

## 脳電位分布からみた咬合干渉部位と 大脳半球における脳波局在の関連

羽田 宜弘, 虫本 栄子

岩手医科大学歯学部歯科補綴学第一講座

(主任: 鈴木 哲也 教授)

(受付: 2004年12月20日)

(受理: 2004年12月28日)

**Purpose :** The aim of this study was to examine the relationship between occlusal interference positions and localizing EEG potential in each hemisphere.

**Methods :** Eight healthy dentates were selected as subjects. Electromyograms (EMG) from the bilateral masseter and posterior temporal muscles and electroencephalograms (EEG) were simultaneously recorded and analyzed before and after mastication of kamaboko. Twelve sessions were carried out: the control (Cont), just after (JA), 1~7 days later after wearing the interference (1~7 DL), just after removing the interference (JAR) and 1~2 days after removing the interference (1~2 DLAR).

**Results :** The peak of decreasing masticatory muscle activity during non-interfering side mastication appeared later and continued to decrease, compared to interfering side mastication. EMG coordination pattern was affected by restraint of masseter activity during the interfering side mastication, and by restraint of posterior temporal activity during non-interfering side mastication. After mastication, % $\alpha$  in EEG decreased, and % $\beta$  significantly increased compared to before mastication. % $\beta$  increased later during non-interfering side mastication. % $\alpha$  after mastication showed no significant change in either hemisphere. However % $\beta$  after mastication were significantly higher in the left hemisphere than the right regardless of the mastication side. In addition, hemispheric differences of % $\beta$  appeared later in non-interfering side mastication compared to interfering side mastication.

**Conclusion :** The experimental occlusal interference affected the % $\beta$  of the left hemisphere, and fluctuation of % $\beta$  agreed with EMG appearance. It suggests that impulses from occlusal interference projected to hemisphere activity opposite to the interfering side.

**Key words :** Experimental occlusal interference,  
Hemisphere,  
Electroencephalogram,  
Electromyogram,

---

Relationship between Occlusal  
Interference Position and Localizing EEG Potential per Hemisphere

Nobuhiro HADA, Eiko MUSHIMOTO

Department of Removable Prosthodontics, School of Dentistry, Iwate Medical University  
1-3-27 Chuo-dori, Morioka, Iwate 020-8505, Japan

## 緒 言

非作業側の咬合干渉が咀嚼筋活動の不均衡や疼痛、関節雑音、頭痛、頸の疲労感などの広範な臨床症状を呈したとの報告<sup>1~3)</sup>があり、しばしば原因部位から離れた部位で、障害の原因と同側の領域に疼痛を認めるとの報告<sup>4)</sup>もある。そのような観点から、従来、実験的に咬合干渉を付与して咀嚼筋活動や下顎運動への影響を検索した研究<sup>5, 6)</sup>はきわめて多い。

一方、脳幹より上位の大脳への影響に関しては、近年、PET<sup>7)</sup>やf-MRI<sup>8, 9)</sup>を用いた高次脳機能画像解析から口腔領域の求心性情報に関連した所見が観察されることが報告され、著者らも、脳波<sup>10, 11)</sup>やDipole推定法<sup>12)</sup>、3T-fMRI<sup>13)</sup>の機能画像所見から、咬合干渉の付与が大脳皮質活動に影響を及ぼすことを系統的に報告してきた。

教室の虫本ら、小林らは、一侧への咬合干渉の付与は、ラット脳内においてストレスとして持続的に認知され、咬合干渉部位と対側の扁桃体、梨状葉皮質でc-fos mRNA陽性細胞の発現増大を認め、ストレス応答の対側への投射を示唆した<sup>14, 15)</sup>。このことから、ヒトにおいて、咬合干渉が大脳皮質において局在性をもって影響しているかについては大変重要なところであるが、上位中枢への投射の局在性との関連についてはなお十分明らかではない。

本研究では、一侧に付与した咬合干渉が大脳皮質活動に局在性をもって影響するのかどうかを明らかにするために、実験的咬合干渉を一週間付与し、咀嚼時の咀嚼筋筋電図と咀嚼前後の脳波挙動を経日的に観察し、検討した。

## 研 究 方 法

### 1. 被検者と実験的咬合干渉

本研究は、研究の主旨を十分に説明し同意の得られた、健常有歯齶者8名（平均年齢23.5歳）を被検者とし、教室の方法<sup>10~13)</sup>に従い、下顎右側第二大臼歯に歯科用金銀パラジウム合金で作製した実験的咬合干渉装置を接着し、咬合が垂

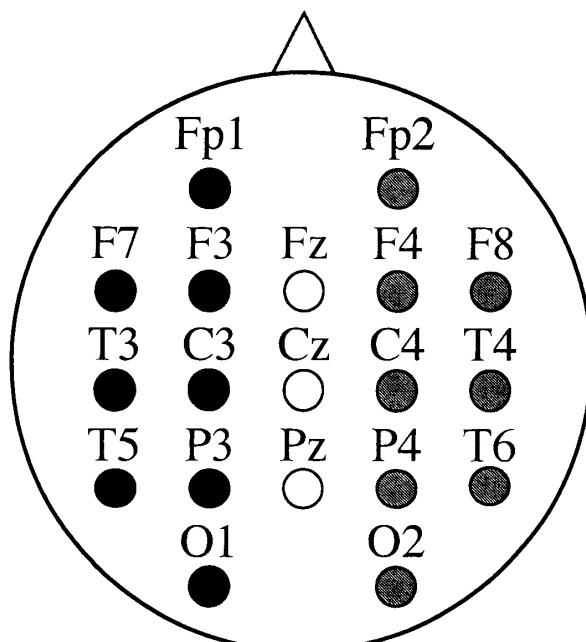


Fig. 1. International 10-20 electrode system standard  
EEG data divided into right and left hemisphere except for central (Fz, Cz, Pz).

直的に約100μm過高となるようにして行った。なお、本研究は岩手医科大学歯学部倫理委員会の承認（01034）を得て行った。

### 2. 観察期日

脳波の観察は干渉付与前（コントロール）、付与直後、付与後1, 2, 3, 4, 5, 6, 7日目、および除去直後、除去後1, 2日目の連日の計12回とした。

筋電図の観察は干渉付与前（コントロール）、付与直後、付与後1, 2, 3, 7日目、および除去直後、除去後1, 2日目の計9回とした。

### 3. 筋電図および脳波の記録と分析

#### 1) データの記録方法

筋電図と脳波の記録は教室の方法<sup>10~12)</sup>に従い、シールドルーム内の椅子に直立座位にて安静閉眼状態で行った。記録開始から約60秒後、脳波にアーチファクトの混入がないことを確認し、カマボコ（15×15×15mm）を干渉付与側（右）または非干渉付与側（左）を作業側として嚥下まで随意に片側咀嚼を行わせた後、嚥下終了後さらに60秒以上記録した。

表面筋電図は、ポリグラフ（日本GEマル

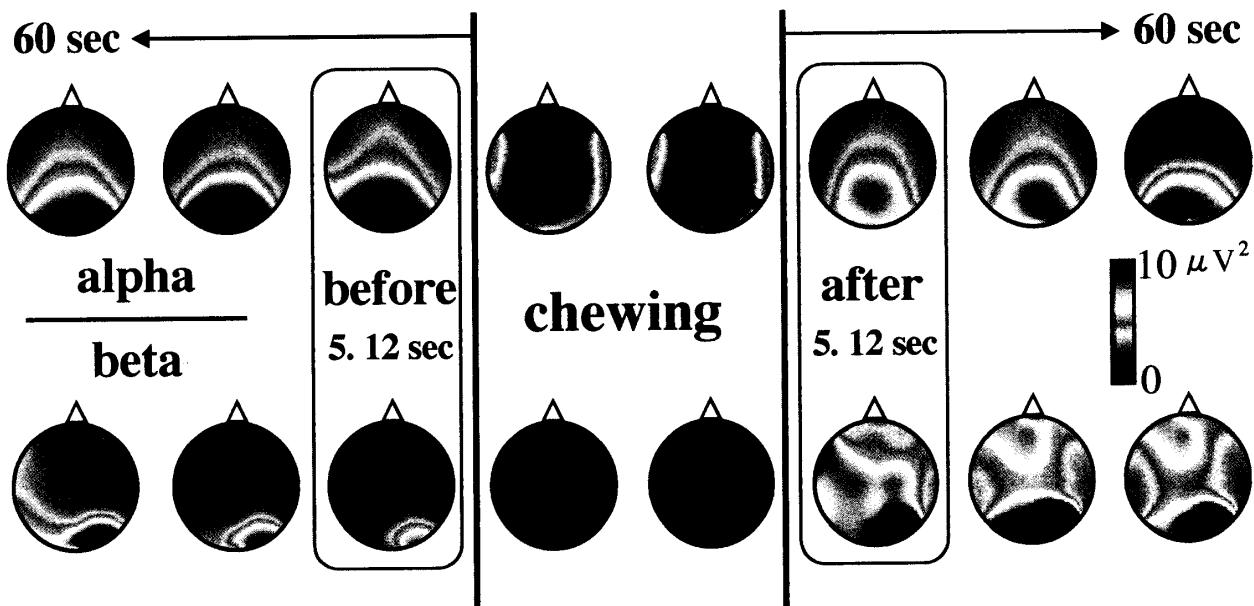


Fig. 2. The schema of topography analyzed before and after mastication.  
EMG artifacts are contaminated in topography during mastication.

ケット社製、ポリグラフ361)を用いて、左右側咬筋浅層中央部(Mm)、および側頭筋後部(Tp)より導出し、観察期間におけるデータの再現性を高めるために、electrode repositioner(MYO-TRONCS社製)を用いて電極設置部位の一定化をはかった。

脳波はデジタル多用途脳波計(日本GEマルケット社製、SYNAFIT 5500)を用い、国際10-20法(Fig. 1)に従って、両耳朶を基準電極として心電図、眼球電図とともに導出した。

得られた筋電図と脳波データはファイリングユニット(日本GEマルケット社製、EE51-101)およびデータレコーダー(TEAC社製、SR-71)に同時記録した。

## 2) データの分析および統計解析

筋電図はサーマルアレイレコーダー(日本光電社製)に原波形およびオートリセット波形として再生し、連続10ストロークの各筋の単位時間あたりの積分値(以下、平均電位)を求め、平均値を代表値とした。

脳波はATAMAP II(KISSEI COMTEC社製)を用いてモニターしつつ、咀嚼の直前、直後の5.12秒間を分析区間とし、ポイント数は256、窓関数はHanningにて処理を行った(Fig. 2)。

左右半球差の分析には、脳波データから正中部(Fz, Cz, Pz)を除外して左右半球に区分し(Fig. 1)、それぞれの半球におけるδ、θ、α、βの4帯域のうち、α、β帯域のパワー値が総パワー値に占める比率(以下、含有率、%α、%β)を算出した。

統計解析は、脳波は観察期日と咀嚼前後、左右半球を主変動因子とし、筋電図は観察期日、咀嚼側、筋を主変動因子として反復測定分散分析を行い、多重比較検定にはFisherのPLSDを用いた。

## 研究結果

### 1. 筋電図

カマボコ咀嚼時の両側咬筋、側頭筋後部の平均電位の分散分析表を示す(Table 1)。咀嚼側間には有意性を認めなかったが、観察期日間( $p < 0.0001$ )と筋間( $p < 0.0001$ )および筋間と咀嚼側間との交互作用効果に有意性( $p < 0.01$ )を認めた。

#### 1) 干渉側咀嚼

両側咬筋および側頭筋後部の4筋平均電位は、コントロールに比較して干渉付与直後に最も活動電位が減少( $p < 0.05$ )し、付与1日目( $p < 0.05$ )まで有意差を認めた。その後、経日的に

Table 1. Repeated measurement analysis of variance table for mean voltages of bilateral masseter and posterior temporal muscles during mastication

	df	Sum of square	Mean square	F-value	P-value
Session	8	79114.14	9889.27	4.52	< 0.0001
Mastication side	1	1826.89	1826.89	0.84	0.36
Session × Mastication side	8	5637.54	704.69	0.32	0.96
Error 1	120	262645.46	2188.71		
Muscles	3	58341.49	19447.16	42.64	< 0.0001
Muscles × Session	24	10018.44	417.44	0.92	0.58
Muscles × Mastication side	3	6051.02	2017.01	4.42	0.0045
Muscles × Session × Mastication side	24	4542.93	189.29	0.42	0.99
Error 2	360	164190.39	456.08		

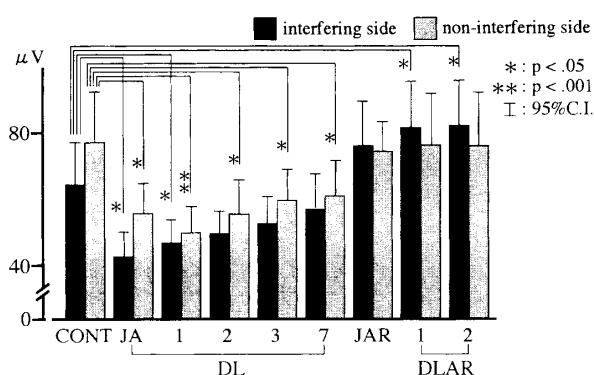


Fig. 3. Daily change of mean voltages by masseter and posterior temporal activity during interfering side and non-interfering side mastication.  
JA : Just after applying the interference  
DL : Number of days later after applying the interference  
JAR : Just after removing the interference  
DLAR : Number of days later after removing the interference  
C.I. : Confidence intervals

回復し、干渉除去直後にはコントロールレベルに回復、干渉除去1, 2日目には逆に有意( $p < 0.05$ )に増強した(Fig. 3)。

咬筋および側頭筋後部の両側性協調活動パターン<sup>16)</sup>は、コントロールでは作業側咬筋の平均電位が対側咬筋より有意( $p < 0.05$ )に優勢であったが、干渉付与直後から対側咬筋との差が消失し、作業側咬筋優勢パターンは崩壊した。また、干渉付与1, 2, 7日目では作業側側頭筋後部との間に有意差( $p < 0.05$ )を認めた(Fig. 4)。

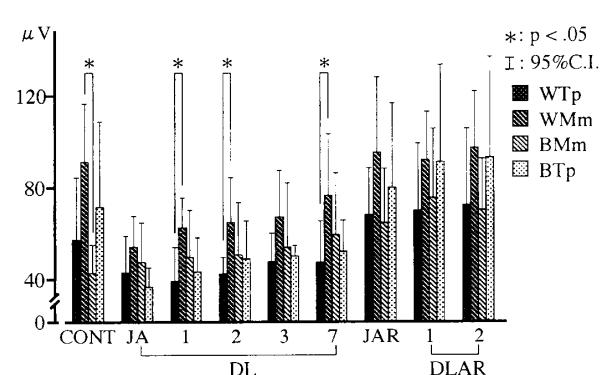


Fig. 4. Bilateral coordination pattern of masseter and posterior temporal muscle activity during interfering side mastication  
WTp : Working side posterior temporalis  
WMm : Working side masseter  
BMm : Balancing side masseter  
BTp : Balancing side posterior temporalis

筋別では、コントロールに比較して、作業側咬筋は干渉付与直後および1日目と、対側咬筋は干渉除去1日目と、また、対側側頭筋後部は干渉付与直後との間に有意差(いずれも $p < 0.05$ )を認めた(Fig. 5)。

## 2) 非干渉側咀嚼

両側咬筋および側頭筋後部の4筋平均電位は、コントロールに比較して干渉付与直後から有意( $p < 0.05$ )な減少を認め、付与1日目で最も減少( $p < 0.001$ )し、干渉側咀嚼に対し減少のピークは遅れて発現した。その後、経日的に

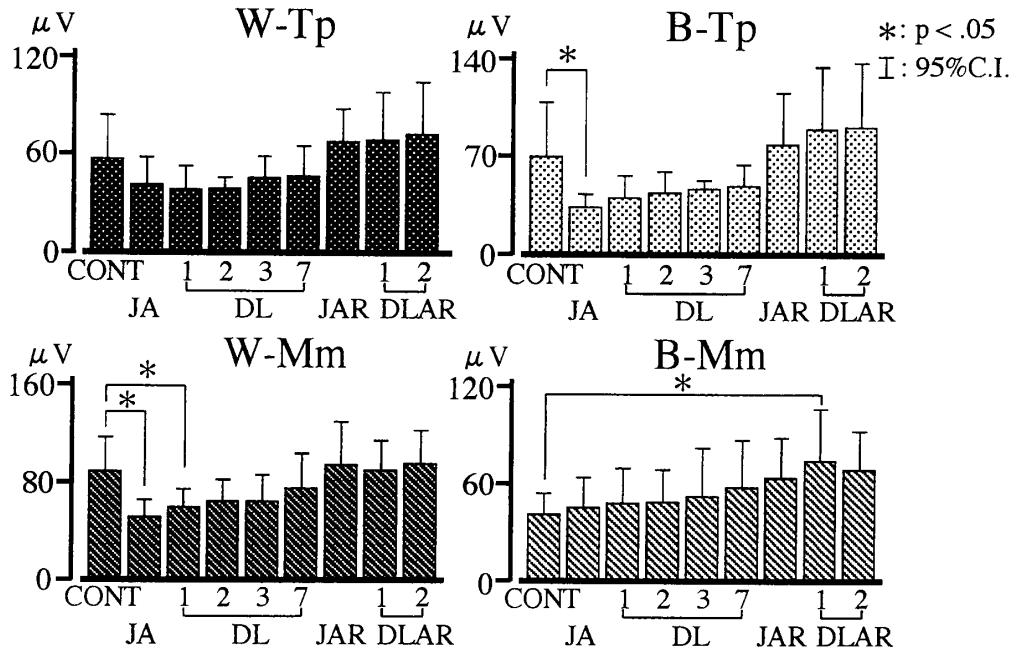


Fig. 5. Daily change of mean voltages according to each muscle during interfering side mastication

回復傾向を示すものの、干渉付与 7 日目まで有意差 ( $p < 0.05$ ) を認めた。干渉除去直後にはコントロールレベルに回復し、干渉除去 2 日目まで推移した (Fig. 3)。

両側性協調活動パターンは、コントロールでは作業側咬筋の活動電位が対側咬筋より有意に ( $p < 0.05$ ) 優勢であったが、干渉付与直後と 1 日目では、作業側咬筋と対側咬筋および両側側頭筋後部との間に有意差 ( $p < 0.05$ ) を認め、作業側咬筋最優勢のパターンを呈した。その後も干渉除去直後まで作業側咬筋が対側より有意 ( $p < 0.05$ ) に優勢で、干渉除去後にはすべての筋間で有意差は消失した (Fig. 6)。

筋別では、コントロールに比較して、作業側側頭筋後部は干渉付与 1, 2 日目と、対側側頭筋後部は干渉付与 1 日目との間に有意差 ( $p < 0.05$ ) を認めた (Fig. 7)。

## 2. 脳波

### 1) 干渉側咀嚼

Table 2 に、干渉側および非干渉側における咀嚼前後の% $\alpha$ と% $\beta$ の分散分析結果のP値を要約した。

干渉側咀嚼における% $\alpha$ は、左右半球を除いてすべての主変動因子および交互作用効果に有

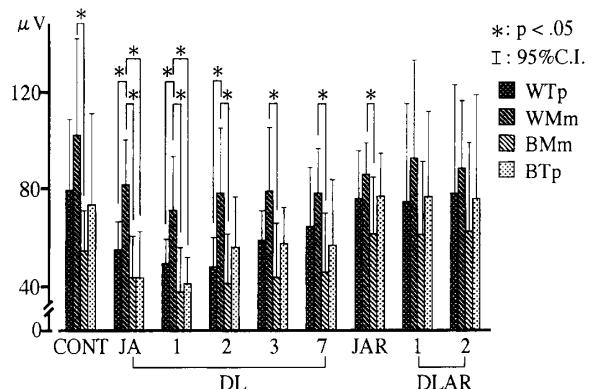


Fig. 6. Bilateral coordination pattern of masseter and posterior temporal muscle activity during non-interfering side mastication

意性 ( $p < 0.0001$ ) を認めた (Table 2)。咀嚼前後の比較では、干渉付与 1 日目から同 2, 3, 4, 5, 7 日目において、咀嚼前に比較して咀嚼後に有意に減少し、除去直後、同 1 日目でも有意 ( $p < 0.05$ ) に減少したままだった (Fig. 8)。なお、左右半球間については観察期日を通して有意差は認めなかった。

一方、% $\beta$ ではすべてに有意性 ( $p < 0.0001$ ) を認め (Table 2)，咀嚼前後の比較では、コントロールおよび干渉付与直後、同 1, 4, 5,

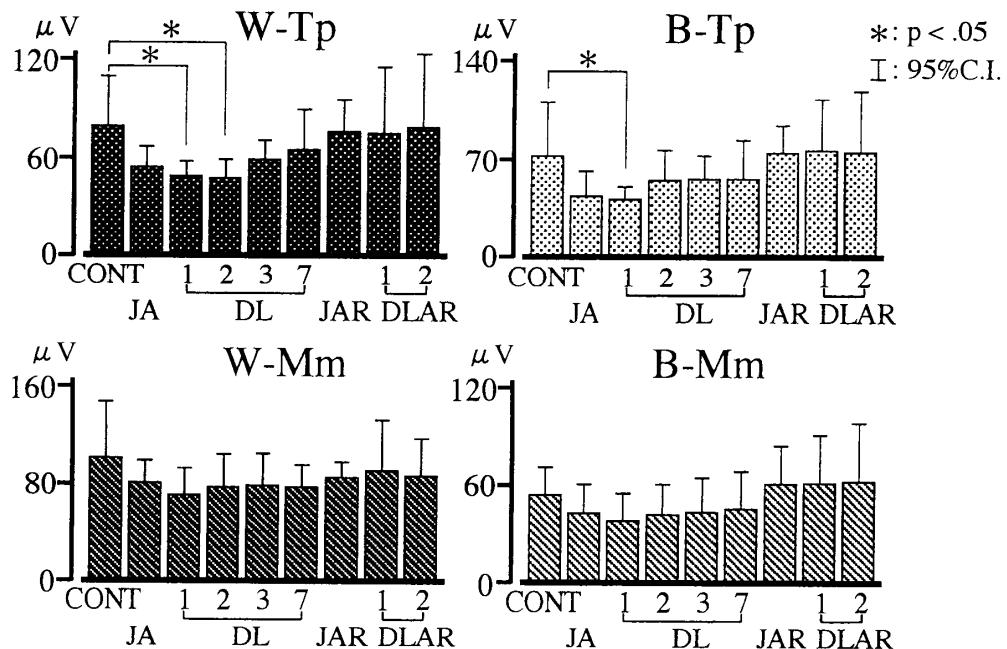


Fig. 7. Daily change of mean voltages according to each muscle during non-interfering side mastication

Table 2. Summary of P-value from repeated measurement analysis of variance table for % $\alpha$  and % $\beta$  of EEGs before and after mastication

Mastication side frequency	interfering side		non-interfering side	
	% $\alpha$	% $\beta$	% $\alpha$	% $\beta$
Daily changes	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Before and After	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Hemisphere	0.3935	<0.0001	0.7226	<0.0001
Hemisphere × Daily changes	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

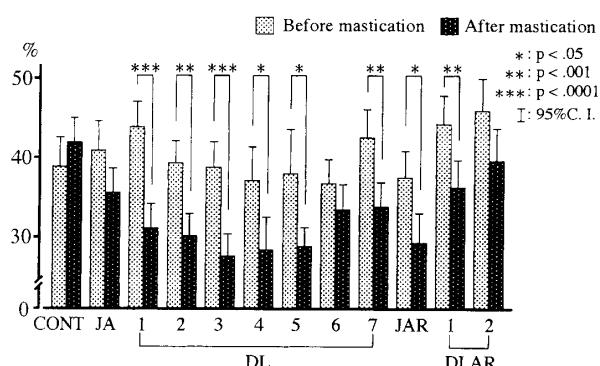


Fig. 8. % $\alpha$  of EEGs before and after mastication on the interfering side according to experimental day

7日目および除去2日目で咀嚼後に有意 ( $p < 0.05$ ) に増大した (Fig. 9)。左右半球間について、干渉付与1, 2, 4, 5日目および除去直後において右半球に比較し左半球で有意 ( $p < 0.05$ ) に優勢であった (Fig. 10)。

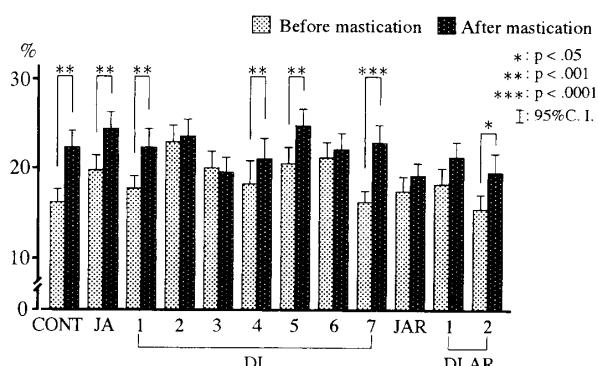


Fig. 9. % $\beta$  of EEGs before and after mastication on the interfering side according to experimental day

## 2) 非干渉側咀嚼

非干渉側咀嚼における% $\alpha$ は、干渉側咀嚼と同様に左右半球を除いたすべての主変動因子および交互作用効果に有意性 ( $p < 0.0001$ ) を認めた (Table 2)。咀嚼前後の比較では、干渉付与

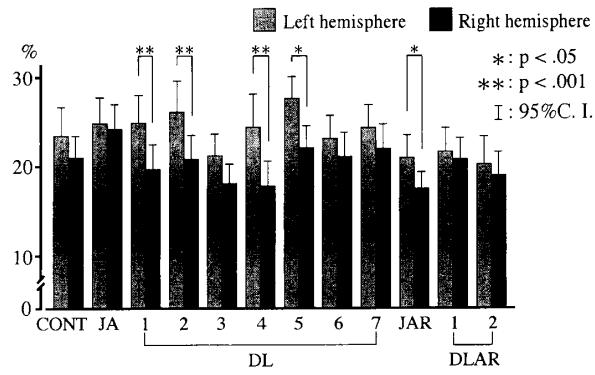


Fig. 10. Comparison of hemisphere for % $\beta$  of EEGs after mastication on the interfering side according to experimental day

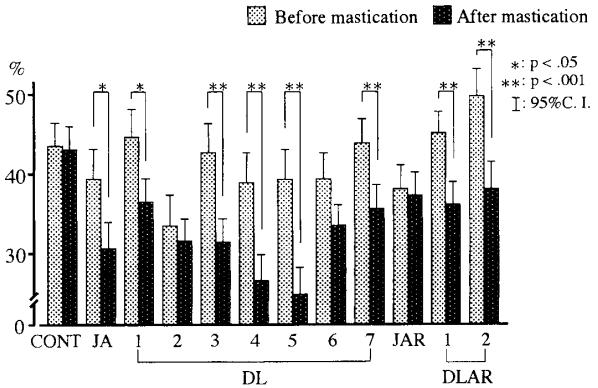


Fig. 11. % $\alpha$  of EEGs before and after mastication on the non-interfering side according to experimental day

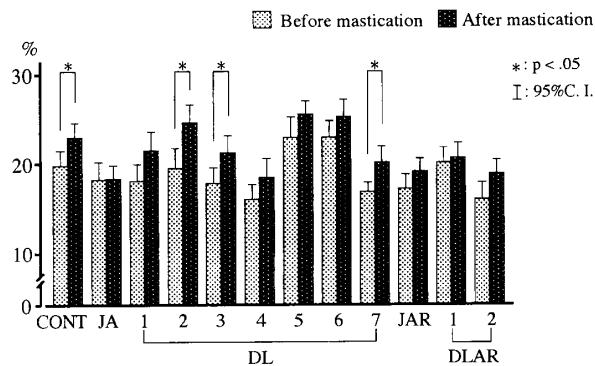


Fig. 12. % $\beta$  of EEGs before and after mastication on the non-interfering side according to experimental date

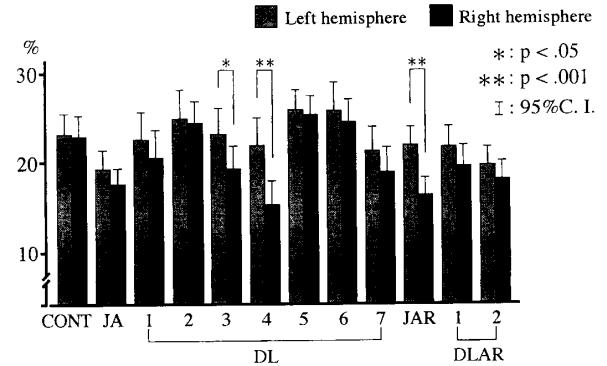


Fig. 13. Comparison of hemisphere for % $\beta$  of EEGs after mastication on the non-interfering side according to experimental day

直後、同1, 3, 4, 5, 7日目で咀嚼後に有意( $p<0.05$ )に減少し、干渉除去1, 2日目にも有意( $p<0.05$ )な減少を認めた(Fig. 11)。なお、左右半球間については観察期日を通して差は認めなかった。

一方、% $\beta$ はすべてに有意性( $p<0.0001$ )を認めた(Table 2)。咀嚼前後の比較では、コントロールおよび干渉付与2, 3, 7日目において咀嚼後に有意( $p<0.05$ )に増大した(Fig. 12)。左右半球間の比較では、干渉付与3, 4日目および除去直後において右半球に比較して左半球で有意( $p<0.001$ )に優勢であった。また、この傾向は干渉側咀嚼よりも遅れて発現した(Fig. 13)。

## 考 察

本研究の目的は、一側に付与した実験的咬合

干渉の影響が局在性をもって脳波律動から検出されるのかどうかを検索することにあった。従って、脳波とともに咀嚼筋筋電図を経日的に同時記録し、筋電図所見と対比して左右大脳半球での脳波挙動を解析した。

### 1. 研究方法について

実験的咬合干渉装置の製作、調整は教室の方法<sup>10~13)</sup>に従った。被検運動は、早期接触だけでなく咬頭干渉を含めた咬合干渉の影響を検索しようとの意図から咀嚼運動とし、干渉付与側(右)または非干渉付与側(左)での片側咀嚼を行わせた。得られた筋電図所見から初期の目的は達し、平衡側での干渉についても検討を加えることができた。なお被検食品には、筋電図学的に咬合干渉の影響を最も反映しやすいとされるカマボコ<sup>17)</sup>を用いた。

観察期日は、咬合干渉の筋電図への影響は付

与直後から2日目までが最も強く、7日目にはコントロールレベルに回復したこと<sup>18~20)</sup>や、7日間の干渉装置の付与では除去によって干渉付与前の値に戻ったこと<sup>21)</sup>などから、可逆的な障害期間の妥当性を考え、本研究では実験的咬合干渉装置の付与は7日間とし、干渉除去2日目まで観察した。筋電図は、干渉付与後、4~6日間は筋電図学的に著明な変化を認めないと報告<sup>18~20)</sup>が多いことから、4~6日目は除外し、計9回観察した。

脳波は、市川<sup>11)</sup>がVASによる感覚評価で違和感が消失し、筋電図活動がコントロールレベルに回復しても、脳波では干渉付与中は持続的に $\alpha$ 波含有率の減少を認めたことから、毎日の詳細な脳波挙動を計12回観察した。なお、脳波の日内変動を最小限にするために記録は可及的に各観察期日とも同一時刻に行うようにした。

## 2. 結果について

### 1) 筋電図

両側咬筋および側頭筋後部の平均電位からみた両側性協調活動パターン<sup>16)</sup>は、干渉側咀嚼では咬合干渉の付与により早期に作業側咬筋優勢パターンが崩壊し、従来の報告<sup>18~20)</sup>と同様の所見を得た。この結果は筋別にみた平均電位の経日的变化で、主に作業側咬筋の抑制が生じていたことからも十分理解でき、垂直的な早期接触は認知されやすく、筋の等尺性収縮が垂直的に規制されやすい<sup>18)</sup>、干渉付与の2日後では新しい咬合位の獲得の過程の大半を終えている<sup>19)</sup>などから、本研究において、干渉側咀嚼時の経日的な4筋平均電位は干渉付与直後から有意な減少を認めたことや、早期に有意差を認めなくなったことは、垂直的な早期接触の特徴を示していた。

一方、非干渉側咀嚼で作業側咬筋優勢パターンの崩壊を認めなかったのは、筋別にみた平均電位の経日的变化から、両側側頭筋後部の活動減少により、相対的に作業側咬筋優勢パターンを呈したものである。この結果と垂直的な咬合干渉は非作業側の干渉になりやすい<sup>20)</sup>ことや、水平的な接触は存在を認知し難いが、その影響

は強く、持続的である<sup>18)</sup>ことを総合的に考えると、本研究で用いた咬合干渉装置は、非干渉側咀嚼において非作業側の干渉として作用していたと考えられる。事実、4筋平均電位の最大の抑制現象は非干渉側咀嚼では干渉側咀嚼よりも遅れて発現し、この抑制が7日目まで継続したことは非作業側の干渉の特徴を如実に反映したものと考える。なお、干渉を除去した1週間後には、筋電図学的な影響は認めなくなっていた。

## 2) 脳波

本研究で認めた咀嚼後の% $\alpha$ の減少と% $\beta$ の増大という相反挙動は、従来の報告<sup>10~12)</sup>と一致していた。左右半球差に関して、咀嚼後の% $\alpha$ には有意差を認めなかったのに対し、% $\beta$ では、咀嚼後に左半球、すなわち干渉付与側の対側の半球で優勢であった。一般的に安静時、リラックス時の $\alpha$ 波は左右対称に出現し、左右差はほとんどないとされている<sup>22)</sup>ことから、咬合干渉の影響は% $\alpha$ には局在性をもって影響しなかったのかも知れない。しかし% $\beta$ で認めた左右差は、これまでヒトにおける脳機能の観察では、咬合由来の求心性情報の上位中枢への投射の明確な左右差は報告されていないが、手指や腕の求心性性情報に関してはPET<sup>23)</sup>や脳波<sup>24)</sup>から対側への投射が明らかにされていることや、動物においては、歯根膜の感覺受容野は視床や大脳皮質ではほとんどが対側に存在していること<sup>25,26)</sup>などからも説明でき、本研究における咬合干渉の脳内応答は、干渉側咀嚼では垂直的な早期接触を、また非干渉側咀嚼では非干渉側での咬合干渉を認知した結果、% $\beta$ に何らかの影響を及ぼしたと考えられ、咬合干渉の影響は歯根膜を介して対側の大脳皮質に投射されていたと考える。

また、% $\beta$ の経日的挙動が筋電図所見と同様に非干渉側咀嚼で遅れる傾向にあったことは、短拇指外転筋の持続的な収縮と15~30Hzの対側脳波に有意なコヒーレンスを認めた美馬<sup>27)</sup>の報告や咬合異常による $\alpha$ - $\gamma$ 連関の破綻が高次脳機能に影響を与えるとの姜<sup>28)</sup>の報告から、筋

電図と脳波所見が関連して、非干渉側咀嚼での筋電図所見の遅れが、脳波においても% $\beta$ の挙動の遅れとして反映したのではないかと考える。

### 3. 臨床的意義

咬合の異常を伴う顎関節症や顎機能障害患者において、しばしば原因部位と異なる部位に疼痛や機能異常を認め、咬合治療により症状が緩解した<sup>21)</sup>など、咬合異常と顎口腔機能異常との関連には興味のあるところであるが、NIH コンセンサス<sup>29)</sup>では明確な因果関係は立証されていないとしている。一方で、咬合異常や歯の喪失による歯根膜機械受容器からの感覚情報が喪失し、フィードバック情報が減少、あるいは消失した結果、 $\alpha$ 運動ニューロンと $\gamma$ 運動ニューロンとの連関による筋張力の調節の破綻、すなわち $\alpha - \gamma$ 連関の破綻を生じ、咬合力の調節機構の変調を招くことにより、噛みしめあるいは歯ぎしりを誘発し、さらには顎関節症を発症する可能性があることが述べられている<sup>28)</sup>。本研究で干渉付与による経日的な筋電図所見と脳波挙動が符合していたことは、咬合干渉による咀嚼運動の $\alpha - \gamma$ 連関の破綻は、干渉部位と対側の大脳皮質活動に影響を及ぼす可能性を示唆し、また、咀嚼筋活動と大脳皮質活動との関係を、非作業側の咬合干渉に関連して考察できた点に意義がある。

### 結論

1. 咀嚼筋4筋平均電位は干渉装着により干渉側咀嚼では付与直後( $p<0.05$ )で、非干渉側咀嚼では遅れて付与1日目( $p<0.001$ )で最も減少し、非干渉側咀嚼では7日目まで有意差( $p<0.05$ )を認めた。

2. 干渉側咀嚼では作業側側咬筋活動の抑制により作業側咬筋優勢パターンの崩壊を認めたが、非干渉側咀嚼では両側側頭筋後部活動の抑制により、相対的に作業側咬筋優勢パターンの崩壊は認めなかった。

3. いずれの咀嚼側でも咀嚼前に比較して咀嚼後に% $\alpha$ は有意( $p<0.0001$ )に減少し、% $\beta$

は有意( $p<0.0001$ )に増加した。

4. 咀嚼後の% $\beta$ は、いずれの咀嚼側でも干渉付与側と対側の半球で優勢であり、有意差は干渉側咀嚼では付与1日目( $p<0.05$ )から認めたのに対し、非干渉側咀嚼では3日目( $p<0.05$ )から認めた。

以上、一侧への咬合干渉の付与は咀嚼側によって咀嚼筋活動に異なった影響を及ぼすとともに対側の脳波 $\beta$ 波含有率に影響を及ぼし、筋電図所見と同様に非干渉側咀嚼で遅れて発現を認めたことから、咬合干渉に誘起された求心性情報は、干渉部位と対側の大脳皮質活動に影響している可能性が示唆された。

稿を終えるにあたり、温かな御助言と御指導を頂きました恩師田中久敏名誉教授に深甚なる謝意を表すとともに、多くの御支援を頂きました歯科補綴学第一講座教室員各位ならびに大学院生各位に衷心より感謝の意を表します。また、本研究に快く御協力くださいました被検者諸氏に厚く御礼申し上げます。

なお、本論文の要旨は第112回日本補綴歯学会学術大会(平成16年10月15日、横須賀)において、その概要を発表した。

### 文献

- 1) De Boever, J. : Experimental occlusal balancing-contact interference and muscle activity. *Parodontologie*. 23 : 59-69, 1969.
- 2) Ramfjord, S.P. : Dysfunctional temporomandibular joint and muscle pain. *J. Prosthet. Dent.* 11 : 353-374, 1961.
- 3) Magnusson, T., Enbom, L. : Signs and symptoms of mandibular dysfunction after introduction of experimental balancing-side interferences. *Acta Odontol. Scand.* 42 : 129-135, 1984.
- 4) Krogh-Poulsen, W. G. : Examination, diagnosis, treatment. In Schwartz and Chayes ; Facial pain and mandibular dysfunction. 1st ed., W. B. Saunders Co., Philadelphia, pp249-271, 1968.
- 5) Schaefer, P., Stallard, R. E., Zander, H. A. : Occlusal interferences and mastication : An electromyographic study. *J. Prosthet. Dent.* 17 : 438-449, 1967.
- 6) Riise, C., Sheikholeslam, A. : The influence of experimental interfering occlusal contacts on the postural activity of the anterior temporal and masseter muscles in young adults. *J. Oral.*

- Rehabil.* 9 : 419-425, 1982.
- 7) Momose, T., Nishikawa, J., Watanabe, T., Sasaki, Y., Senda, M., Kubota, K., Sato, Y., Funakoshi, M., Minakuchi, S. : Effect of mastication on regional cerebral blood flow in humans examined by positron-emission tomography with 15 O-labelled water and magnetic resonance imaging. *Arch. Oral Biol.* 42 : 57-61, 1997.
- 8) Onozuka, M., Fujita, M., Watanabe, K., Hirano, Y., Niwa, M., Nishiyama, K., and Saito, S. : Mapping brain region activity during chewing : a functional magnetic resonance imaging study. *J. Dent. Res.* 81 : 743-746, 2002.
- 9) Shinagawa, H., Ono, T., Honda, E., Sasaki, T., Taira, M., Iriki, A., Kubota, T., and Ohya, K. : Chewing-side preference is involved in differential cortical activation patterns during tongue movements after bilateral gum-chewing : a functional magnetic resonance imaging study. *J. Dent. Res.* 83 : 762-766, 2004.
- 10) 虫本栄子, 田中久敏, 市川大 : 口蓋床および咬合干渉の付与による口腔環境の変化が脳波に及ぼす影響, 補綴誌, 45 : 295-304, 2001.
- 11) 市川大 : 実験的早期接触による咀嚼系ならびに精神生理的応答とその脳波学的検討, 補綴誌, 45 : 305-314, 2001.
- 12) 豊田康夫, 虫本栄子 : 実験的咬合干渉付与による情動反応の脳電位分布と Dipole の推定, 補綴誌, 48 : 183-192, 2004.
- 13) 虫本栄子, 豊田康夫, 田中久敏, 井上敬, 小川彰 : 3 T fMRI による口腔感覚の快・不快の脳機能画像, 臨神生, 31 : 180-181, 2003.
- 14) 虫本栄子, 小林琢也, 千葉晃, 田中久敏, 宇月美和, 澤井高志 : ラットにおける実験的咬合干渉が脳内 c-fos mRNA 発現に及ぼす影響—ストレスとの関連—, 補綴誌, 48 : 173-182, 2004.
- 15) 小林琢也, 虫本栄子 : 実験的咬合干渉が c-fos mRNA 発現に及ぼすラット脳内ストレス応答の経日変化, 補綴誌, 48 : 203-211, 2004.
- 16) E. Mushimoto., H. Mitani. : Bilateral coordination pattern of masticatory muscle activities during chewing in normal subjects. *J. Prosthet. Dent.* 48 : 191-197, 1982.
- 17) 田中康隆, 虫本栄子, 三谷春保 : 咀嚼運動の EMG 的検査に用いる各種被検食品の適量について, 歯科医学, 48 : 242-257, 1985.
- 18) 関根紀彦 : 実験的早期接触が咀嚼筋 EMG burst に及ぼす影響, 歯科医学, 42 : 364-380, 1979.
- 19) 小川晴彦 : 実験的咬合干渉が咀嚼筋筋電図の時間的要素に及ぼす影響, 歯科医学, 39 : 421-440, 1976.
- 20) 恒松克己 : 実験的早期接触付与による咀嚼筋 EMG の経時的变化, 補綴誌, 27 : 784-801, 1983.
- 21) 虫本栄子, 田中久敏, 遠藤義樹, 児玉厚三, 八重樫祐成, 古和田一成 : 実験的咬合干渉が咬みしめ時の咀嚼筋 AI に及ぼす影響, 補綴誌, 38 : 729-737, 1994.
- 22) 大熊輝男 編集 : 臨床脳波学, 第 5 版, 医学書院, 東京, 85-102ページ, 1999.
- 23) Colebatch, J. G., Deiber, M. P., Passingham, R. E., Friston, K. J., and Frackowiak, R. S. J. : Regional Cerebral Blood Flow During Voluntary Arm and Hand Movements in Human Subjects. *J. Neurophysiol.* 65 : 1392-1401, 1991.
- 24) Deecke, L., Scheid, P., Kornhuber, H. : Distribution of readiness potential, pre-motion positivity, and motor potential of the human cerebral cortex preceding voluntary finger movements. *Exp. Brain. Res.* 7 : 158-168, 1969.
- 25) 長谷川彰則 : 口腔内から体性感覚入力を受ける視床後内側腹側核ニューロンの大脳皮質投射について, 歯科医学, 53 : 463-474, 1990.
- 26) 刈田啓史郎, 田端孝義 : 歯根膜機械受容器からの求心性情報の中枢投射, 神經進歩, 37 : 760-768, 1993.
- 27) 美馬達哉, 柴崎浩 : 脳波-筋電図コヒーレンス, その応用と限界, 臨床脳波, 45 : 19-25, 2003.
- 28) 姜英男, 斎藤充, 平井敏博 : 咀嚼運動と脳機能, 歯界展望, 102 : 405-416, 2003.
- 29) National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement : Management of temporomandibular disorders, April 29-May 1, 1996. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 83 : 177-183, 1997.