

原 著

人為的な早期接触が脳血流動態に与える影響 ——Functional MRI を用いた検討——

中 條 哲 佐藤亨至 三谷英夫* 渡部芳彦**

東北大学大学院歯学研究科 口腔保健発育学講座 顎口腔矯正学分野

*東北大学名誉教授

**東北福祉大学感性福祉研究所

NAKAJO Tetsu, SATO Koshi, MITANI Hideo* and WATANABE Yoshihiko**

Division of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Tohoku University Graduate School of Dentistry

*Professor Emeritus, Tohoku University

**Kansei Fukushi Research Center, Tohoku Fukushima University

キーワード：functional MRI, 早期接触, タッピング, 脳血流, 賦活

抄録：本研究の目的は、反対咬合症に多く見られる前歯部における早期接触を想定して咬合干渉を人為的に付与することにより、咬合異常が脳血流動態にどのような影響を与えるのかを機能的MRIを用いて明らかにすることである。対象は、本研究の趣旨を説明し、同意の得られた神経疾患の既往がない健康な右利きの成人男性10名（平均26.5歳）とした。中心咬合位、プレートによる咬合挙上、前歯部に斜面を付与したプレートにより人為的な下顎前方誘導時のそれぞれについてタッピングと安静を30秒ずつ6回繰り返してエコープラナー法にて撮像した。データ処理にはSPM 99を使用し、平均的な脳血流賦活部位を求めて比較検討を行った。

その結果、タッピングと安静時との差分解析により運動野、補足運動野、前頭前野などに有意差の認められる賦活部位が存在した。また、咬合挙上時から中心咬合位でのタッピングを引いた差分解析からは有意差の認められる賦活部位が存在しなかった。それに対して咬合干渉を与えたタッピングから中心咬合位、咬合挙上でのタッピングをそれぞれ引いた差分解析により高次機能に関わる前頭前野や頭頂連合野などに有意差の認められる賦活部位が確認された。

以上のことから、早期接触は口腔周囲組織のみならず中枢神経系にも明らかな影響を与えており、密接な賦活領域の局在部位が存在することが示唆された。本研究結果は、咬合異常に対する中枢レベルにおける矯正治療の意義を示唆するものである。

(Orthod Waves-Jpn Ed 65(2) : 101~111, 2006)

Effects of artificial premature contact on dynamics of cerebral blood flow ——Examination using functional MRI——

Abstract : The purpose of this study was to investigate the relation between occlusion and brain function. The functional magnetic resonance imaging (fMRI) during tapping in following situations was performed. Occlusal tapping was indicated with centric occlusion as control (CO), plate for bite raising (BR), and plate with bite raising and anterior shift of the mandible (BR+AS), which simulates occlusal interference like premature contacts in Class III patient. Subjects were 10 healthy right-handed male volunteers with acceptable normal occlusion. All data were processed by using software SPM 99.

The results were as follows :

1. The activation cluster was found with motor area, supplementary motor area and prefrontal area during tapping with CO, tapping with BR, and tapping with BR+AS, by the subtraction image of each tapping from the rest.
2. The activation cluster was not found by the subtraction image of tapping with BR from that with CO.
3. The activation cluster was found with prefrontal area and parietal association area in related with higherorder brain by the subtraction image of tapping with BR+AS from that

with CO, and BR.

These results suggest that the significance of the

orthodontic treatment in the central nervous system.

(Orthod Waves-Jpn Ed 65(2) : 101~111, 2006)

緒 言

不正咬合や歯の喪失などにより健全な咀嚼運動を行うことのできない患者に対して咬合回復を担うのが歯科医の役目の一つであるが、咬合の変化による影響については顎運動や咀嚼筋活動など末梢レベルでの機能解析が主で、口腔機能と全身、特に脳血流の変化等の中枢神経系を含めた機能解析については、ようやく端緒についたところである。

一方、反対咬合症に多く見られる前歯部の早期接触によって歯根吸収や歯髄炎、歯肉退縮などの歯周組織への侵襲を引き起こす危険性があることが報告されている¹⁾。また、早期接触に伴う下顎骨の偏位によって顎関節症や咀嚼筋への悪影響を引き起こす原因ともなりうると考えられている^{2~5)}。一方、矯正や補綴治療などの咬合の再構成に伴って咀嚼運動に変化を生じることが知られているが、それらが咬合の形態的改善のみならず中枢を含めた生体の活性化にどのような影響を及ぼすのかについては大変興味のあるところである。

Hebb ら⁶⁾はラットの迷路学習の結果、固形食飼育ラットの方が粉末食飼育ラットより成績が優れていることを、船越ら^{7,8)}は幼稚園児を対象として咀嚼能力と知能指数、咬合力と知能テストとの結果に関連があることを、佐橋ら⁹⁾は幼稚園児と中学生を対象として咬合力と数唱テストとの間に関連があることを報告している。また、鈴木ら¹⁰⁾はガム咀嚼時における脳波、総頸動脈血流量、酸素摂取量、心拍数、血圧の変化を報告しており、これらのことは咬合および咀嚼機能と中枢神経系との間に何らかの関連性があることを示唆しているものと考えられる。

咀嚼時の脳賦活時の血流動態については、ポジトロン CT (以下、PET と呼ぶ) を用いた検討がこれまで行われてきた。千田ら¹¹⁾は、咀嚼に伴う脳の一次運動感覚領の賦活は加齢に伴い低下し、若年者と高齢者とは差異のあることを報告している。また佐藤ら¹²⁾は、若年者において正常咬合者と不正咬合者とは咀嚼に対する脳の賦活に差異のある可能性を報告している。しかし、PET の問題点として標識薬剤の静注や動脈血の持続採血が必要であり、また放射線被曝があるなどの侵襲があげられる。また、検査に時間がかかる、得られる情報の時間分解能が悪い、標識薬剤の合成のためにサイクロトロンを含む大がかりなシステムを必要とするなどの問題があげられる。そこで本研究では、PET のような放射線被曝や被験者の負担を心配する

ことなく、賦活試験に耐えられる範囲で繰り返し検査を行うことができ、脳の機能解析において優れた時間分解能、空間分解能を有する functional MRI (以下、fMRI と呼ぶ) を使用することとした。本研究の目的は、顎運動パターンの変化として前歯部における咬合高径の変化や反対咬合症に多く見られる早期接触を想定して咬合干渉を人為的に付与することにより、それが脳血流動態にどのような影響を与えるのかについて検証し、矯正治療の意義について考察することである。

資 料

研究対象は神経疾患の既往がなく、健康な右利きである成人男性 10 名 (平均年齢 26.5 歳) を被験者とした。また、被験者の咬合状態については正被蓋で早期接触がなく、矯正治療の経験がある者については装置をはずしてから 1 年以上経つものとした。被験者の口腔内の詳細について表 1 に示す。臼歯関係、叢生の程度についてはさまざまであるが overjet, overbite から骨格的には、Class I の範囲にある者を選択した。すべての被験者には実験に先立ち、書面と口頭による研究の趣旨および手続きの説明を行い、十分なインフォームドコンセントを行った後に同意書への署名により同意を得た。なお、本研究は東北大学大学院歯学研究科研究倫理委員会にて承認されている。

方 法

実験は、東北福祉大学感性福祉研究所 MRI 室に設置された MRI 装置 (Siemens Magnetom Vision Plus/1.5 T) (図 1) を用いて、人為的な咬合の干渉が脳血流動態に与える影響について以下の方法で調べた。被験者は MRI 撮像中の騒音から耳を守るための耳栓を着用のうえ、MRI 室に入室させ、MRI 装置に仰臥位になるよう指示された。

被験者に対する指示はコントロール室内に設置されたパーソナルコンピューターから出力され、MRI 室内のプロジェクターからヘッドコイルの上に装着されたスクリーンに投影することにより提示された。提示したのは「安静」、「タッピング」を 30 秒ずつ交互に投影し、それぞれの条件に対し 6 スキャンの撮像を 1 ブロックとし、それぞれ 6 ブロック提示した (図 2)。ここでタッピングのスピードは 1 分間に約 80 回程度とし、事前に練習を行うことで特にスクリーン上にリズ

表 1 被験者の口腔内の特徴

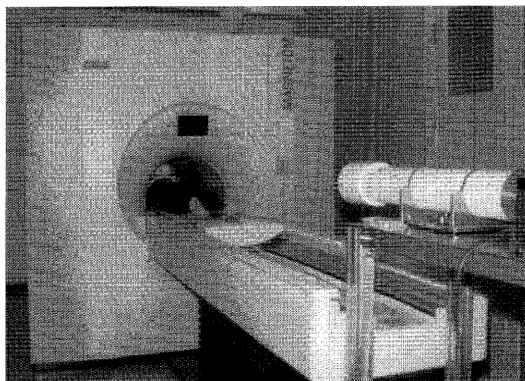


図 1 MRI 装置 (Siemens Magnetom Vision Plus/1.5 T)

ムを提示することは行わなかった。これをプレートのない中心咬合位におけるタッピング時 (図 3 A), プレートにより咬合挙上した状態でのタッピング時 (図 3 B), 人為的に咬合に干渉を起こすため前歯部に 2 mm 前方に誘導される斜面が付与されたプレートを装着した状態でのタッピング時 (図 3 C), それぞれについて撮像することとした。なお、プレートは宮原ら¹³⁾、本橋ら¹⁴⁾の報告を参考に作成した。

MRI 撮像は、撮像時の頭部の位置決めのため、T1 強調画像 (x, y, z 軸の 3 方向) を撮像し、続いて 4 mm 厚 (gap=0 mm) の T2 強調高速撮像法 (T2-weighted GE, EPI) にて 34 スライス (Transverse, TR 5,000 msec, TE 66 msec, FA 90°) で撮像を行った。提示された時間軸に伴った機能画像の画像解析については統計解析ソフト Statistical Parametric Mapping (SPM) 99 (Wellcome Department of Cognitive Neurology, London UK) を用いて行った。解析の流れを図 4 に示す。手順としては、まず始めに撮像した脳画像について、実験中の時間経過に伴う x 座標方向 (左右), y 座標方向 (前後), z 座標方向 (上下) のずれと、各方向の座標軸を中心とした回転方向のずれを補正した。ここで 1 mm 以上のずれのあるものは再度

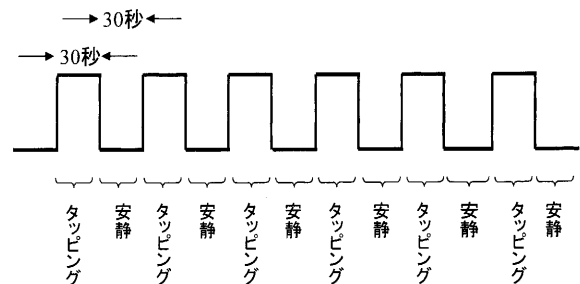


図 2 課題のデザイン

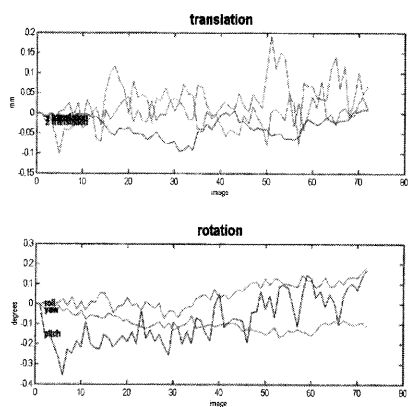
「安静」、「タッピング」を 30 秒ずつ交互に、それぞれの条件に対し 6 スキャンの撮像を 1 ブロックとし、それぞれ 6 ブロック撮像した。

撮像し、最終的に 10 名の被験者のものについての結果を用いた。次に画像間の位置を合わせる操作として脳の形態の個人差を無くすために Talairach ら¹⁵⁾による標準脳の座標軸に合うよう空間的な標準化を行い、画素単位を 1 画素 $2 \times 2 \times 2$ mm とした。さらに、信号対雑音比 (S/N 比) を高めるために、空間的平滑化を行った。以上の処理を行った後、それぞれの課題における脳の賦活状態を比較するために以下の統計解析を行った。中心咬合位でのタッピング、咬合挙上でのタッピング、前方誘導でのタッピングは、それぞれの安静時との差分を求めた。また、咬合挙上時のタッピングから中心咬合位でのタッピングの差分、前方誘導を行ったタッピングから咬合挙上したタッピングの差分、前方誘導を行ったタッピングから中心咬合位でのタッピングの差分をとった。まず、それぞれの課題における脳画像の各画素ごとの相互相関係数を求め、その有意差について t 検定を行った。本実験では、信号強度において 0.1% 水準 ($p < 0.001$, uncorrected for multiple comparisons, cluster size > 30 voxels) で有意差を示した領域を賦活領域と見なした。賦活領域については標準脳上での座標を求め、これをもとに図 5 に示す Brodmann の脳地図上の領域番号と皮質部位名¹⁶⁾を

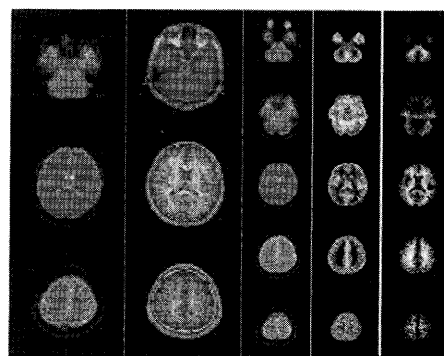
図 3 実験中の口腔内の状態

A : 中心咬合位, B : プレートにより咬合挙上した状態

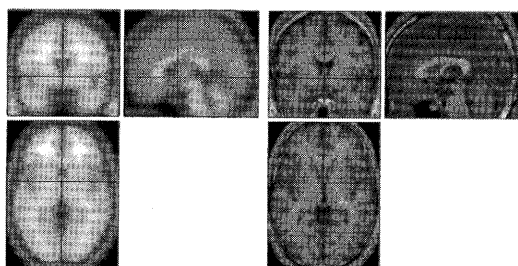
C : プレートにより 2 mm 前方誘導した状態とプレートに前歯部に付与された斜面



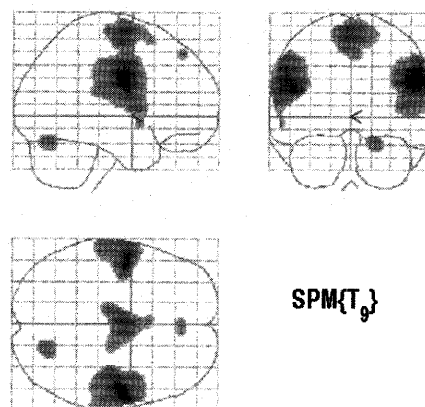
A



B



C



D

図 4 解析手順の流れ

A : 脳画像の時間経過におけるずれと回転の補正, B : 脳画像間の位置合わせ

C : 脳の形態の個体差を補正するための空間的な標準化, D : 脳の賦活状態を比較するための統計解析

求めた。

結 果

プレートのない中心咬合位におけるタッピング時と安静時との差分析の結果得られた脳賦活部位を図6および表2に示す。有意に賦活の見られた領域としては中心前回、中心後回、内側前頭皮質、上前頭回、小脳などであった。プレートにより咬合挙上した状態でのタッピング時と安静時との差分析の結果得られた脳賦活部位を図7および表3に示す。有意に賦活の見られた領域としては主に中心前回、中心後回、帯状回、小脳などであった。また、プレートにより前方誘導をした状態でのタッピング時と安静時との差分析の結果得られた脳賦活部位を図8および表4に示す。有意に賦活の見られた領域としては主に中心前回、中心後

回、上前頭回、内側前頭皮質、小脳などであった。

プレートにより咬合挙上した状態でのタッピング時と中心咬合位でのタッピング時との差分析の結果では、有意差の認められた賦活部位は存在しなかった。プレートにより前方誘導した状態でのタッピング時とプレートにより咬合挙上した状態でのタッピング時との差分析の結果得られた脳賦活部位を図9および表5に示す。有意に賦活の見られた領域としては右脳の下頭頂小葉、左脳では中前回、内側前頭皮質、下頭頂小葉などであり、また、中央部では帯状回であった。また、プレートにより前方誘導を行った状態でのタッピング時と中心咬合位でのタッピング時との差分析の結果得られた脳賦活部位を図10および表6に示す。有意に賦活の見られた領域としては右脳の上前頭回、左脳では中前回、下側頭回、また、中央部では帯状回、内側前頭皮質であった。

考 察

I. 資料について

本研究では対象として神経疾患の既往がなく健康な被験者の協力のもとに行った。被験者の条件を可能な限り同じくするために男性とし、利き手は右利きで統一した。また、口腔内の診査から、臼歯関係はさまざまであるがoverjetは0~3mmの範囲にあり、叢生も前歯部に局限されていた。また、顎関節、顎運動に明らかな異常の認められない者であり、いずれも機能的正常咬合者と考えられた。

II. 方法について

本研究ではプレートのない中心咬合位におけるタッピング、プレートにより咬合挙上した状態でのタッピ

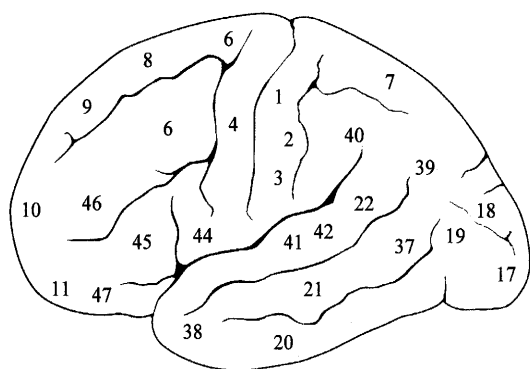


図5 Brodmannの脳地図¹⁶⁾

数字は大腦皮質の左側面から見られる Brodmann の領域を示す。Brodmann は大腦皮質を細胞構築学的観点により47領域に分類した。

(新見嘉兵衛：神経解剖学，1976，朝倉書店より引用改変)

表2 中心咬合位でのタッピング時から安静時の差分によって得られた結果

脳領域		BA	Voxel 数	Talairach 座標			T 値
				x	y	z	
右半球	中心前回	4	3568	54	-8	30	9.48
	中心前回	6		46	4	10	6.54
	中心後回	3/1/2		44	-24	24	6.08
左半球	中心前回	4	2335	-48	-4	22	8.79
	中心前回	6		-52	-6	34	7.99
	中心後回	3/1/2/43		-60	-20	20	6.21
正中部	内側前頭皮質	6	1535	-4	-6	66	7.66
	中心前回	6		-12	-20	68	5.95
	上前頭回	6		-4	14	62	5.12
	上前頭回	8	63	4	44	50	5.56
小脳			191	22	-70	-22	6.28

差分析で有意であった脳領域のBA (Brodmannの領域)、Voxel数 (>30 voxels)、Talairach座標およびT値を示す。

表 3 咬合挙上でのタッピング時から安静時の差分によって得られた結果

脳領域		BA	Voxel 数	Talairach 座標			T 値
				x	y	z	
右半球	中心前回	4	3065	62	-12	32	12.85
	中心前回	6		52	8	8	12.32
	中心後回	3/1/2/43		46	-8	18	6.63
左半球	中心前回	4/6	3096	-56	-6	6	15.41
	中心後回	3/1/2/43		-64	-20	16	15.21
	中心後回	3/1/2/43		-64	-12	12	12.34
正中部	帯状回	32	489	-10	10	40	7.15
	帯状回	24		12	8	36	5.93
	帯状回	32		2	12	42	5.04
小脳			821	18	-72	-24	8.37
			131	-16	-64	-22	5.37

差分解析で有意であった脳領域の BA (Brodmann の領域), Voxel 数 (>30 voxels), Talairach 座標および T 値を示す.

表 4 前方誘導でのタッピング時から安静時の差分によって得られた結果

脳領域		BA	Voxel 数	Talairach 座標			T 値
				x	y	z	
右半球	中心後回	3/1/2/43	2026	62	-8	22	9.53
	中心前回	4		52	-12	34	8.49
	中心前回	4		54	-4	44	7.50
左半球	中心前回	6	1490	-60	6	28	9.92
	下前頭回	44		-58	14	18	7.69
正中部	内側前頭皮質	6	76	4	-10	64	4.94
小脳			130	22	-64	-26	5.36

差分解析で有意であった脳領域の BA (Brodmann の領域), Voxel 数 (>30 voxels), Talairach 座標および T 値を示す.

表 5 前方誘導でのタッピング時から咬合挙上したタッピング時の差分によって得られた結果

脳領域		BA	Voxel 数	Talairach 座標			T 値
				x	y	z	
右半球	側頭頭頂領域	22/39	186	52	-48	20	10.23
	下頭頂小葉	40	98	52	-52	48	6.92
	下頭頂小葉	40		44	-62	48	5.93
	下頭頂小葉	40		38	-68	48	5.73
左半球	中前頭回	6	526	-40	12	44	9.30
	中前頭回	6		-32	6	46	6.49
	内側前頭皮質	6		-12	10	50	6.02
	下頭頂小葉	39	169	-36	-68	24	9.16
	下頭頂小葉	39		-42	-66	14	5.69
正中部	帯状回	31	190	16	-32	48	7.02
	帯状回	31		24	-22	38	6.51
	帯状回	31		20	-28	42	5.59

差分解析で有意であった脳領域の BA (Brodmann の領域), Voxel 数 (>30 voxels), Talairach 座標および T 値を示す.

表 6 前方誘導でのタッピング時から中心咬合位でのタッピング時の差分によって得られた結果

脳領域		BA	Voxel 数	Talairach 座標			T 値
				x	y	z	
右半球	上前頭回	6	76	20	22	58	5.85
	上前頭回	8		12	18	54	4.68
左半球	中前頭回	8	78	-38	30	46	5.94
	中前頭回	8		-42	16	50	4.98
	中前頭回	8		-44	26	42	4.45
	下側頭回	20	39	-48	0	-34	4.74
正中部	帯状回	32	164	12	40	24	6.71
	内側前頭皮質	9		14	54	28	6.31
	帯状回	32	63	-16	22	40	5.72
	内側前頭皮質	8		-10	18	48	5.62

差分解析で有意であった脳領域の BA (Brodmann の領域), Voxel 数 (>30 voxels), Talairach 座標および T 値を示す.

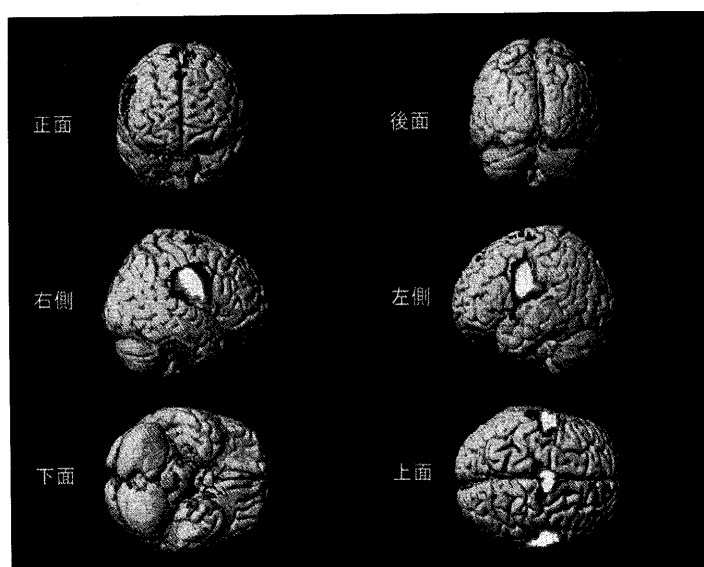


図 6 中心咬合位でのタッピング時から安静時の差分によって得られた脳賦活部位

信号強度において 0.1%水準で有意な差が見られ, クラスターレベルで 30 voxel 以上である賦活部位を値のカラースケールに従って示す.

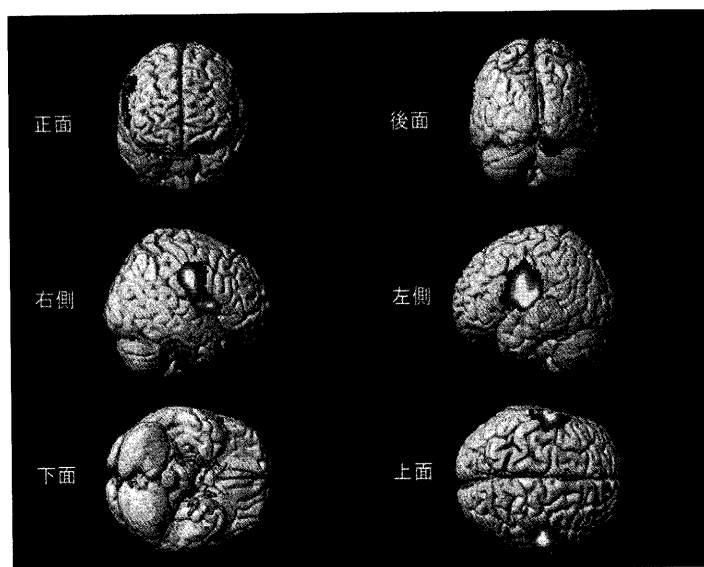


図 7 咬合挙上でのタッピング時から安静時の差分によって得られた脳賦活部位

信号強度において 0.1%水準で有意な差が見られ, クラスターレベルで 30 voxel 以上である賦活部位を T 値のカラースケールに従って示す.

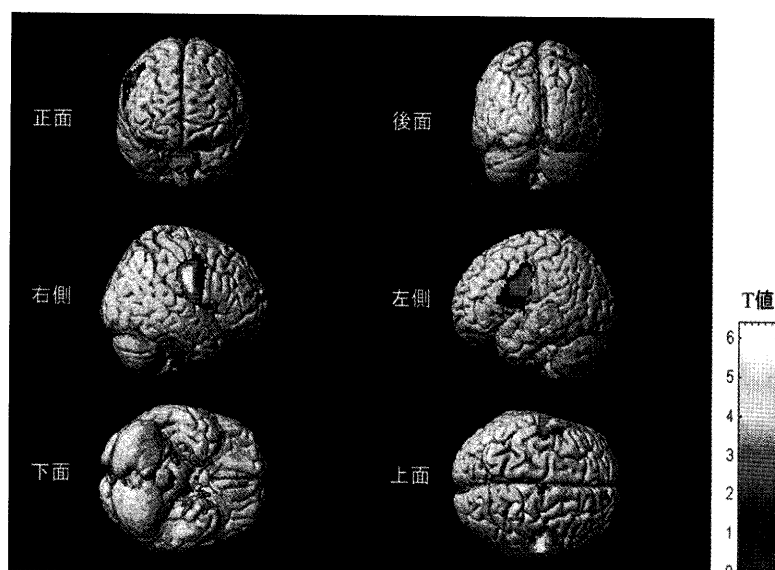


図 8 前方誘導でのタッピング時から安静時の差分によって得られた脳賦活部位

信号強度において0.1%水準で有意な差が見られ、クラスターレベルで30 voxel以上である賦活部位をT値のカラースケールに従って示す。

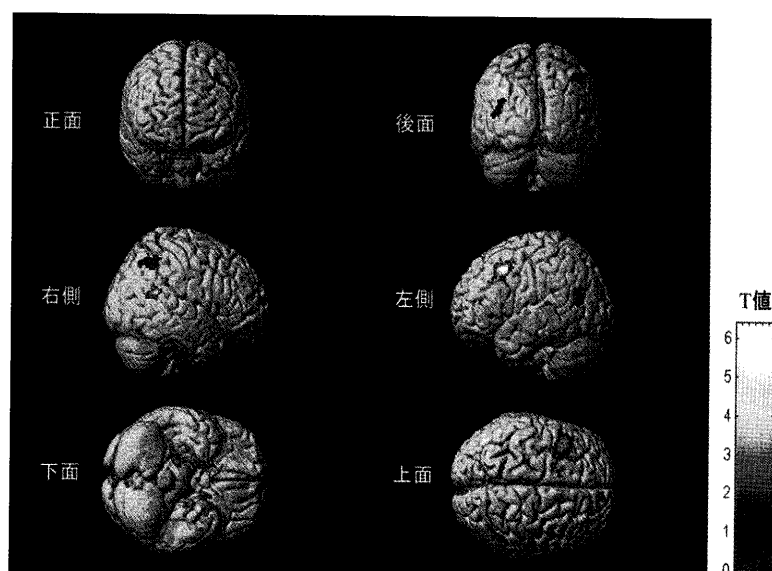


図 9 前方誘導でのタッピング時から咬合挙上したタッピング時の差分によって得られた脳賦活部位

信号強度において0.1%水準で有意な差が見られ、クラスターレベルで30 voxel以上である賦活部位をT値のカラースケールに従って示す。

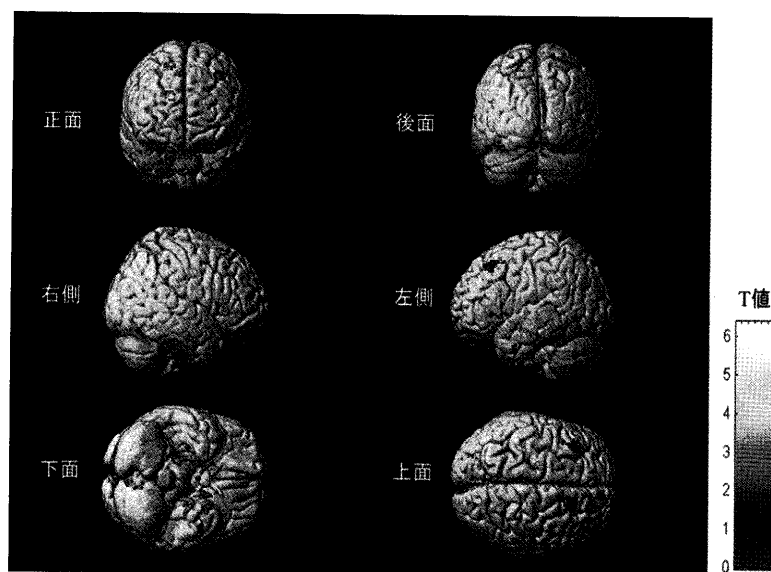


図 10 前方誘導でのタッピング時から中心咬合位でのタッピング時の差分によって得られた脳賦活部位

信号強度において0.1%水準で有意な差が見られ、クラスターレベルで30 voxel以上である賦活部位をT値のカラースケールに従って示す。

ング、プレートにより下顎を前方誘導した状態でのタッピング、それぞれについて fMRI を用いて撮像を行った。実験に必要とされるプレートについては前方誘導を行う際に 2 mm 前方という数値を基準としたため、咬合挙上量については被験者間に overbite に関してばらつきが生じ、個人によって異なった挙上量となった。撮像にあたり 6 ブロックの提示を行ったのは、各ブロック間の中に嚥下や体の動き、眼球の運動や瞬きなどの不必要な要素を除外するために複数回撮像することで各ブロック間の賦活部位を平均化し、できるだけ純粋なタッピング、安静時のデータを採取するように留意した。また、タッピングの速度については、小鹿¹⁷⁾はタッピング速度を変化させて比較した結果、速度と筋電図所見の間には一定の関係は見られなかったことを報告している。今回、予備実験にあたり速い速度 (1 分間に 140 回程度)、遅い速度 (1 分間に 60 回程度) でのタッピング時における解析の結果を比較したところ、脳の賦活部位に有意差が認められなかったことから、被験者に対して撮像前に練習を行うことで特にスクリーン上にリズムを提示する必要はないものと判断した。

III. 結果について

実験の結果、中心咬合位におけるタッピング時、プレートにより咬合挙上した状態でのタッピング時、プレートにより前方誘導した状態でのタッピング時、それぞれについて被験者ごとに解析を行ったところ、賦活部位や賦活領域の広がりなどにある程度の個体差が認められたものの、平均的な賦活部位を求めた結果、中心咬合位、咬合挙上、咬合の干渉を与えたもの、それぞれにおけるタッピングと安静時との差分析により運動野、運動前野、補足運動野、体性感覚野、前頭前野などに有意差の認められる賦活部位が存在した。中心咬合位でのタッピング時と安静時との差分析の結果は過去に報告されている咀嚼時における賦活部位と同様に主に運動野を中心とした賦活が認められた^{18,19)}。プレートにより咬合挙上した状態でのタッピング時と中心咬合位におけるタッピング時との差分析の結果、脳賦活部位に有意差の見られる局在部位は認められなかった。それに対して、プレートにより前方誘導した状態でのタッピング時とプレートにより咬合挙上した状態でのタッピング時との差分、プレートにより前方誘導した状態でのタッピング時とプレートのない中心咬合位におけるタッピング時との差分においては、高次脳機能に関わるとされる前頭前野や頭頂連合野などに統計学的に脳賦活部位に有意差の認められる部位が存在した。このことは、習慣的な開閉口路に変化を与えることのない咬合挙上のみを与えたタッピング時に比べ、咬合干渉により前方に誘導されるこ

とで自然な開閉口路とならないことが要因として考えることができる。運動は脳全体に及ぶ総合的な機能であり、これらの部位に賦活が認められたことは第一次体性感覚野からの情報が運動前野や補足運動野を経由して前頭前野に受け取られ、そこで情報の統合、分析が行なわれ、処理された情報を運動野に伝える機能をしていると考えられる。また、空間認識をつかさどると考えられている頭頂連合野が賦活していることも妥当な結果であると考えられる。早期接触に代表される咬合干渉が脳波に与える影響について、虫本²⁰⁾は脳波は咬合干渉による口腔環境の変化に鋭敏に反応することを、市川²¹⁾は咬合干渉の付与により咀嚼後の α 波含有率が有意に減少したことを報告している。また、関²²⁾は咬合干渉を与えることによる種々の条件下における脳波の変化について報告している。咬合干渉が全身状態に与える影響について、佐藤²³⁾は Bruxism の自覚や咀嚼時の筋活動の変化について、豊田²⁴⁾は咬合干渉をはじめとする顎口腔系の異常が自律神経の交感神経系機能、副交感神経系機能の両面に影響を及ぼしていることを報告している。さらに小林²⁵⁾は自律神経系の機能に加えて、情動、睡眠に影響を及ぼしていることを報告している。また、本研究の結果から、プレートにより咬合挙上した状態でのタッピング時と中心咬合位におけるタッピング時との差分析の結果、脳賦活部位に有意差のある局在部位は認められなかった。被験者によって咬合挙上量については統一されたものではないにしろ、タッピングに関しては咬合が挙上された状態においても脳機能に対して大きな影響がないことがわかった。矯正治療、特に外科的矯正治療においては咬合高径を変化させる。また、義歯製作などで咬合高径などを決定する際に、さまざまな要因を考慮して設定されているが、そのうち咬合挙上量の脳へ与える影響が小さいことは、有用な情報と考えられる。しかし、このことを明らかにするためには挙上量をさらに大きくすること、咬合高径を低下させた場合での検討も必要である。

また、林³⁾、羽田⁵⁾、小林²⁵⁾による実験的咬合干渉付与後の経日変化における変化を観察した実験なども報告されている。本研究では、実験時におけるプレート装着直後における脳賦活部位における解析を行っており、このような前方への顎位の変化が経日的に脳の賦活に対してどのように変化するかについては明らかではない。また、咀嚼筋である側頭筋や咬筋などの強さや方向が顎顔面パターンの成立に関与していることから²⁶⁾、個体間における筋活動の差が脳の賦活に差異をもたらすことも考えられる。さらに、実験上データの採得にあたり仰臥位となる必要があるが、頭位の変化によりタッピングポイントや歯牙接触位などが変化することは関根²⁷⁾、名波²⁸⁾、McLean²⁹⁾、洪³⁰⁾、

林ら^{31,32)}、溝上ら³³⁾などによって報告されている。これらのことをふまえた研究結果であることを認識すべきであることはいうまでもない。

IV. 今後の展開

反対咬合症に多くみられる前歯部の早期接触により歯根吸収や歯髄炎、歯肉退縮などの歯周組織への侵襲、下顎頭の偏位による顎関節症や咀嚼筋への悪影響が引き起こされると考えられることから、早期接触の除去は可及的に早期に行うべきであるとされる。本研究は、前歯部の咬合の干渉が単に局所的な問題だけではなく、中枢神経レベルにおける矯正治療の意義を示唆するものと考えられる。

本研究において咬合の干渉における人為的な前方誘導により脳の賦活部位に相違が見られたが、この結果が中枢に対して悪影響といえるか否かを安易に述べることはできない。そのことを明らかにするためには脳の機能をさまざまな手法によって検証を行うとともに、中枢神経系ばかりではなく咀嚼系にかかわる口腔周囲の筋活動や歯根膜などの感覚入力系を含むさまざまな方面からの総合的な検討が必要とされる。

本研究では、脳の賦活部位を調べる方法としてfMRIを用いた。本法はその高速性ゆえに空間分解能はやや低いものの、実験時間も短く、被験者の負担も少ないことから脳の機能画像の撮影に有効であると思われる^{34,35)}。しかしながらPETや脳磁図(MEG)、近赤外分光法NIRS³⁶⁾など他の手法による確認、検証を行うことにより、さらに信用性のある結果を得ることが可能であると思われる。また、実験中における頭部の動きについての制限が厳しいという問題点もあることから、咀嚼などの大きな動きを伴う課題においては結果に対する信憑性が損なわれることが考えられる。現在、各地で高磁場のMRIが導入されつつあるなか、解析方法や技術革新の発展によりさまざまな問題点が克服され、中枢神経系における咬合に関する研究の応用範囲が広がることが期待される。またこれらの研究成果が臨床的にも還元され、脳機能の解析と口腔領域の機能との関係がますます解明されていくことになる。

稿を終えるにあたり、研究にご指導とご高聞を賜りました東北大学大学院医学系研究科障害科学専攻高次機能障害学藤井俊勝助教授に深甚なる感謝の意を表します。また、本研究を遂行するにあたりMRI撮像については東北福祉大学感性福祉研究所オペレーターの福富玲子氏、画像解析については東北大学大学院医学系研究科障害科学専攻高次機能障害学の鈴木麻希先生に多大なるご尽力を頂きました。最後に本研究にご協力いただいた被験者各位に厚く感謝いたします。

なお、本研究の要旨の一部は第62回日本矯正歯科学会大会(2003年10月、新潟)において優秀発表賞を受賞した。

文 献

- 1) Parker, M.W. : The significance of occlusion in restorative dentistry, *Dent Clin North Am* 37 : 341-351, 1993.
- 2) Le Bell, Y., Jamsa, T., Korri, S., *et al.* : Effect of artificial occlusal interferences depends on previous experience of temporomandibular disorders, *Acta Odontol Scand* 60 : 219-222, 2002.
- 3) 林 清平 : 実験的咬合干渉が咀嚼系に与える影響, *歯学* 70 : 687-764, 1982.
- 4) 関野 眞 : 実験的咬合障害が咀嚼筋活動に及ぼす影響について, *歯科学報* 84 : 1287-1314, 1984.
- 5) 羽田 勝, 柄 博治, 山内和夫 : 実験的早期接触が咀嚼機能に及ぼす影響, *广大歯誌* 10 : 246-263, 1978.
- 6) Hebb, D. and Williams, K. : A method of rating animal intelligence, *J Gen Psychol* 34 : 59-65, 1946.
- 7) Funakoshi, M., Kawamura, S., Fujiwara, H. and Katsukawa, H. : Effects of mastication on post-natal development of brain, *In* : Kubota, K., ed., *Mechanobiological research on the masticatory*, 162-167, VEB Verlages für Medizin und Biologie, Berlin, 1989.
- 8) 船越正也, 川村早苗, 藤原秀樹, 他 : 咬合力と知能テストの関連性について, *岐歯学誌* 15 : 392-398, 1988.
- 9) 佐橋喜志夫, 加藤 哲 : 小児の咬合力と数唱テストとの関連, *小児歯誌* 32 : 494-504, 1994.
- 10) 鈴木政登, 柴田証樹, 佐藤吉永 : チューイングガム咀嚼時のエネルギー代謝および内分泌反応, *日咀嚼誌* 2 : 55-62, 1992.
- 11) 千田道雄, 石山直欣, 石井賢二, 他 : ポジトロンCTで測定した正常若年者と高齢者の咀嚼時の局所脳血流の変化, *日咀嚼誌* 2 : 49-54, 1992.
- 12) 佐藤亨至, 三谷英夫, マルコ・A・メヒア, 伊藤正敏 : ポジトロンCTによる咀嚼時脳血流動態と咬合との関連, *日矯歯誌* 55 : 300-310, 1996.
- 13) 宮原 颯, 柳沢誠太郎, 山口照明, 横井欣弘 : スライディング・プレートの臨床的価値とその製作方法, *日矯歯誌* 33 : 63-71, 1974.
- 14) 本橋康助, 岩澤忠正 : 切歯斜面板 ; 榎 恵監修 *歯科矯正学*, 東京, 1974, 医歯薬出版, 384-389.
- 15) Talairach, J. and Tournoux P : *Coplanar stereotactic atlas of the human brain*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart : 37-113, 1988.

- 16) 高橋昭喜：Brodmann の皮質分野 area と機能，
脳 MRI 1. 正常解剖，東京，2001，秀潤社，26-30.
- 17) 小鹿典雄：顎関節症における咬合音ならびに咀嚼
筋筋電図に関する研究，歯科学報 78：535-586，
1978.
- 18) Onozuka, M., Fujita, M., Watanabe, K., *et al.*：
Mapping brain region activity during chew-
ing：a functional magnetic resonance imaging
study, J Dent Res 81：743-746, 2002.
- 19) 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.
- 20) 虫本栄子，田中久敏，市川 大：口蓋床および咬
合干涉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.
- 21) 市川 大：実験的早期接触による咀嚼系ならびに
精神生理学的応答とその脳波学的検討，補綴誌
45：305-314，2001.
- 22) 関 雅寛：実験的咬合干涉が顎口腔系に及ぼす影
響について，特に脳波について，補綴誌 36：968-
979，1992.
- 23) 佐藤文彦，林 和彦，佐藤義廣，他：早期接触の
咀嚼系に及ぼす影響(第一報)，日歯周誌 16：321-
327，1974.
- 24) 豊田将盟：顎口腔系の状態と全身状態との関連に
関する研究—実験的咬合干涉が自律神経機能に及
ぼす影響—，補綴誌 40：433-441，1996.
- 25) 小林義典，松本敏彦，石上恵一，平井敏博：咬合
と全身の機能との関係，補綴誌 40：1-23，1996.
- 26) 萬代弘毅：表面筋電図の周波数分析を用いた垂直
的顔面骨格パターン別の咬筋機能の解析—成人女
子について—，日矯歯誌 54：64-79，1995.
- 27) 関根 弘，岸 正孝，安達 康，他：姿勢因子が
下顎位に及ぼす影響について，歯科学報 74：193-
194，1974.
- 28) 名波智章：咬合点に関する臨床実験的研究，歯科
学報 72：94-165，1972.
- 29) McLean, L.F., Brenman, H.S. and Friedman, M.
G.F.：Effects of changing body position on
dental occlusion, J Dent Res 52：1041-1045，
1973.
- 30) 洪 昭民，高宮紳一郎，腰原 好：体軸の前後の
変化が後方基準点の安定性に及ぼす影響に関する
研究，補綴誌 5：537-549，1981.
- 31) 林 甫，溝上隆男：咬頭嵌合位付近の下顎開閉運
動における頭位の影響に関する研究 第1報，補
綴誌 21：175-176，1977.
- 32) 林 甫，名波智章，溝上隆男：咬頭嵌合位付近の
下顎開閉運動における頭位の影響に関する研究
第2報，補綴誌 1：398-399，1977.
- 33) 溝上隆男，小平 崇，名波智章，他：咬頭嵌合位
付近での下顎小開閉運動の軸に関する研究 第1
報，歯科学報 78：1203-1210，1978.
- 34) 米倉義晴：PET，画像診断 19：1122-1129，1999.
- 35) 田中忠藏，恵飛須俊彦，梅田雅宏，福永雅喜，成
瀬昭二：fMRI，画像診断 19：1146-1152，1999.
- 36) 佐藤亨至：小児期における咬合と QOL，東北矯歯
誌 13：35-39，2005.

指 導：三 谷 英 夫 名誉教授 2005 年 12 月 9 日受付
2006 年 2 月 20 日受理

連絡先：中 條 哲

東北大学大学院歯学研究科 顎口腔矯正学分野
〒980-8575 仙台市青葉区星陵町 4-1
E-mail t-nakajo@mail.tains.tohoku.ac.jp