

ウサギの下顎側方運動に関与する筋群への 臼歯からの反射性制御

五十嵐 雅子 島田 久八郎

新潟大学歯学部口腔生理学教室
(主任: 島田久八郎)

Reflex control of the muscles related to lateral jaw movement
from the molars in the rabbit

Masako IGARASHI, Kyuhachiro SHIMADA

*Department of Oral Physiology, School of Dentistry, Niigata University
(Chief: Prof. Kyuhachiro SHIMADA)*

Key words: 下顎側方運動, 反射性制御, 頬骨下顎筋, 内側翼突筋, 臼歯

Abstract

The reflex control from the molars to the muscles related to lateral jaw movement was investigated. Excitatory and inhibitory responses of the zygomatico-mandibular, temporal, masseter and medial pterygoid muscles were recorded electromyographically with the pressure stimulation (about 1kg, 3sec) to the upper molars in the lightly anaesthetized rabbits.

Excitatory reflexes could be easily elicited in the ipsilateral zygomatico-mandibular, temporal and masseter muscles, and the contralateral medial pterygoid muscle in low background activity (BGA: muscle activity before stimulation) by the unilateral molar stimulation. These reflex excitations decreased as BGA increased. Inhibitory reflexes could be easily elicited in the contralateral zygomatico-mandibular, temporal and masseter muscles, and the ipsilateral medial pterygoid muscle in high BGA. These reflex inhibitions decreased as BGA decreased.

Right and left muscles related to lateral jaw movement (zygomatico-mandibular, temporal and medial pterygoid muscles) were controlled by reciprocal reflex with unilateral molar stimulation respectively. Both sides of masseter muscles which are synergists in jaw closing movement and antagonists in lateral jaw movement were controlled synergically in low and high level of BGA and reciprocally in medium level of BGA.

It was confirmed that integrative reflex controls of both sides of these muscles facilitate the jaw movement to the stimulated side.

要 旨

下顎の側方運動時に機能する咀嚼筋が、歯根膜からの入力によりどの様な反射性制御を受けているのかを解明するために本実験が行われた。

実験にはハロタンにて浅く麻酔したウサギを用いた。上顎臼歯部に咬合面より、強さ約1 kg、持続約3秒の圧刺激を加え、その時の頬骨下顎筋、側頭筋、咬筋、内側翼突筋の筋電図が記録された。

上顎臼歯咬合面に圧刺激を加えると、刺激側の頬骨下顎筋、側頭筋、咬筋、刺激側と反対側の内側翼突筋には興奮反射が起こりやすかった。刺激側の内側翼突筋、刺激側と反対側の頬骨下顎筋、側頭筋、咬筋には抑制反射が起こりやすかった。左右の筋の機械的な機能が拮抗的である頬骨下顎筋、側頭筋、内側翼突筋に於いては、それぞれ両側の筋に対して反射的に相反性制御がなされていた。左右の筋が下顎の開閉に関しては協調的に、側方運動に関しては拮抗的に機能する咬筋では、両側の筋の間に、反射性にも協調的、拮抗的な制御機構が認められた。

これら4筋群の反射性筋活動により、作業側での咬合が増強される。

この様に臼歯歯根膜から咀嚼筋には、下顎の側方運動に関して統合的な反射性制御が行われていることが明らかになった。

結 言

歯根膜の求心性入力により咀嚼筋に生じる反射性制御機構について、顎の前後運動を活発に行うラットに於いて、稲井ら¹⁾²⁾³⁾は次の様なことを述べている。

切歯が刺激されると閉口運動と共に顎の前方への運動が起こり、切歯咬合がしやすくなる。また、臼歯が刺激されると、閉口運動と共に顎の後方への運動が起こり、臼歯咬合がしやすくなる。この様な時には咬筋と側頭筋に閉口運動に際しては協調的、顎の前後運動に際しては拮抗的な反射性制御機構が働いている。

ウサギは顎の形態的特徴もあり、側方運動を活発に行う動物である。この様な動物では、側方運

動に関する反射性制御の報告が次のようにされている。

Lund ら⁴⁾は上顎切歯に圧刺激を加えると下顎が刺激側と反対側に偏位することを報告した。また、Lavigne ら⁵⁾はこの反射が上顎臼歯に加える圧刺激によっても生じると述べている。

Lavigne らは、少数例に於いては下顎が刺激側と同側へ偏位する反射を認めているが、それについての詳細な記述はない。

ラットで認められた、下顎の開閉、前後運動に関する反射の様な統合的な制御が、ウサギの側方運動にも認められるだろうか。

本研究では、この様なことを解明するため、側方運動に関係する頬骨下顎筋、側頭筋、咬筋、内側翼突筋について、臼歯からの反射性制御機構を検討した。

方 法

1. 動物の外科処置

実験には体重約3 kgの成熟ウサギを用いた。麻酔には約2%ハロタンと酸素ガスを用い、手術を行った。気管カニューレ及び大腿静脈に静脈カテーテルを挿入後、動物の頭部を固定した。臼歯部の刺激が容易になるよう口角部の皮膚を咬筋前縁まで切開した。その後ハロタンの濃度を少し下げ、求める反射効果の出現する状態に維持した。また、実験中は電気保温パッドにて体温保持を図った。

2. 歯根膜の刺激及び咀嚼筋活動の記録方法

ウサギの上顎臼歯部全体に、金属性の刺激子で圧刺激を手動で加えた。刺激強度は麻酔の状態により500g-1 kgに加減し、多くの場合ほぼ1 kgであった。刺激の持続時間は約3秒であった。刺激子にストレインゲージを装着し刺激の強さを計測した。刺激の方向は軸方向とした。また、上顎臼歯を止血鉗子で把持し、歯を歯槽骨に対し水平になるように捻転させる刺激をした。

筋電図は片側の頬骨下顎筋、側頭筋、咬筋、内側翼突筋から記録した。記録用電極には皮下用注射針に直径50 μ のエナメル線を2本封入した針電極を用いた。筋活動は生体用アンプにて増幅し、

オシロスコープ上で観察した。同時にスパイク応答を音に変換し、音によるモニターも行った。更に筋活動、刺激をデータレコーダに収録した。

また、刺激前の筋の活動状態 (background activity: BGA) を変え、刺激前の1秒間の発火頻度と刺激中のものとを比較した。但し刺激開始時、停止時に生じる一過性の応答は除いた。

結 果

浅い麻酔状態のウサギの上顎臼歯に圧刺激を加えることにより頬骨下顎筋、側頭筋、咬筋、内側翼突筋に反射性筋活動を引き起こすことができた。これらは全て下顎の側方運動時に働く筋であり、頬骨下顎筋、側頭筋、咬筋は下顎を筋と同側へ偏位させ、内側翼突筋は下顎を筋と反対側へ偏位させる。また、咬筋、内側翼突筋は下顎を挙上させる筋としても重要な役割を果たしている。

これらの筋が片側の臼歯咬合時にどのような反射性制御を受けているのかを検討するため、筋と同側上顎臼歯刺激時と反対側上顎臼歯刺激時での各筋の同一運動単位の応答を比較した。

1. 頬骨下顎筋の応答

上顎臼歯に持続的な圧刺激を加えると、頬骨下顎筋に緊張性の反射性応答を引き起こすことができた。反射性応答は刺激歯と筋との位置関係、即ち筋と同側歯刺激か反対側歯刺激かにより変化した。またそれぞれの応答はBGAによっても変化した。

頬骨下顎筋の筋活動がさまざまなBGAを示す時に同側歯、反対側歯を刺激した。BGAの無い時、同側歯刺激では著明な興奮反射が生じた。同側上顎臼歯を圧刺激すると刺激中緊張性興奮反射が生じ、モーターユニット活動は31Hzに増加した (Fig. 1 A)。しかし同様の刺激を反対側上顎臼歯に与えても興奮反射は生じなかった (Fig. 1 B)。BGAが中程度の時、同側歯刺激ではやはり興奮反射が生じるのに対し反対側歯刺激では抑制反射が生じた。例えばBGAが17Hzの時同側歯刺激によりモーターユニット活動は43Hzに増加したが、BGAが19Hzの時反対側歯刺激により筋活動はほとんど消失した (Fig. 1 C・D)。BGAが高頻度になるほど同側歯刺激による興奮

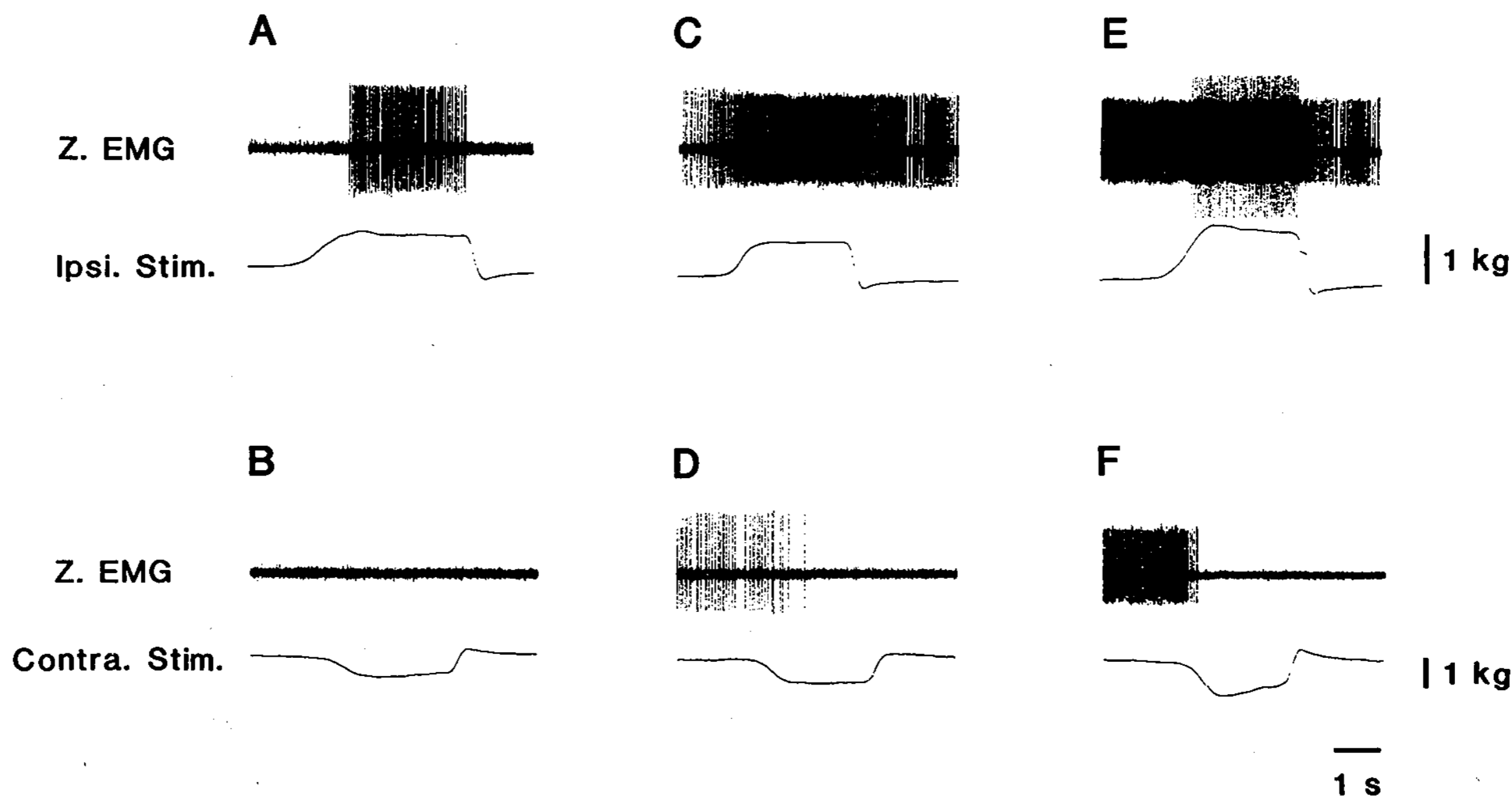


Fig. 1. Excitatory and inhibitory reflex responses of the zygomatico-mandibular muscle to pressure on the upper molars. Upper trace of each record shows EMG of the zygomatico-mandibular muscle and lower trace shows pressure stimulation to the upper molars. Pressure stimulation to the ipsilateral molars is shown as upward deflection and stimulation to the contralateral molars as downward deflection. Background activity is 0 Hz in A, 0 Hz in B, 17Hz in C, 19Hz in D, 47Hz in E and 42Hz in F. In E, large units with high reflex threshold recruited during pressure stimulation.

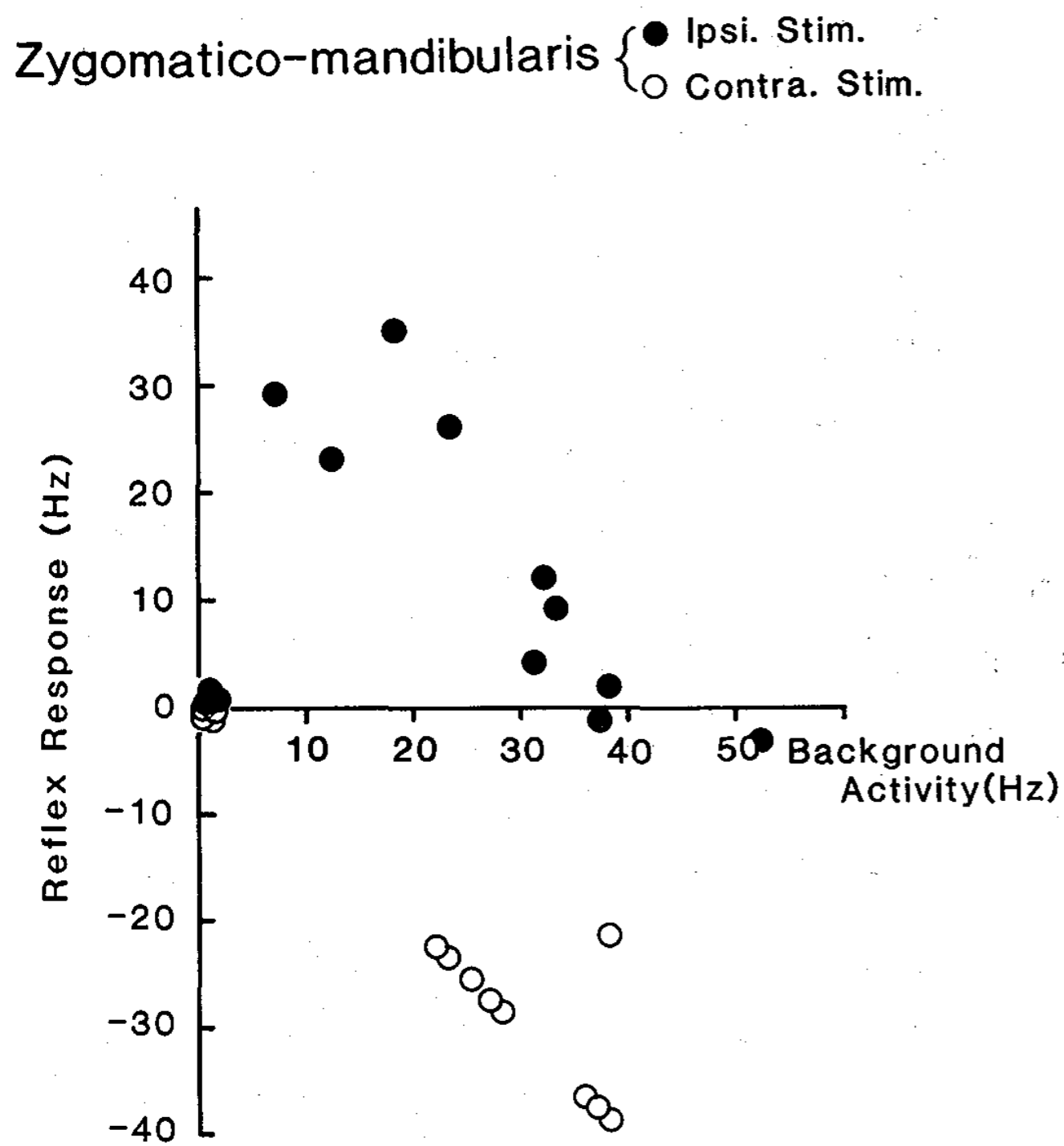


Fig. 2. Relationship between background activity of the zygomatoco-mandibular muscle and reflex response during pressure stimulation to the upper molars. Filled circles: ipsilateral stimulation, open circles: contralateral stimulation. The positive value of reflex response means the excitatory reflex and the negative value means the inhibitory reflex. Excitatory reflexes could be easily elicited with the ipsilateral molar stimulations and inhibitory reflexes could be easily elicited with the contralateral molar stimulations.

は少なくなり反射効果は逆転し、抑制反射も生じるようになる。例えばBGAが47Hzの時同側歯を刺激するともはや興奮反射は生じず、わずかな抑制反射が生じた (Fig. 1 E)。反対側歯刺激ではやはり抑制反射が生じるが抑制量が非常に多く、

BGAが42Hzの時反対側歯刺激により筋活動は全て消失した (Fig. 1 F)。

刺激により、それまで活動を示していないユニットが漸増によって現れることがあった (Fig. 1 E)。これは反射閾値の高いユニットが出現したもので

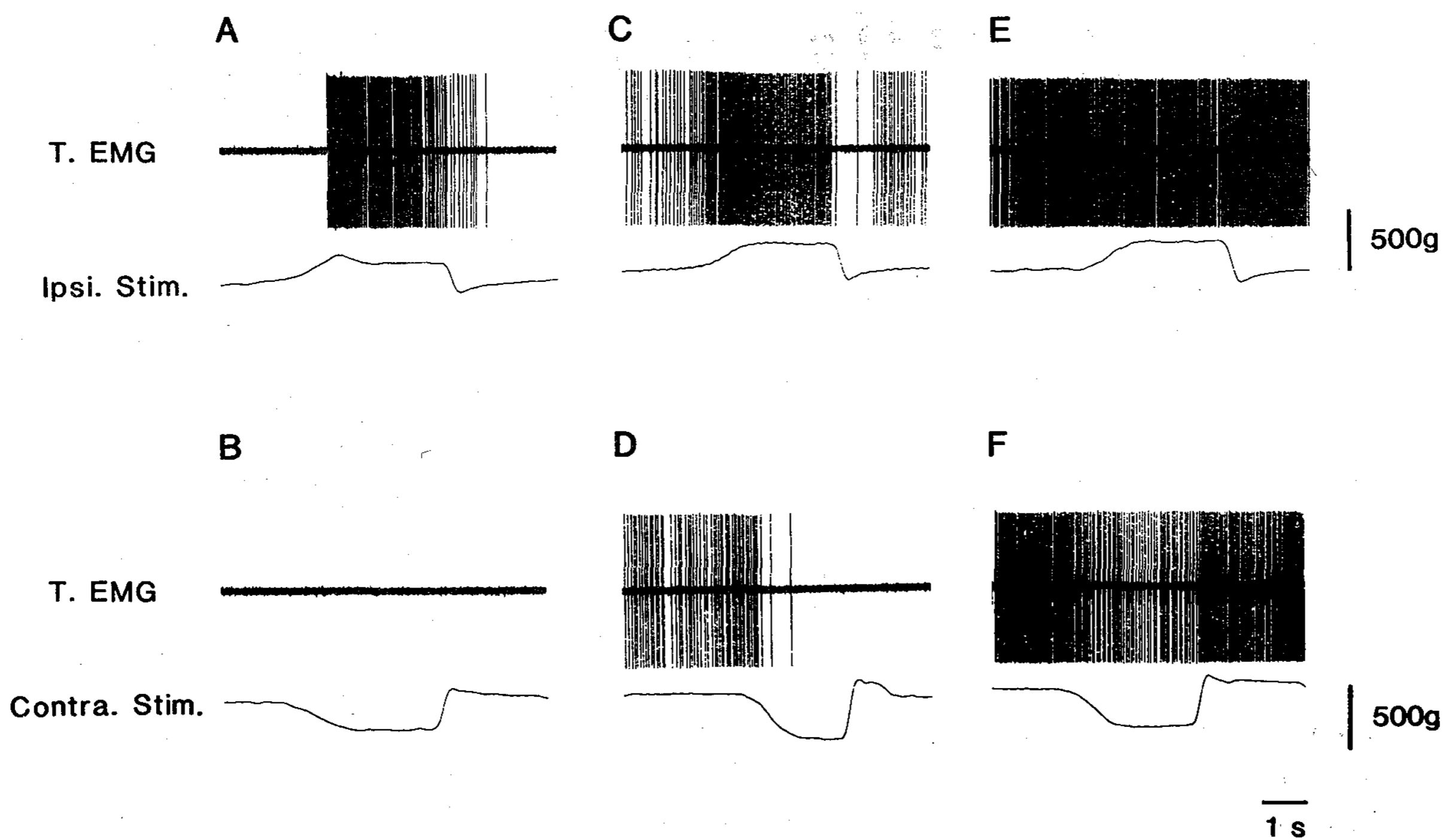


Fig. 3. Excitatory and inhibitory reflex responses of the temporal muscle to pressure on the upper molars. Arrangement of each record is the same as in Fig. 1. Background activity is 0 Hz in A, 0 Hz in B, 14 Hz in C, 15 Hz in D, 26 Hz in E and 27 Hz in F.

ある。ヒトやラットの歯根膜顎筋反射で size principle が成立することは、稲井ら⁶⁷⁾が報告しているが、上述の現象はそれと同様のものであろう。

この様に頬骨下顎筋の応答は同側歯刺激時と反対側歯刺激時で著明に変化した。

この関係を定量的にグラフに示す (Fig. 2)。グラフの横軸はBGAの大きさ、縦軸は反射性応答の増減を示す。即ち正の方向が興奮反射、負の方向が抑制反射の大きさを示している。同側歯を刺激した時の応答は、BGAの低い状態で非常に興奮効果が大きく、BGAが高くなるに従い興奮効果が減少している。BGAが約40Hzで抑制反射へと移行する。反対側歯を刺激した時にはBGAの非常に低い状態から抑制反射が出現し、BGAが高くなるに従い抑制効果が増強した。

この様に、BGAが低い状態から高い状態までの広範囲に於いて、頬骨下顎筋に生じる反射性筋活動は同側歯刺激時と反対側歯刺激時では拮抗的な活動を示した。

ウサギが片側臼歯で咬合する時、作業側の頬骨下顎筋は非常に重要な役割を果たしており、上述のように咬合側の筋に興奮反射、非咬合側の筋に抑制反射が統合的に生じることは、歯根膜からの反射性制御が片側での咬合をより確実にしているということである。

2. 側頭筋の応答

上顎臼歯圧刺激により、側頭筋に緊張性の反射応答が生じた。

側頭筋はヒトやラットでは、主に閉口時に働く筋であるが、ウサギでは頬骨下顎筋と同様下顎を作業側へ偏位させる時に重要な役割を果たす。

臼歯部圧刺激により誘発した反射性応答も頬骨下顎筋と類似し、同側歯刺激で興奮反射効果、反対側歯刺激で抑制反射効果が高かった。BGAの無い時に同側上顎臼歯を刺激するとモーターユニット活動は31Hzに増加したが、同様の刺激を反対側上顎臼歯に与えても興奮は生じなかった (Fig. 3 A・B)。BGAの中程度の時は、同側歯刺激では興奮反射が生じるのに対し、反対側歯刺激では抑制反射が生じた。例えば14Hzのスパイクは

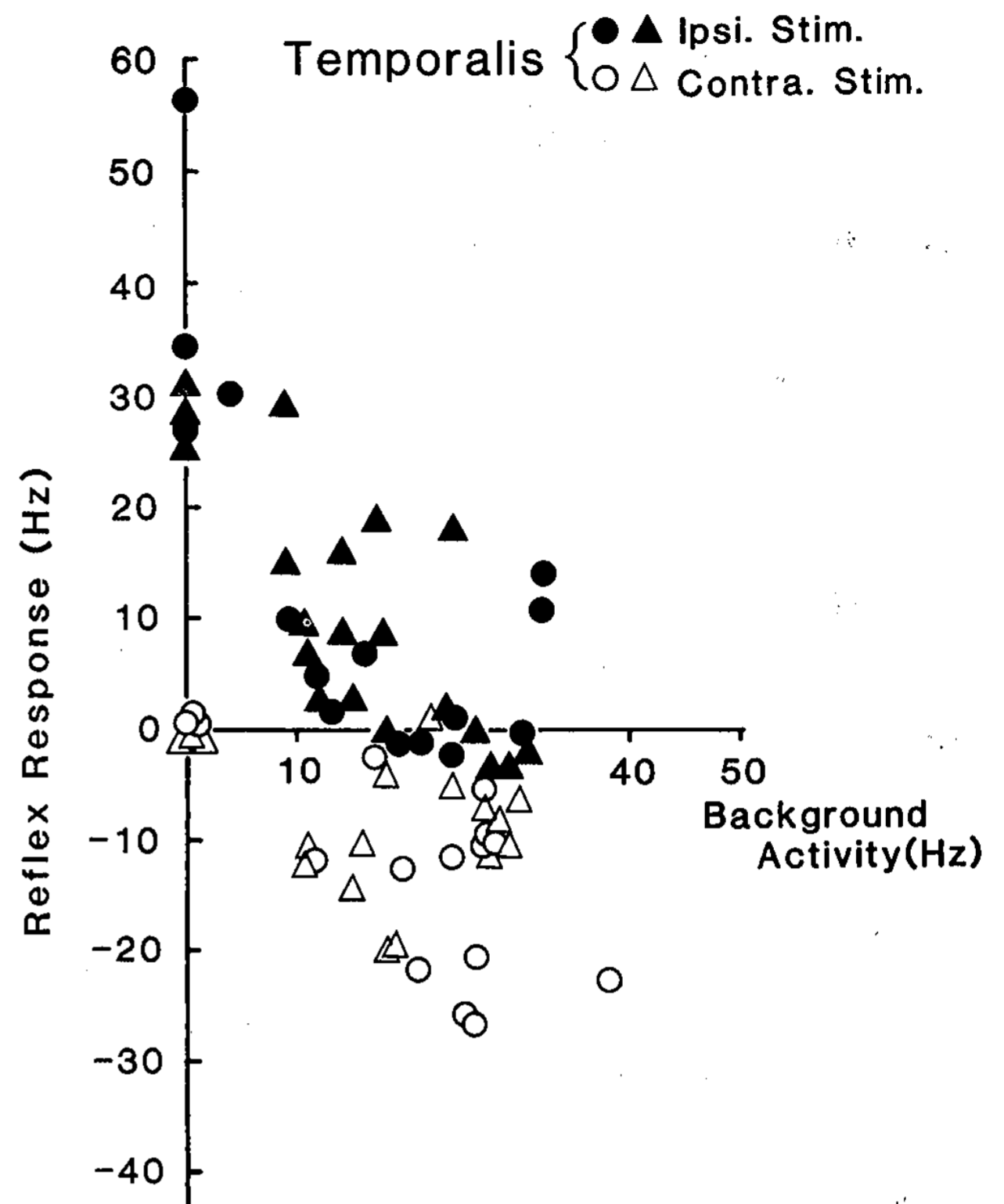


Fig. 4. Relationship between background activity of the temporal muscle and reflex response during pressure stimulation to the upper molars. Reflex responses of two motor units are shown in the graph. Indication of the graph is the same as in Fig. 2. Excitatory reflexes could be easily elicited with the ipsilateral molar stimulations and inhibitory reflexes could be easily elicited with the contralateral molar stimulations.

30Hzに増加したが、反対側歯刺激では15Hzのスパイクはほとんど消失した (Fig. 3 C・D)。BGAが高くなると同側歯刺激時の興奮効果は生じにくくなり、抑制反射の生じる場合もあった。反対側歯刺激では抑制効果が更に増強した (Fig. 3 E・F)。

これらの応答をBGAとの関係でグラフにした (Fig. 4)。頬骨下顎筋と同様、同側歯刺激時と反対側歯刺激時の側頭筋の応答は拮抗的な活動を示した。また同側歯刺激に於いてもBGAが高くなると興奮反射効果は減少し抑制反射へと移行した。反対側歯刺激時はBGAの非常に低い時から抑制反射が生じたが、BGAが増加するにつれ抑制反射効果が増強した。

側頭筋と頬骨下顎筋は下顎の作業側への偏位に於いて協調的な働きをする筋であるが、反射性筋

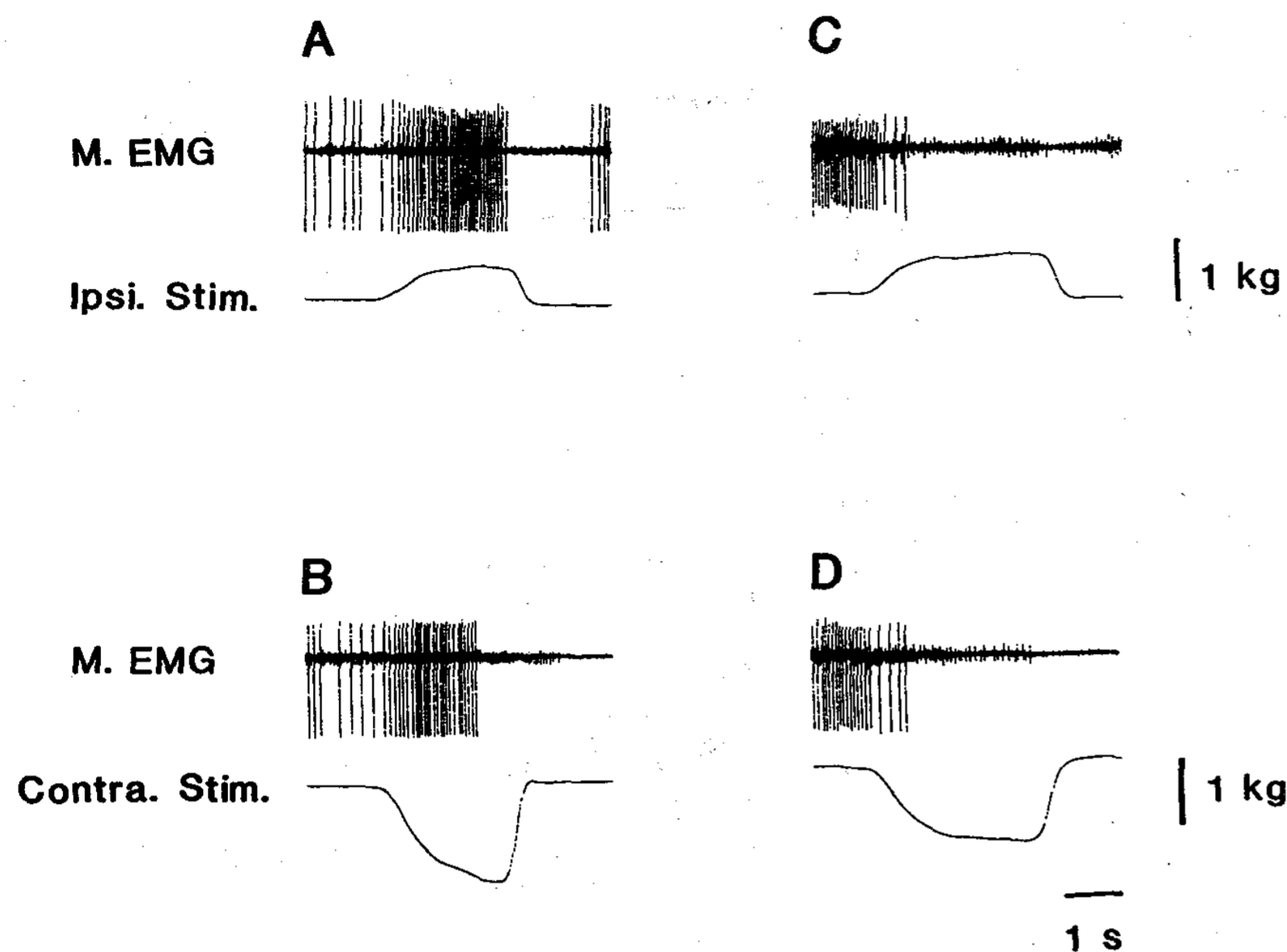


Fig. 5. Excitatory and inhibitory reflex responses of the masseter muscle to pressure on the upper molars. Arrangement of each record is the same as in Fig. 1. Background activity is 5 Hz in A, 5 Hz in B, 17 Hz in C and 15 Hz in D.

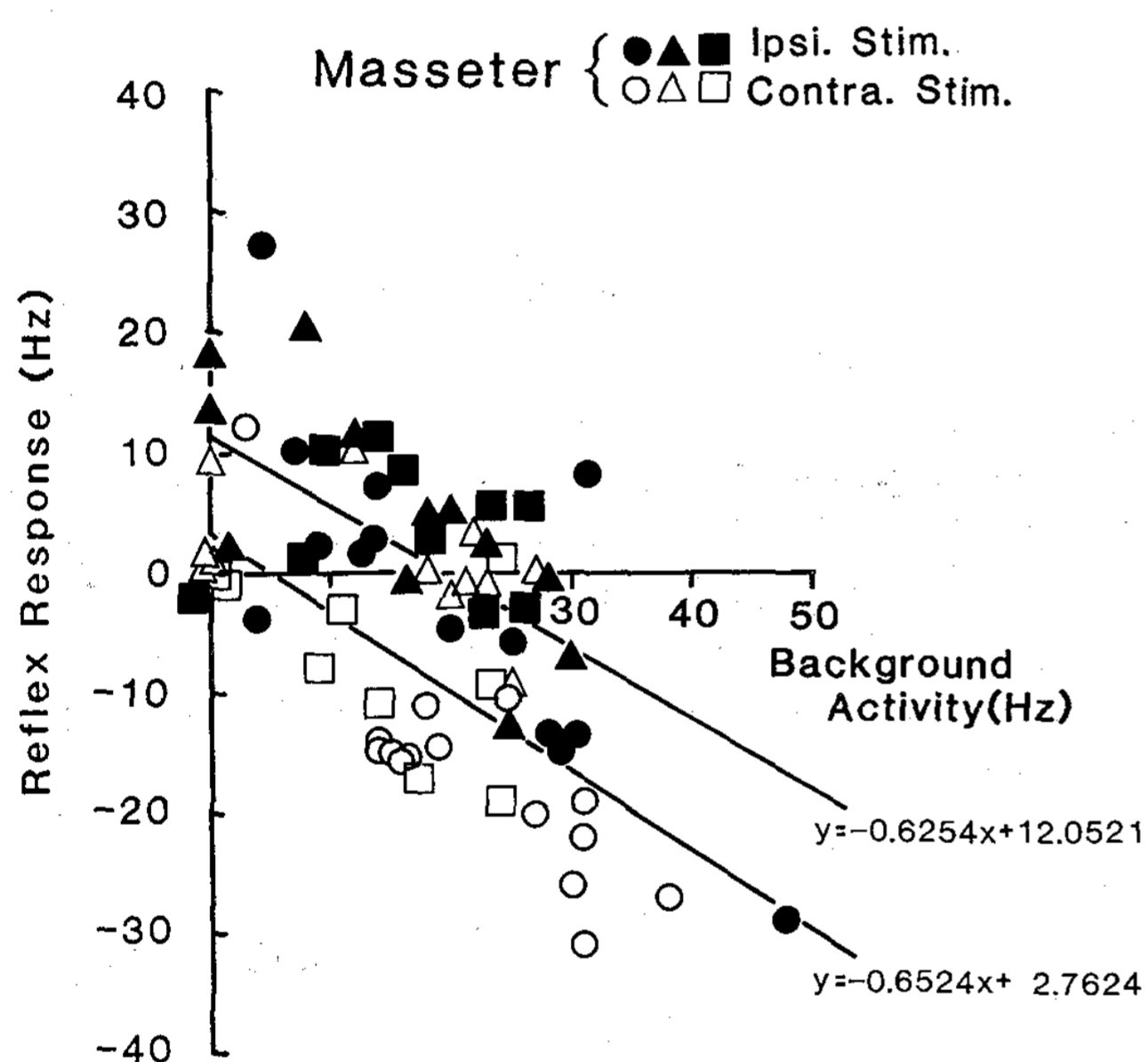


Fig. 6. Relationship between background activity of the masseter muscle and reflex response during pressure stimulation to the upper molars. Reflex responses of three motor units are shown in the graph. Indication of the graph is the same as in Fig. 2. The regression lines were drawn according to the following calculated functions.

$y = -0.6254x + 12.0521$ (filled symbols), $y = -0.6524x + 2.7624$ (open symbols).

活動に於いてもこれら2筋は協調的な活動を示した。

3. 咬筋の応答

一侧の上顎臼歯に持続的な圧刺激を加えると、咬筋に緊張性の反射性応答を引き起こすことができた。

咬筋は側方運動成分に於いては下顎を筋と同側へ偏位させるものであるが、主な働きは下顎の挙上である。本実験で記録されたモーターユニットは下顎を筋と反対側へ偏位させた時と、開口時のどちらでも伸展反射の生じたものであった。

咬筋に生じた反射性応答をFig. 5に示す。BGAが5 Hzの時、同側の上顎臼歯に圧刺激を加え

ると刺激中のスパイク頻度は18 Hzに増加し、反対側の臼歯刺激では13 Hzに増加した (Fig. 5 A・B)。この様にBGAの低い状態では同側歯刺激時、反対側歯刺激時共に興奮反射が生じた。しかしBGAの高い状態では同側歯刺激時も反対側歯刺激時も持続性の抑制反射が生じた (Fig. 5 C・D)。

この様に咬筋に於いては同側歯刺激時と反対側歯刺激時の応答の差は、Fig. 5では頬骨下顎筋や側頭筋ほど明確ではない。しかしグラフで定量的に示すことによりこの関係は明らかになった。

Fig. 6に於いて、咬筋の応答を示す3種のシンボルはそれぞれ異なる3つのユニットの応答であ

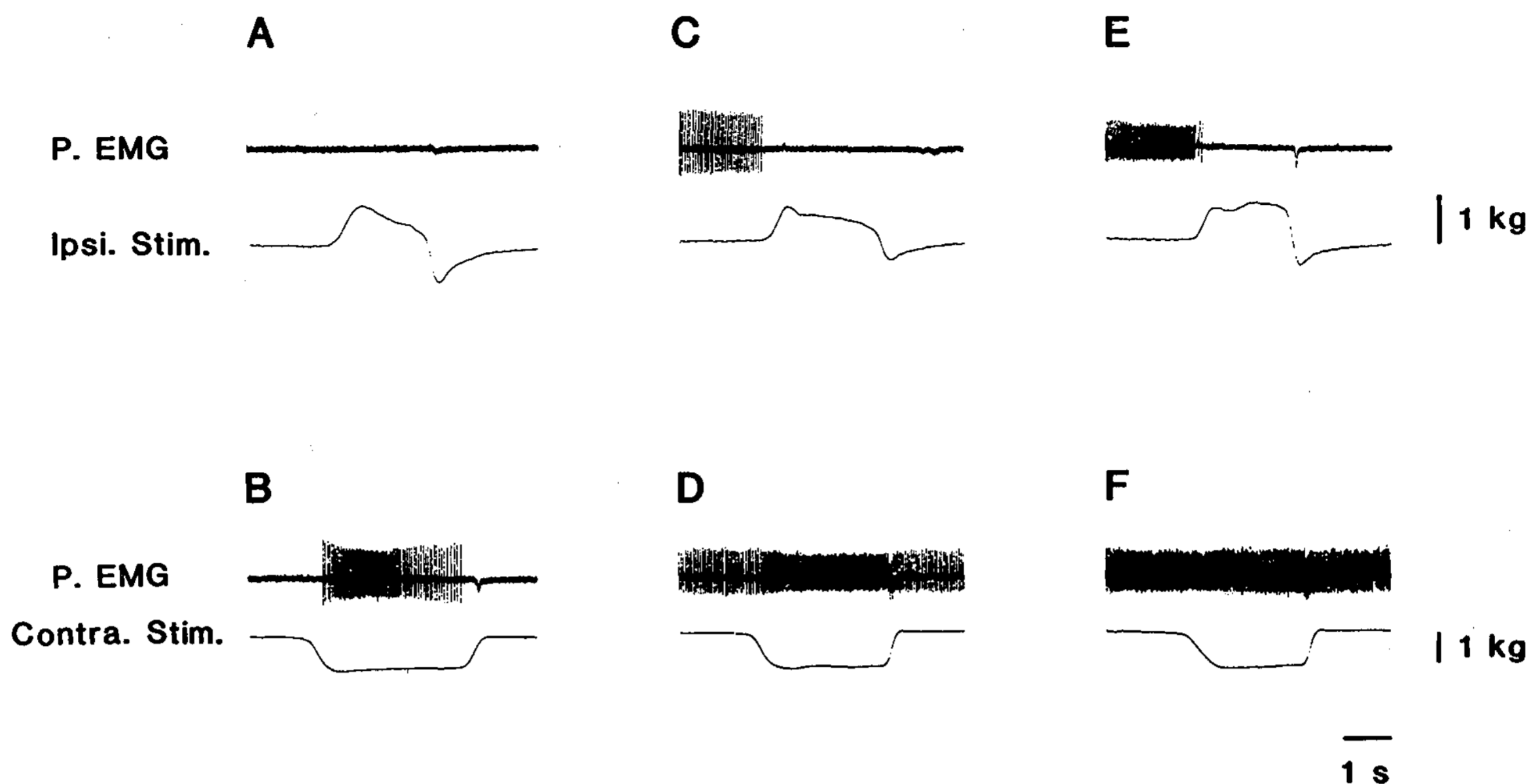


Fig.7. Excitatory and inhibitory reflex responses of the medial pterygoid muscle to pressure on the upper molars. Arrangement of each record is the same as in Fig.1. Background activity is 0 Hz in A, 0 Hz in B, 23 Hz in C, 21 Hz in D, 35 Hz in E and 36 Hz in F.

る。これらは全てFig. 5 の様に刺激中に緊張性の反射応答を示したものであった。同側歯刺激時の方が反対側歯刺激時よりも興奮反射の生じやすいことは明らかであるが、その差は頬骨下顎筋や側頭筋ほど明瞭ではない。そこで咬筋の応答に関しては、同側歯刺激時と反対側歯刺激時についてそれぞれ回帰直線を求め y 切片の差の検定を行ったところ、同側歯刺激時と反対側歯刺激時では BGA に対する咬筋の応答に有意差が認められた ($y = -0.6254x + 12.0521$, $y = -0.6524x + 2.7624$, $p < 0.001$)。

以上の結果より、次の様なことが明らかになった。

咬筋には臼歯刺激により反射性活動が生じ、筋と同側歯刺激の場合と反対側歯刺激の場合の活動は、BGAの小さい時には協調的である。即ち筋と同側、反対側どちらの臼歯で咬合しても、咬筋の筋活動は増強される。しかしBGAが大きくなるに従い同側歯刺激時と反対側歯刺激時の咬筋の反射性応答は、互いに拮抗的になってくる。即ち、筋と同側臼歯での咬合は筋活動を増強するが、反対側臼歯での咬合は逆に筋活動を抑制する。また、更にBGAの高い状態では同側咬合反対側咬合ど

ちらも咬筋活動の減弱を引き起こすのである。

4. 内側翼突筋の応答

上顎臼歯の持続的な圧刺激により内側翼突筋に緊張性の反射性応答が生じた。

内側翼突筋は、下顎を挙上すると共に下顎を筋と反対側へ偏位させる筋である。本実験では内側翼突筋の筋電図を記録する際に、伸展反射で試して側方成分の強いユニットを選択的に記録した。

内側翼突筋は側方運動に際しては頬骨下顎筋、側頭筋と拮抗筋である。このため筋と同側歯刺激時と反対側歯刺激時の応答は、これらの筋と全く逆の結果が得られた。つまり同側歯を刺激した時に抑制反射効果が高く、反対側歯を刺激した時に興奮反射効果が高かった。

BGAが無い時に同側上顎臼歯を刺激すると、内側翼突筋に反射性応答は生じなかったが、同様の刺激を反対側上顎臼歯に与えると、内側翼突筋のモーターユニットの活動は、33Hzに増加した (Fig. 7 A・B)。BGAが中程度の時も、同側歯刺激で抑制反射、反対側歯刺激で興奮反射が生じた。例えば、23Hzのモーターユニット活動が同側歯の刺激で全て消失したが、反対側歯の刺激では21Hzのモーターユニットの活動は37Hzに増加

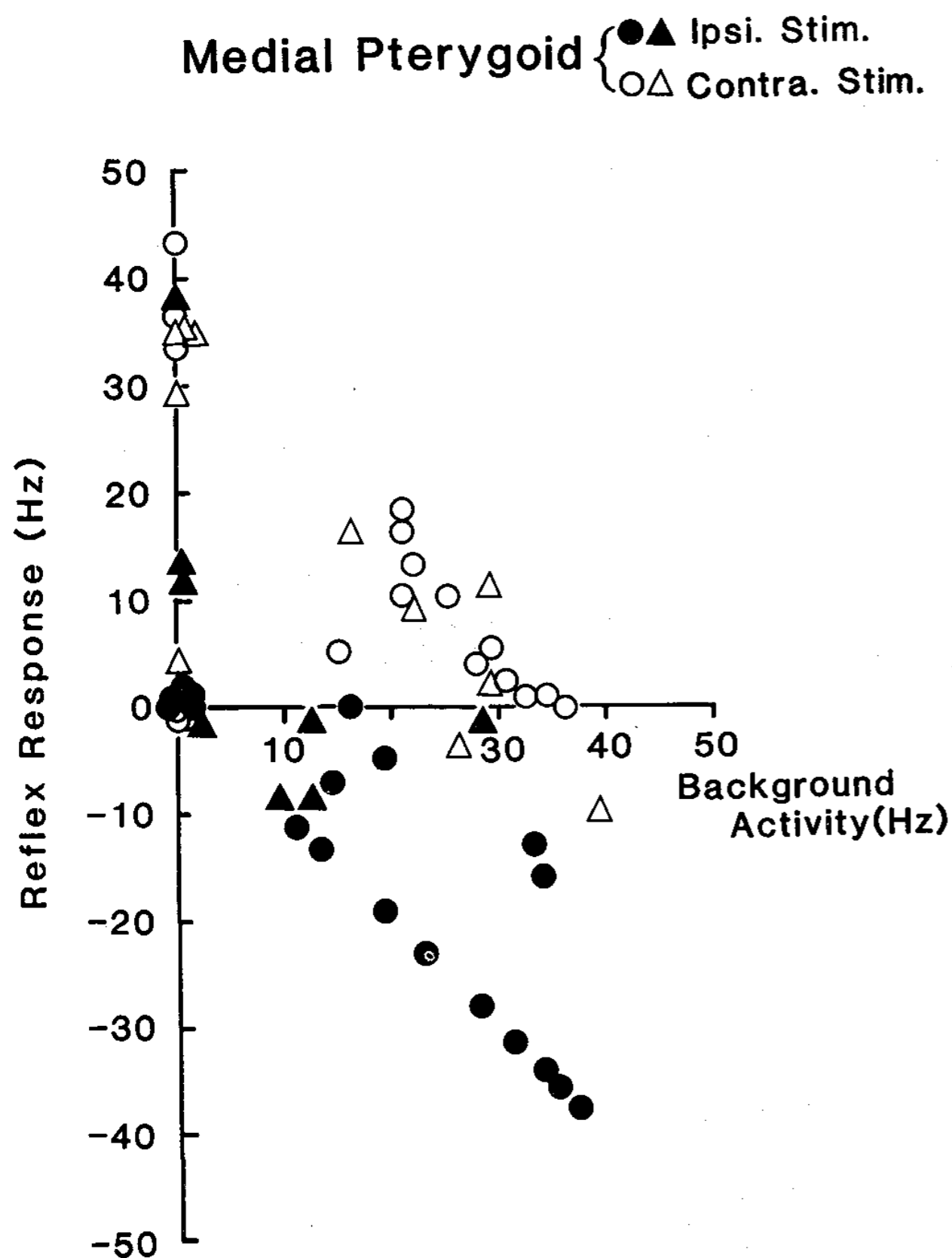


Fig. 8. Relationship between background activity of the medial pterygoid muscle and reflex response during pressure stimulation to the upper molars. Reflex responses of two motor units are shown in the graph. Indication of the graph is the same as in Fig. 2. Inhibitory reflexes could be easily elicited with the ipsilateral molar stimulations and excitatory reflexes could be easily elicited with the contralateral molar stimulations.

した (Fig. 7 C・D)。BGAが高くなると同側歯刺激による抑制効果は更に高くなり、反対側歯刺激による興奮効果は減少した。BGAが35Hzの時同側歯を刺激すると抑制反射によりスパイクは全て消失し、BGAが36Hzの時反対側歯を刺激しても、興奮反射は生じにくくなっており活動の増加はほとんどみられなくなった (Fig. 7 E・F)。

BGAと内側翼突筋の応答をグラフに示すと、これらの関係がより明確になる (Fig. 8)。グラフの2種のシンボルは、それぞれ2つのユニットの応答である。同側歯刺激では、BGAの非常に低い時から抑制反射が生じ、BGAの増加と共に抑制効果は高くなった。反対側歯刺激では、興奮反射が生じやすいことが解る。反対側歯刺激時に

於いてもBGAの増加に伴い興奮反射効果は減少し抑制反射が生じるようになる。

内側翼突筋が閉口筋でもありながら、同側歯刺激時と反対側歯刺激時の筋の協調的な応答が咬筋のように生じなかったのは、側方成分の強いユニットを選択的に記録しているからであろう。

ラットの咬筋、側頭筋は閉口運動に際しては協調的、前後運動に際しては拮抗的に働くが、これらの関係が歯根膜の入力による反射性筋活動に於いても成り立つことを稲井ら¹⁾²⁾³⁾は明らかにした。本実験では下顎の側方運動に際して頬骨下顎筋、側頭筋、咬筋には協調的な、これらの筋と内側翼突筋の間には拮抗的な反射性制御が働いていることが明らかになった。

また、本実験で検討した全ての筋に於いて、同側歯刺激時も反対側歯刺激時もBGAの低い時には興奮反射が生じやすいが、BGAの増加と共に反射効果は興奮から抑制へと逆転し、抑制反射に移行した後はBGAの増加に従い更に抑制効果が増強している。

このようなBGAと反射応答との関係は、田口ら⁸⁾、稲井ら¹⁾³⁾がラット上顎切歯を舌唇方向に圧刺激した時に、咬筋で同様の応答が生じることを報告している。これらの現象は、筋がある程度まで活動している時は歯根膜からの入力が咀嚼筋の活動を増強させるが、筋がかなり大きな活動状態にある時は歯根膜からの入力が咀嚼筋活動を逆に抑制するように働いていることを示す。

5. 上顎臼歯刺激による、下顎の反対側への側方運動

上顎臼歯を捻転させると、下顎は刺激側と反対側に偏位をした。刺激中には、反対側の頬骨下顎筋が持続的な高頻度の発火を続けた (Fig. 9)。それに伴い下顎は反対側への著明な偏位を示した。刺激を中止すると頬骨下顎筋の興奮は消失し、下顎は正中に戻った。

上述の様な臼歯捻転刺激により、この反射が生じたが、臼歯への軸方向の圧刺激では刺激強度を8kgまで上げててもこの反射は認められなかった。

本項での筋の応答は、上顎臼歯を軸方向から圧刺激した場合の応答とは下顎偏位の方向が全く逆

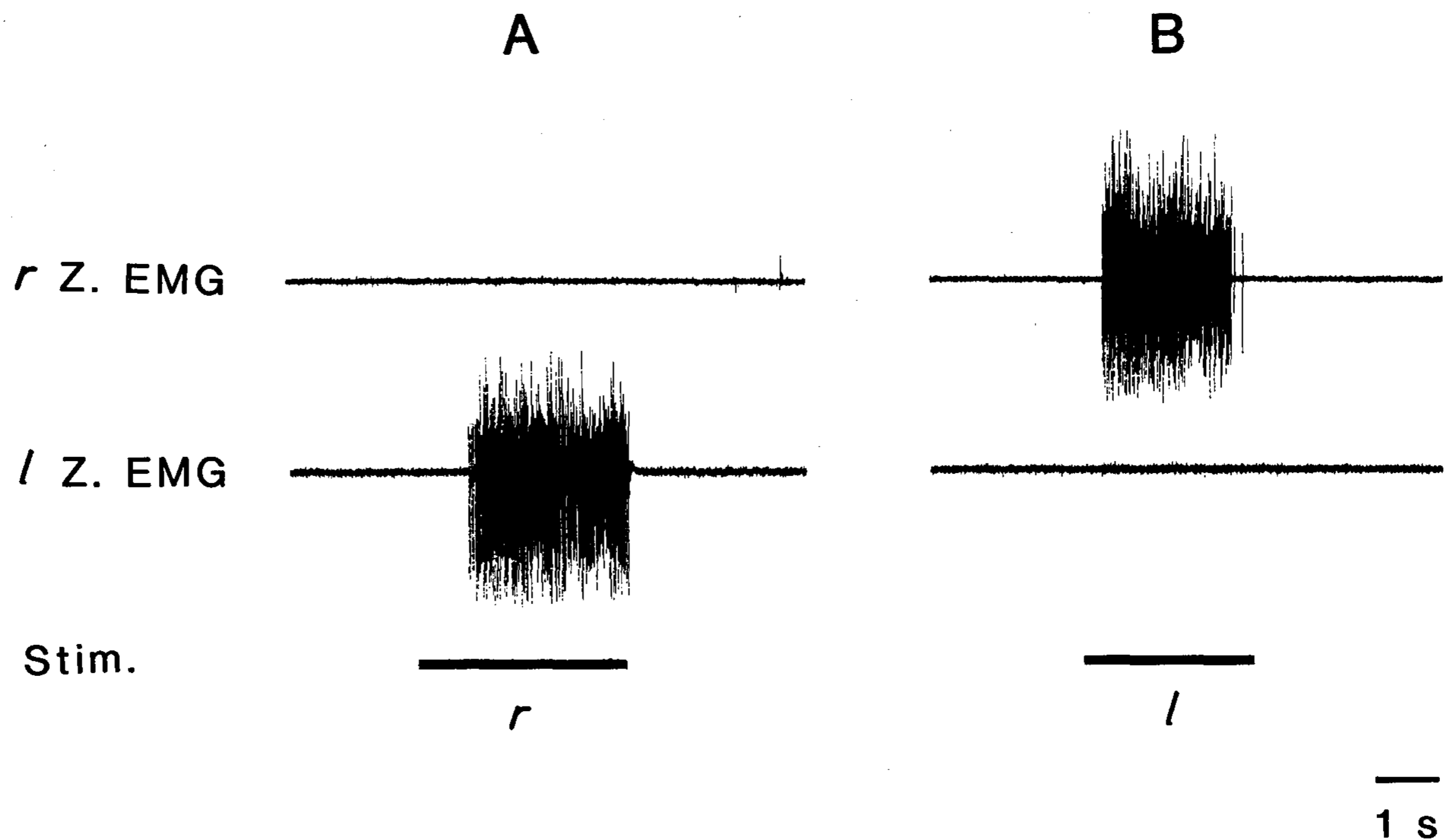


Fig.9. Excitatory reflexes of the zygomatico-mandibular muscle with the contralateral molar stimulation. The thick bars indicate the period of application of wrenching stimulation to the right (A) and left (B) molars.

である。前述の上顎臼歯咬合面からの圧刺激では刺激側へ下顎が偏位するよう各筋に興奮、抑制反射が生じたが、本項では刺激側と反対方向へ下顎が偏位している。刺激の強度を変えることにより、上顎臼歯圧刺激時で報告した結果とは全く異なる反射が生じたのであろう。

考 察

1. ウサギ下顎の機械的特徴と側方運動

ウサギの歯列は、臼歯部に於いて上顎歯列に比べ、下顎歯列が約一歯分正中よりに配列している⁹⁾。このため、臼歯部で咬合する時は下顎を作業側に偏位させることが必要である。また臼歯部咬合面は、上下臼歯が比較的自由にスライドできるような形態を示す¹⁰⁾。この様にウサギの顎の形態は下顎側方運動に適したものとなっている。

また、ウサギの咀嚼中には、下顎の側方運動を伴う臼磨運動が頻繁にみられる¹¹⁾¹²⁾。

本実験で検討した頬骨下顎筋、側頭筋、咬筋、内側翼突筋は全て下顎を側方へ偏位させる時に作用する。各筋の水平方向の作用は、頬骨下顎筋、

側頭筋、咬筋は下顎を筋と同側へ偏位させ、内側翼突筋は下顎を筋と反対側へ偏位させる。また、上述の筋は下顎挙上筋として分類されているが、下顎挙上の中心的な役割を果たす筋は咬筋と内側翼突筋である。

これらの筋の協調的機能、拮抗的機能については、遠心性には筋電図によって¹¹⁾、求心性には筋紡錘の活動を中枢で記録することにより¹³⁾明らかにされている。即ち、頬骨下顎筋と側頭筋は協調的に、頬骨下顎筋と内側翼突筋は側方成分に関して拮抗的に機能する。また、内側翼突筋と咬筋は垂直成分に関しては協調的、側方成分に関しては拮抗的に機能している。特に内側翼突筋と咬筋の筋紡錘求心性入力の活動を中脳路核より記録すると、開口時には両方に活動が生じるが、下顎を左右に動かすと全く拮抗的な活動を示す。

以上の様に、下顎の側方運動に関する咀嚼筋の遠心性機能、求心性機能の研究はなされているが、反射性機能の研究はまだなされていない。顎運動の歯根膜からの反射性制御機構は、開閉口運動、下顎の前後運動に関しては既に報告されているが、

下顎の側方運動に関する統合的な報告はない。本実験で臼歯歯根膜の求心性入力により各咀嚼筋に生じる反射性活動を記録し、下顎側方運動時のそれらの筋活動の統合的な作用を検討した。

2. 歯根膜から咀嚼筋への反射性制御

歯根膜の刺激により咀嚼筋に生じる反射性活動を報告したものは数多く、開閉口運動¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾²²⁾²³⁾、下顎の前後運動¹⁾²⁾²⁴⁾²⁵⁾、下顎の側方運動に関するもの⁴⁾⁵⁾がある。

下顎の側方運動に着目した反射について、Lundら⁴⁾はウサギの切歯歯根膜からの入力が、下顎を刺激側と反対側へ偏位させる反射を報告し、Lateral jaw movement reflexと名付けた。

その後、Lavigneら⁵⁾は同様の反射が上顎臼歯に圧刺激を加えた場合にも生じることを報告している。しかし、Lavigneらの報告では、少数例であるが、下顎が刺激側と同側へ偏位したものもあるという。

Lundらの報告とは逆に、刺激側での咬合が増強する例として、Lavigneらは、ウサギの皮質咀嚼野を刺激して誘発したリズムカルな下顎運動中、臼歯間にスチールボールを挿入する実験を行い、咬合側の咬筋活動の増大を報告している。またMorimotoら²⁶⁾は、やはりウサギの皮質咀嚼野の刺激でリズムカルな下顎運動を生じさせ、上下臼歯間にウレタンフォームストリップスを挿入すると咬合側の咬筋活動の著しい増加がみられることを明らかにした。

また、Inoueら²⁷⁾は、食物の硬さによりウサギの臼磨運動の側方成分が変化することを報告している。硬い食物を咀嚼した時の方が、軟らかい食物を咀嚼した時より臼磨時の下顎の側方への偏位量が大きくなり、この大きさは歯根膜神経の切断により減少し、その減少量が硬い食物咀嚼時の方が軟らかい食物咀嚼時よりも多いことから、咀嚼中の下顎側方運動は歯根膜からの反射性調節を受けているのであろうと考察している。

以上の報告は歯根膜からの反射を含む自然咀嚼中や上位中枢刺激時の下顎運動である。本実験では臼歯刺激時の咀嚼筋の活動を記録することにより、歯根膜からの反射性活動を明らかにした。

本実験では上顎臼歯に圧刺激を加えた時、興奮反射の生じやすい筋は刺激側と同側の頬骨下顎筋、側頭筋、咬筋、刺激側と反対側の内側翼突筋であり、抑制反射の生じやすい筋は刺激側と同側の内側翼突筋、刺激側と反対側の頬骨下顎筋、側頭筋、咬筋であった。これらの反射性制御により、顎は作業側で機能しやすくなるのであろう。

以上の反射とは逆に、下顎が刺激側と反対側へ偏位するLavigneらの報告と同様の反射も刺激強度を変えることにより認められた。このような反射は臼歯の軸方向からの圧刺激では刺激強度を8kgまで上げて生じなかったが、臼歯を捻転するような強刺激でのみ認められた。即ち臼歯の機械的刺激により下顎が刺激側と反対側へ偏位するものは反射閾値が高く、刺激側へ偏位するものは反射閾値が低かった。

3. 下顎運動の統合的反射性制御機構

歯根膜からの入力が、咀嚼筋に統合的な反射性活動を生じさせることに関して、稲井ら¹⁾²⁾³⁾は下顎の開閉、前後運動に着目した報告をラットでしている。ラットの切歯臼歯間距離は下顎に比較し上顎で長く、切歯咬合時には下顎を前方へ、臼歯咬合時には下顎を後方へ動かしている。このような動物で切歯、臼歯から咬筋、側頭筋に生じる反射性活動を記録したところ、前後運動に関しては拮抗的、開閉口に関しては協調的な活動がみられた。

この様にラットでは、顎や筋の機械的關係から、顎の開閉運動と前後運動の間での統合的な反射性制御機構を明らかにすることができた。

これに対し、ウサギの下顎の機械的特徴から、顎の側方運動に関する左右両側の筋群間での統合的な作用について本実験で検討した。

ウサギの咀嚼筋の機能のうち、本実験で検討した頬骨下顎筋、側頭筋、内側翼突筋は、それぞれ両側の筋が側方運動に際しては拮抗的に機能するものである。また、咬筋は両側の筋が開閉口運動時は協調的に側方運動時には拮抗的に機能している。

これらの筋の反射性活動を検討し、一侧の臼歯から両側の筋に生ずる反射を考察すると、頬骨下顎筋、側頭筋、内側翼突筋については両側の筋に

拮抗的な反射性活動が認められた。両側の咬筋にはBGAが非常に低い時と高い時には協調的な、中程度の時には拮抗的な反射性活動が生じた。

また、同側の筋では、頬骨下顎筋と内側翼突筋、側頭筋と内側翼突筋の間には明らかに拮抗的な反射性制御がみられた。この様に形態的に拮抗的な関係にある2筋の間には反射的にも拮抗的な制御機構が認められた。

内側翼突筋と咬筋は形態的には垂直成分に於いては協調筋、側方成分に於いては拮抗筋であるが、本実験では内側翼突筋では側方成分の強いモーターユニットを選択したため、反射性制御機構に於いても咬筋と拮抗的な面のみが強く現れたのであろう。

以上のことから下顎の側方運動に於いても、各咀嚼筋間に統合的な反射性制御が生じていることが明らかになった。

これらの筋の反射効果の様式はBGAによっても変化した。田口ら⁸⁾、稲井ら¹³⁾はラットの切歯圧刺激時の咬筋の応答が、BGAによって変化することを報告している。

本実験に於いても、咬筋の反射性活動は、BGAが高くなるに従って興奮から著明な抑制へと変化した。BGAの非常に低い時は開口時に相当し、非常に高い時は強い咬合時に相当すると考えられ、この時には両側の筋に協調的な反射性活動が生じている。そして、BGAの中程度の時は両側の筋に拮抗的な活動が生じており側方運動に対する制御が働いているのであろう。

また本実験の頬骨下顎筋、側頭筋、内側翼突筋ではBGAを変化させても両側の筋の間に協調的な反射効果が現れにくかった。これらの筋では両側の筋の間に機械的に拮抗的な関係が強いため、拮抗的な反射性制御機構のみが強く現れているのであろう。

下顎の開閉口、前後運動に関しては切歯、臼歯からそれぞれ統合的な反射性制御が働き、両側の臼歯からは下顎の側方運動への反射性制御が働く。また、田口²²⁾はラットの上顎切歯を舌側から刺激した時と、下顎切歯を唇側から刺激した時、即ち正常咬合時に働く方向と同じ方向に刺激を加える

と咬筋に閉口反射が生じるのに対し、上顎切歯に唇側から、下顎切歯に舌側から、即ち正常時には作用しない方向に刺激を加えると咬筋に抑制反射が生じることを報告している。

この様に咀嚼運動中に切歯、両側臼歯歯根膜から各咀嚼筋に生じる反射性筋活動は統合的なものであり、それら各筋の活動がスムーズな顎運動を司っていることが明らかである。

咀嚼中に下顎の開閉運動のみならず、前後運動、側方運動とも自由に行うヒトに於いては上述のような全ての統合的な反射性制御を考慮していく必要があるであろう。

稿を終えるにあたり、終始御援助下さいました、佐藤清作、高橋義弘両氏を始めとする口腔生理学教室の各位に厚く謝意を表します。

文 献

- 1) Inai, C., Kosugi, S., Ono, K., Takahashi, Y. and Shimada, K.: Incisor and molar control mechanism of jaw movement in the rat. *J. Physiol. Soc. Japan* **50**: 451, 1988.
- 2) Inai, C., Ishii, M., Ono, K., Kosugi, S. and Shimada, K.: Periodontal jaw reflexes which regulate masseter and temporal motor units in the rat and man. *Jpn. J. Physiol.* **39**: s116, 1989.
- 3) 稲井千絵, 小野和宏, 石井雅子, 島田久八郎: 歯根膜入力による閉口筋 motor unit の反射性制御機構. *歯基礎誌* **31** (補冊): 4, 1989.
- 4) Lund, J. P., McLachlan, R. S. and Dellow, P. G.: A lateral jaw movement reflex. *Exp. Neurol.* **31**: 189-199, 1971.
- 5) Lavigne, G., Kim, J. S., Valiquette, C. and Lund, J. P.: Evidence that periodontal pressoreceptors provide positive feedback to jaw closing muscles during mastication. *J. Neurophysiol.* **58**: 342-358, 1987.
- 6) Inai, C. and Shimada, K.: Differential

- control of large and small motor unit activity in the jaw closing muscles by periodontal input. *Jpn. J. Physiol.* **40**: s210, 1990.
- 7) 稲井千絵, 島田久八郎: 咬筋 motor unit の大きさに応じた切歯及び臼歯からの反射性調節機構. *歯基礎誌* **32** (補冊): 116, 1990.
- 8) 田口洋, 高橋義弘, 佐藤清作, 島田久八郎: ラット上顎切歯圧刺激による歯根膜顎反射. *歯基礎誌* **28**: 253-269, 1986.
- 9) Ardran, G. M. and Kemp, F. H. : A radiographic analysis of mastication and swallowing in the domestic rabbit : *Oryctolagus cuniculus* (L) . *Proc. Zool. Soc. Lond.* **130**: 257-274, 1958.
- 10) Fox, S. S. : Lateral jaw movements in mammalian dentitions. *J. Prosth. Dent.* **15**: 810-825, 1965.
- 11) Weijs, W. A. and Dantuma, R. : Functional anatomy of the masticatory apparatus in the rabbit (*Oryctolagus cuniculus* L). *Netherl. J. Zool.* **31**: 99-147, 1981.
- 12) 山田好秋, 原口尚久: 無拘束・無麻酔のウサギの咀嚼運動. *歯基礎誌* **31** (補冊): 2, 1989.
- 13) Jerge, C. R. : Organization and function of the trigeminal mesencephalic nucleus. *J. Neurophysiol.* **26**: 379-392, 1963.
- 14) Sherrington, C. S. : Reflexes elicitable in the cat from pinna, vibrissae and jaws. *J. Physiol. (Lond.)* **51**: 404-431, 1917.
- 15) Hannam, A. G. and Matthews, B. : Reflex jaw opening in response to stimulation of periodontal mechanoreceptors in the cat. *Arch. Oral Biol.* **14**: 415-419, 1969.
- 16) Goldberg, L. J. : Masseter muscle excitation induced by stimulation of periodontal and gingival receptors in man. *Brain Res.* **32**: 369-381, 1971.
- 17) Funakoshi, M. and Amano, N. : Periodontal jaw muscle reflexes in the albino rat. *J. Dent. Res.* **53**: 598-605, 1974.
- 18) Klopogge, M. J. G. M. : Reflex control of the jaw muscles by stimuli from receptors in the periodontal membrane. *J. Oral Rehabil.* **2**: 259-272, 1975.
- 19) Amano, N. and Funakoshi, M. : Tonic periodontal-masseteric reflex in man. *J. Gifu Dent. Soc.* **3**: 182-183, 1976.
- 20) 濱口五也: 緊張性歯根膜咬筋反射の筋電図学的研究. *歯基礎誌* **20**: 134-143, 1978.
- 21) 井手龍平: ラット歯根膜刺激による咬筋反射パターンの分析. *岐歯学誌* **8**: 93-107, 1980.
- 22) 田口 洋: ラット切歯の機械的刺激により誘発される閉口筋の興奮および抑制反射. *歯基礎誌* **26**: 1228-1244, 1984.
- 23) Dessem, D., Iyadurai, O. D. and Taylor, A. : The role of periodontal receptors in the jaw-opening reflex in the cat. *J. Physiol.* **406**: 315-330, 1988.
- 24) 稲井千絵, 田口洋, 小杉誠司, 島田久八郎: ラット臼歯圧刺激による咬筋反射応答. *歯基礎誌* **29** (補冊): 125, 1987.
- 25) 稲井千絵, 小杉誠司, 小野和宏, 島田久八郎: ヒトの切歯及び臼歯の圧刺激による閉口筋反射. *歯基礎誌* **30** (補冊): 96, 1988.
- 26) Morimoto, T., Inoue, T., Masuda, Y. and Nagashima, T. : Sensory components facilitating jaw-closing muscle activities in the rabbit. *Exp. Brain Res.* **76**: 424-440, 1989.
- 27) Inoue, T., Kato, T., Masuda, Y., Nakamura, T., Kawamura, Y. and Morimoto, T. : Modifications of masticatory behavior after trigeminal deafferentation in the rabbit. *Exp. Brain Res.* **74**: 579-591, 1989.