。

## II. 研究方法

実験は顎関節とその周囲の筋に疼痛や圧痛がなく顎関節雑音や、開口障害のないボランティアの成人男性16名(20~45才)について行った(表1)。

被験者に座位をとらせ、フランクフルト平面が床と平行になるように頭部を固定具にて堅固に固定した。顎位を安定させる目的にて、厚さ約10mmのシリコン性のバイトブロックを上下顎中切歯で咬ませた。被験者には刺激前に積極的に咬まないよう指示を与え、筋電図上で明らかな発火がないようモニターした(図1)。

振動刺激は、オトガイ正中を介して20秒間加えた。この際、生体側より振動をモニターするために、下顎の第一大臼歯に小型加速度計VM-61(リオン社)を咬筋の走行と平行に固定した。

筋活動は両側の咬筋中央部より筋の走行と平行に、電極間距離15mmで、直径8mmの銀製皿電極にて双極性に誘導した。また口角と外耳道下縁を結ぶ線を基準とし、左右の電極が対称になるよう貼付した。活動電位は生体アンプAB-601G(日本光電社)にて増幅した後、分解能12bit、変換速度500HzのA/D変換ボードを通じてコンピューターに入力し、解析した。

刺激に対する応答は5秒間を一つのユニットとして、一回の試行は4つのユニット(20秒間)によって成り

表1 被験者の臨床検査結果

Table 1 Clinical findings of the subjects

Subject No.	cuspid protection	grinding	clenching	clicking and/or crepitus	incisal maximum opening (mm)	occlusion
1	R & L	+	-	-	36.0	N
2	R & L	+	+	-	52.5	N
3	R & L	-	-	+	45.0	N
4	R & L	-	-	+	50.0	D
5	R & L	-	-	+	51.0	N
6	R & L	+	+	+	57.5	N
7	-	-	-	-	56.0	D
8	R & L	+	+	-	47.0	E
9	R & L	-	-	-	52.5	N
10	R & L	-	-	+	58.5	N
11	R & L	-	-	-	46.0	N
12	R & L	-	-	-	48.5	D
13	L	+	+	-	55.5	E
14	-	-	+	+	60.0	E
15	R & L	+	-	+	53.0	N
16	R	-	-	-	56.5	E

N:normal, D:deep over bite, E:edge to edge

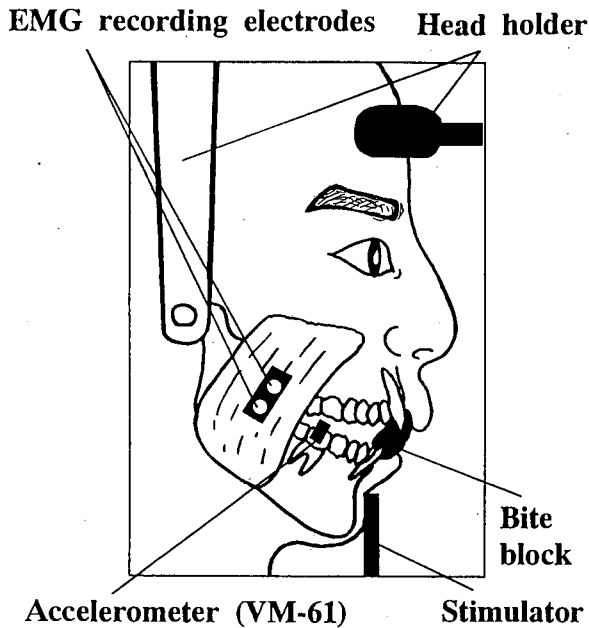


図1 実験シェーマ

Fig. 1 Schematic diagram of experimental setup

立つこととした。あらかじめデジタルフィルターにてノイズ成分を除去した筋電図を、それぞれのユニットについて全波整流・積分し、その平均値を求めた(図2)。次にあらかじめ採取しておいた被験者の最大噛みしめ時の5秒間の整流・積分値にて規格化を図り、この値を

TVR indexとした。

振動刺激の振動数は反射応答の至適性と、筋電図に混入する振動のノイズを除去(バンド・ストップ 150~175Hz)する事を考慮して160Hzとした<sup>10, 11, 13)</sup>。

振動を規定するもう一つのパラメーターとして加速度を用いた。加速度についても誘発電位同様整流・積分値を求めた。加速度を刺激持続中厳密に一定にすることはできないので、加速度の積分値が700~2000k unitの範囲にあるものを有効刺激とした。

また各実験は、前回の試行の影響を避けるため、3分以上のインターバルをとった。

### III. 結果

#### 1. 皮膚と歯根膜の機械受容器への振動刺激の影響

咀嚼筋への振動刺激の際に、皮膚や歯根膜の機械受容器への刺激は避けられない。そこで、これらの受容器のTVRへの影響を調べる目的で、被験者から無作為に選抜した5名についてオトガイ部へのコールドスプレー噴霧によるcoolingと歯根膜への麻酔を行った。

1) コールドスプレー(ニチバン株)を振動刺激の直前に約2秒間オトガイ部へ噴霧しcoolingを行い、皮膚知覚を鈍麻させた状態にて振動刺激を加えた。各被験者毎にコントロール時のTVR indexに対するコールドスプレー噴霧後のTVR indexの比率を求めた。各被験者について5回づつ記録し、その平均を求めた。2つの群間には

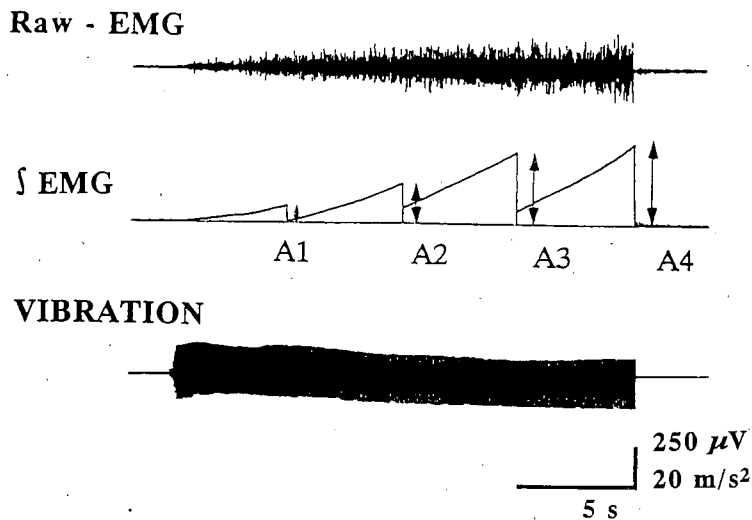
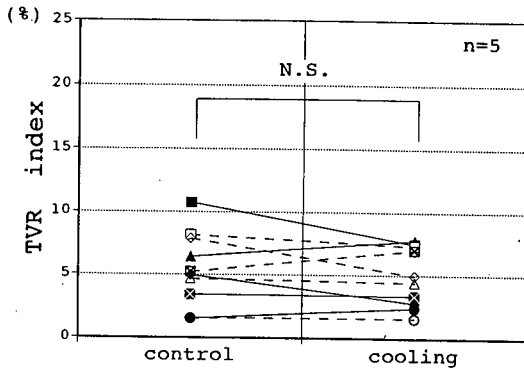


図2 振動刺激により誘発される咬筋活動電位の一例

振動刺激(下段)により誘発された咬筋EMG(上段)とその5秒毎の全波整流・積分波形(中段)

Fig. 2 Typical response of masseter to vibration EMG (top) elicited by vibration (bottom) was fullwave-rectified and integrated for four 5 s consecutive segments (A1 - A4, middle).

A. Cooling



B. Anesthesia

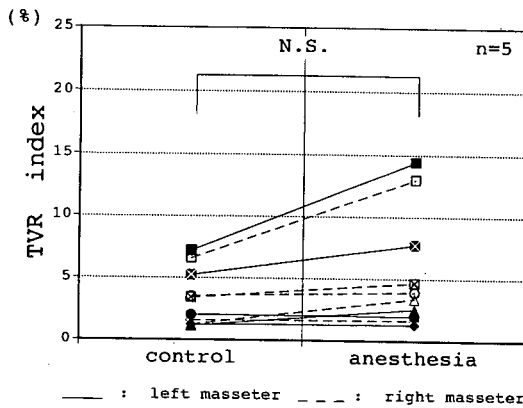


図3 緊張性振動反射におけるオトガイ部皮膚へのクーリングと前歯部の歯根膜麻酔の効果  
クーリングと歯根膜麻酔の前後ではTVRに有意差は認めなかった。  
(N.S.: 有意差なし, paired t-test)

Fig. 3 Effect of cooling of chin skin and local anesthesia of incisors on TVR  
There were no statistical differences in TVR index before and after cooling and anesthesia, though TVR index after anesthesia was elevated.  
(N.S.: not significant, paired t-test)

有意差 (t-検定) は認められなかった (図3A).

2) 歯根膜の機械受容器を不活化させることを目的として、バイトブロックが接している上下顎中切歯の歯根膜に2%キシロカイン1.8mlにて歯根膜麻酔を行った。麻酔の奏功を確認した後、TVR indexを求めた。麻酔の前後について比較した結果、2つの群間には統計的に有意差は認めぬものの、麻酔後に高い値を示す傾向があった (図3B)。

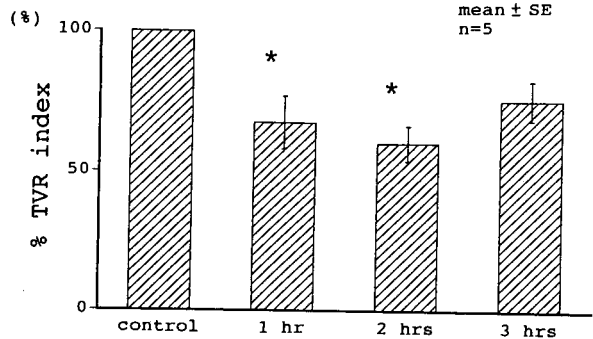


図4 TVRにおける塩酸トルペリゾンの効果  
塩酸トルペリゾン服用後1時間後と2時間後にTVRはコントロール時に対し有意に減少を認めた。  
(\*:  $p < 0.01$ , two-way ANOVA-Bonferroni)  
Fig. 4 Effect of tolperisone HCl on TVR  
TVR index was significantly reduced at 1 and 2 hours.  
(\*:  $p < 0.01$ , two-way ANOVA-Bonferroni)

2. 中枢性筋弛緩薬 (塩酸トルペリゾン) の効果

振動刺激による咬筋の応答は筋紡錘が受容器であると考えられる。そこで、TVR indexの個体差や左右差には、筋紡錘の伸張に対する感度を調節する $\gamma$ -driveの関与が予想される。そこで除脳動物の $\gamma$ 固縮を抑制することが知られている中枢性筋弛緩薬 (塩酸トルペリゾン100mg) を投与し経時的にTVR indexを求めた<sup>18, 19)</sup>。対象は振動刺激に対し比較的高い応答を認めた5名とし、服用前をコントロールとして1時間後、2時間後、3時間後について5回づつ計測し、その平均値を求めた。経過時間別のそれぞれの値についてコントロールに対する比率 (% TVR index) を算出し検定を行った。結果は1時間後(68%)、2時間後(60%)と%TVR indexは減少し、3時間後には回復の傾向を示した。左右咬筋で変動の顕著であった側のTVR indexを二元配置分散分析にて時間経過による変動を解析すると $p < 0.01$ で有意差を認めた。時間別ではコントロールに対し1時間後、2時間後は $p < 0.01$ で有意差を認めた。しかし3時間後は有意差を認めなかった。また $\alpha$ 運動神経の抑制の有無を調べる目的で、各時間帯のインターバルでの最大噛みしめ時のEMGを導出したがその値には殆ど変化がなかった (図4)。

3. 被験者16人における左右咬筋のTVR indexの検討

1) 被験者間の差の検討

16人の被験者について左右の咬筋よりTVR indexを求めたところ、最高値は22.7%、最低値は0.92%で、すべ

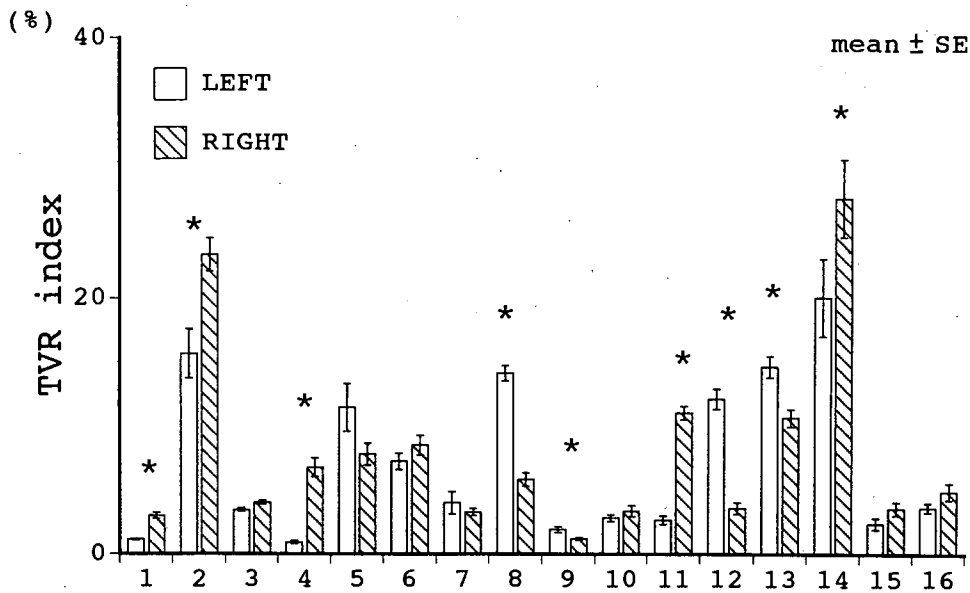


図5 左右の咬筋のTVRインデックス  
 (\*) 左右の咬筋のTVRインデックスに有意差あり。(p < 0.01, t-test)  
 Fig. 5 TVR indices of right and left masseters  
 (\*) indicates significant difference between two muscles (p < 0.01, t-test)

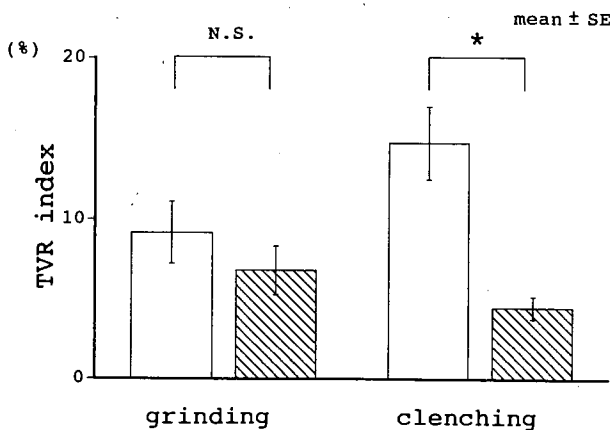


図6 グラインディングとクレンチングの習癖を持つ被験者と持たない被験者のTVRインデックスの比較  
 □ : 習癖あり、 ▨ : 習癖なし  
 (\*: P < 0.01, N.S.: 有意差なし, t-test)  
 Fig. 6 Comparison of TVR index between subjects with and without grinding and clenching habits.  
 □ : habit (+), ▨ : habit (-)  
 (\*: P < 0.01, N.S.: not significant, t-test)

ての筋の平均TVR indexは7.71% ± 1.19 (mean ± SE, n=16)であった(図5)。

口腔内診査と問診から、筋の緊張と関連の深いと考えられる、グラインディング、クレンチングの習癖のある者と無い者を選抜し、それぞれの群について、TVR indexの比較を行った。

その結果、グラインディングの習癖のある被験者群のTVR index(n = 6, 9.2%)は無い群の被験者(n=10, 6.8%)に比べ若干高い値を示したものの有意差は認めなかった。しかしクレンチングの自覚のある被験者群のTVR index(n=5, 14.8%)は、無い群(n=11, 4.5%)に対しP < 0.01(t-test)で有意に高い値を示した(図6)。

2) 咬合圧とTVR indexの検討

咀嚼時、またはクレンチング時には歯根膜に周期的または持続的な刺激が加わる。このような歯根膜受容器へ日常加わる刺激がTVR indexにどのような影響を及ぼすかを調べるため、咬合接触点での咬合圧について計測を行った。計測方法は圧力感応紙であるDENTAL PRESCALE 50H (Fuji film社)<sup>14, 15)</sup>を用いて、最大噛みしめ時において、80MPa以上の値の得られた咬合接触点について圧の計測を行った。歯列を左右と大臼歯部とその前方歯部の4つの部位に分け、咬合接触点の圧力の総計を求めた。左右で比較すると、大臼歯部の咬合圧の高い方のTVR indexが低くなる傾向がみられた。これは16人

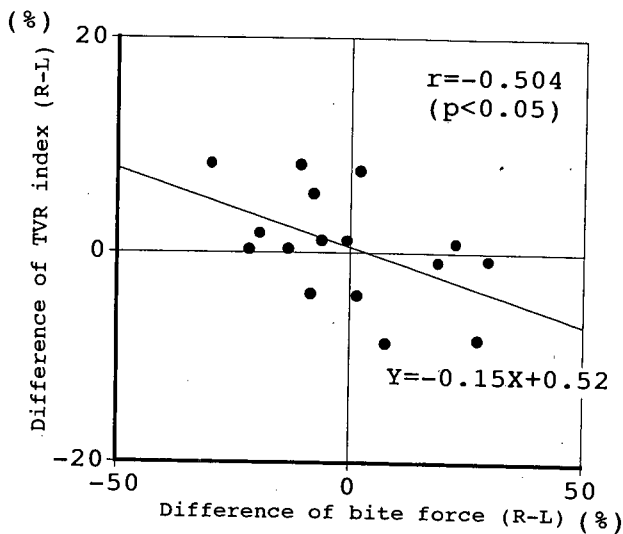


図7 咬合圧の左右差とTVRインデックスの左右差の相関

Fig. 7 Correlation between biting force and TVR index

中13人(81%)について認められた。そこで歯列全体の咬合圧に対する左右の臼歯部の咬合圧の差の比率を求め、TVR indexの左右差と比較した。すると咬合圧の左右差とTVR indexの左右差の間には相関係数-0.504 ( $P < 0.05$ )の負の相関を認めた。回帰直線を求めると $Y = -0.147X + 0.515$ となり、ほぼ原点を通る直線となった(図7)。

#### IV. 考 察

16名の被験者について両側の咬筋より振動刺激に対する反射応答を記録した。この結果、かなりの個体差を認めた。振動刺激がある一定の範囲で加えられたことより、この差は咬筋の筋紡錘の一次終末の感度の差に起因すると考えられた。しかし、振動刺激の受容器として、他に二次終末やゴルジ腱器官、歯根膜受容器、皮膚受容器の可能性もあげられる。振動刺激に対し、二次終末とゴルジ腱器官は殆ど反応しないと報告されており、その影響は少ないと予想される<sup>6,8,10)</sup>。歯根膜受容器の影響を調べるため、歯根膜麻酔の前後でTVR indexを比較した。その結果、麻酔前後でのindexに統計的な有意差は認められなかった。しかし、傾向として麻酔後、indexに増加傾向を認めた。すなわち歯根膜受容器のこの反射への関与は否定できないが、TVR indexの減少が見られぬことより反射の主たる受容器であることは否定された。オト

ガイの皮膚受容器については、コールド・スプレーを用いて知覚を低下させその前後のindexを比較した。その結果は、術の前後でindexに殆ど変化は認められなかった。以上の結果、歯根膜や皮膚受容器の振動による影響はほとんどないと結論を得た。

筋紡錘の感度は $\gamma$ 運動神経活動によって変化する。そこでその影響を確かめるため被験者5名に対し $\gamma$ 運動神経活動を抑制することが知られている塩酸トルペリゾン(100 mg)を服用してもらった<sup>4,18,19)</sup>。TVR indexは服用前に比べ30~40%の減少を認めた。服用後の最大噛みしめ時の筋活動量が服用前と変わらないことより、この薬剤が直接 $\alpha$ 運動神経活動を抑制したことは否定された。以上よりTVR indexの個体差は $\gamma$ 運動神経活動の差によることが示唆された。

また興味深いことはクレンチングの習癖のある被験者のTVR indexが高値を示したが、TMJにクリッキングのみ認める被験者にはTVR indexに変化は認められなかった。この結果はKoizumiとHommaの報告と一致していた<sup>2)</sup>。彼らはTMDの患者を筋症状のあるacute群とこれの無いchronic群に分け、TVRを調べ、前者に高い値を得ている。よって、TVRはTMDの患者の咬筋の緊張を分析するのに有効であると考えられる。

16名中9名について左右の咬筋のTVR indexに差を認めた。本研究では刺激を左右の筋に均等に加えており、左右差が得られた原因として筋紡錘の感度の差が考えられる。結果は $\gamma$ 運動神経活動の左右差を反映していると思われる。

歯根膜顎筋反射に関連した研究から歯根膜機械受容器の刺激が $\gamma$ 運動神経活動を変化させるとの報告がある<sup>16,17)</sup>。咬合に伴う歯根膜受容器への周期的あるいは持続的な刺激が反射中枢を変化させ、TVR indexへ影響を及ぼすことが予想される。事実、クレンチングの習癖がある者のTVR indexには高い値が得られている。

そこで咬合接触による歯根膜への刺激と $\gamma$ 運動神経の活動との関連を調べる目的にて左右の臼歯部の咬合接触点の圧の差とTVR indexの左右差について比較した。両者の間には負の相関( $r = -0.504, p < 0.05$ )を認めた。これは左右の不均等な咬合接触点によって生じた求心性神経活動の差を $\gamma$ 運動神経活動により補正使用とした結果を反映したものと考えられる。以上のことより咬合接触点の圧が低い側で $\gamma$ 運動神経活動が促進されるか、もしくは圧の高い側の $\gamma$ 運動神経活動が抑制される神経機構の存在が示唆された。いずれにしてもこの機構は咀嚼筋に筋症状のない健常者において顎位の安定のために働くと考えられる。

## V. 結 論

TVRを定量的に計測することは、咬筋の筋紡錘の感受性の評価を可能とし、咀嚼筋の緊張状態を知る上で有効な手段であると考えられる。

## 文 献

- 1) Laskin,D.M.: Etiology of the pain-dysfunction syndrome, *JADA*, 79:147-153, 1969.
- 2) Koizumi,H., Homma,I.: Tonic vibration reflex of jaw closing muscles in normal man and the patient with Temporomandibular joint dysfunction, *Jikeikai Med J*, 31: 471-480, 1984.
- 3) Mercuri,L.G., Olson,R.E. and Laskin,D.M.: The specificity of response to experimental stress in patients with myofascial pain dysfunction syndrome, *J Dent Res*, 58:1866-1871, 1979.
- 4) Funakoshi,M., Nakashima,M., Noda, K., et al: Effects of biofeedback training on tonic masticatory neck reflex: a case report, *J Oral Rehabil*, 11:273-275, 1984.
- 5) Burdette,B.H. and Gale,E.N.: The effects of treatment on masticatory muscle activity and mandibular posture in myofascial pain dysfunction patients, *J Dent Res*, 67:1126- 1130, 1988.
- 6) Burke D, Hagbarth K-E, Löfstedt,L. et al: The responses of human muscle spindle endings to vibration of non-contracting muscles, *J Physiol*, 261:673-693, 1976.
- 7) Clark,F.J., Matthews,P.B.C. and Muir,R.B.: Response of soleus Ia afferents to vibration in the presence of the tonic vibration reflex in the decerebrate cat, *J Physiol*, 11:97-112, 1981.
- 8) Trott,J.R.: The effect of low amplitude muscle vibration on the discharge of fusimotor neurones in the decerebrate cat, *J Physiol*, 255:635-649, 1976.
- 9) Fromm, C. and Noth,J.: Reflex responses of gamma motoneurons to vibration of the muscle they innervate, *J Physiol*, 256:117-136, 1976.
- 10) Brown,M.C., Engberg,I. and Matthews,P.B.C.: The relative sensitivity to vibration of muscle receptors of the cat, *J Physiol*,196: 773-800, 1967.
- 11) Desmedt,J.E., Godaux,E.:Vibration-induced discharge patterns of single motor units in the masseter muscle in man, *J Physiol*, 253: 429-442, 1975.
- 12) Hagbarth,K-E., Hellsing,G. and Löfstedt,L.: TVR and vibration-induced timing of motor impulses in the human jaw elevator muscles, *J Neurol Neurosurg Psychi*, 39:719-728, 1976.
- 13) Grassi,C., Deriu,F.: Effect of sympathetic nervous system activation on the tonic vibration reflex in rabbit jaw closing muscles. *J Physiol*, 469:601-613, 1993.
- 14) 服部佳功, 奥川博司, 渡辺誠: Dental Prescaleを用いた歯列における咬合力測定, 補綴誌, 38: 835-841, 1994.
- 15) Amsterdam,M., Purdum,L.C.and Purdum,K.L.: The occlusalgraph: A graphic representation of photocclusion data, *J Prosthet Dent*,57:94-98, 1987.
- 16) Funakoshi,M. and Nagasawa,S.: Effects of periodontal stimulation on the masseteric gamma motor fiber, *J Gifu Dent Soc*, 8:216-222, 1980.
- 17) 関康弘, 島田久八郎: 咬筋 $\gamma$ 運動神経に対する切歯および顎関節からの反射性制御, 日矯誌, 51:142-152, 1992.
- 18) Furuta,Y. and Yoshikawa, A.: Reversible adrenergic  $\alpha$ -receptor blocking action of 2,4'- dimethyl-3-piperidino-propiofenone (TOLPERISONE), *Jpn J Pharmacol*, 26:543-550, 1976.
- 19) Morikawa, K., Oshita, M., Yamazaki, M. et al: Pharmacological studies of the new centrally acting muscle relaxant 4'-ethyl-2-methyl-3- pyrrolidionpropiofenone hydrochloride, *Arzneim-Forsch*,37:331-336, 1987.