種々の咬合機能時にみられる胸鎖乳突筋の co-activation の特徴について

Co-activation of Sternocleidomastoid Muscle during Various Occlusal Functions

佐藤 康弘, 河野 正司*, 吉田 恵一, 土田 幸弘
Yasuhiro Sato, Shoji Kohno*, Keiichi Yoshida, Yukihiro Tsuchida

東京医科歯科大学歯学部第二歯科補綴学教室
Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University
新潟大学歯学部歯科補綴学第1教室*
Department of Removable Prosthodontics, School of Dentistry, Niigata University*

I. 緒言

顎関節症患者の中には顎部痛を訴えるものが少なくない^{1,2)}。また近年、咬合障害に起因する胸鎖乳突筋の疼痛症例が報告されている^{3,4)}ことから、咬合機能時の胸鎖乳突筋の筋活動(co-activation)に関心がもたれている^{5,6)}。

咀嚼時や噛みしめ時の胸鎖乳突筋の co-activationについてみると、活動量は作業側が平衡側に比べて大きく⁶⁾、また筋停止部が中央部よりも大きいこと⁷⁾などが報告されている。

さらに咬合障害に起因する胸鎖乳突筋の疼痛症例としてアンテリアルガイダンスの異常、不安定な咬頭嵌合位⁸⁾があり、また最近ではIPの後方偏位に起因した症例⁹⁾が報告されている。

このうち、IPの後方偏位がいかなる機構で咬合機能時における胸鎖乳突筋の筋活動に影響を及ぼしているかについては、十分な検索がなされていない。そこで本研究では、顎位の前後的な変化がクレンチング時の胸鎖乳突筋のco-activationにどのような影響を与えるのか、筋活動と咬合力の同時測定により検討することとした。

II. 方法

1) 被験者

顎口腔系および頭頸部の諸筋に異常を認めない本学学生男子5名、26～27歳(平均26.8歳)である。

2) 咬合力測定装置

咬合力測定装置は、最大噛みしめ力を正確に測定でき、被験者ごとに後述する二つの下顎位を確実に保持できること、さらにできるだけ咬合高径を挙上しないことを主眼にして設計した。口腔内描記装置をCo-Cr一塊鑄造法により作製し、上顎部にはスタイラス(ステンレス製、直径3mm)および荷重計(ST研究所製LM6-100)を組み込む構造とした。また、下顎の描記板上には顎位定位板が装着可能となっている。

上下顎の装置はそれぞれ、各被験者の歯列模型上で作製したレジン製固定具を介して歯列咬合面上に固定した(図1)。装置の歯列上への定位には、顎頭間軸を基準として咬合器上に上下顎模型を装着し、描記装置を咬合平面に平行に、かつ咬合高径を可及的に挙上しない位置とした。またスタイラスは左右の上顎第一大臼歯近心舌

図1 咬合力測定装置

側咬頭頂を結んだ線分の中央になるように設定した。

この装置の5被験者における咬合挙上量は、切歯点部において12.1~13.9mm、平均13.0mmであった。

3) 測定した下顎位

測定対象の下顎位は習慣的閉口位（以下、HPとする）、および下顎後退位（以下、RPとする）として、下顎描記板上に同一の位置に着脱可能な2枚の顎位定位板を作製し定位できるようにした。

習慣的閉口位は、歯科用治療椅子のupright位で、開口量約5mm、約1Hzの頻度でタッピングを行わせ、その収束する叩点とした。また、下顎後退位は、ゴシックアーチのアベックスと規定した。

それぞれの位置で下顎位が固定されるように、下顎位定位板上のタッピングポイント、およびアベックスにスタイラスが貫通する穴をあけた。このとき両下顎位の水平的な距離は5人の被験者において2.0~3.5mm、平均2.6mmとなった。

4) EMG記録方法

両側の咬筋浅層中央部、側頭筋前部、同後部、胸鎖乳突筋停止部から、双極表面電極を用いて筋電図を導出し、筋電アンプ（日本電気三栄社製 BIOTOP 6R12）により増幅した後、咬合力とともにデータレコーダに集録した。このとき筋電アンプの設定条件は、増幅率1,000~4,000倍、high cut 1kHz、時定数0.03秒とした。

5) 測定方法

被験者は歯科用治療椅子に着座させ、upright位をとらせて、FH平面が床面に平行になるように規定し、顎位により頭位が変化しないように配慮した。

次に各顎位において最大噛みしめを2回指示し、そのときの噛みしめ強さを100%として、咬合力をオシロスコープ上に表示、被験者に視覚的なフィードバックを与えながら最大噛みしめの25、50、75、80、85、90、95%の噛みしめをそれぞれ1回ずつ行わせた。さらにもう1度、最大噛みしめを指示し、その値の90%の噛みしめを行い、合計で11回の噛みしめを行った。

噛みしめの持続時間は4秒間とし、また被験者の筋疲労を考慮して、各噛みしめごとに60秒間の、さらにまた各顎位ごとに10分間の休憩を与えた。

6) 分析方法

得られた筋電図は、各々4秒間の噛みしめ区間のうち、中央の2秒間をサンプリングタイム500 μ sec、12bitで量子化し、シグナルプロセッサ（日本電気三栄社製 7T17）にとりこみ、筋活動の実効値を求めた。

また、咬合力については、各被験者で習慣的閉口位の噛みしめにおける最大値を100%として規準化した値を用いた。

III. 結果

1. 胸鎖乳突筋について

1) 下顎位の違いによる変化の様相

噛みしめ強さは下顎位HPでの最大噛みしめ強さを100%として、また胸鎖乳突筋の筋活動量はHPにおける最大値を100%として規準化して評価し、その結果の一例を図2に示す。

胸鎖乳突筋の筋活動量は、噛みしめ強さの増加にともなわず単調増加し、続いて急激な増加を示した。この変化の様相を定量的に表すため、規準化した噛みしめ強さの増加に対する胸鎖乳突筋の規準化筋活動量の増加率が1.00以下の範囲を一つの直線の式で近似し（直線Aとする）、それ以上の増加を示す範囲をもう一つの

図2 噛みしめ強さと胸鎖乳突筋筋活動量の変化
(被験者 A)

直線（直線Bとする）で近似した。また、それぞれの直線の勾配と、二つの直線が交わる時の噛みしめ強さ（C点とする）について求めた。

被験者5名の平均の結果を表1および図3に示す。直線の勾配、即ち噛みしめ強さに対する胸鎖乳突筋筋活動量の変化の割合は、下顎位HPにおいては直線Aで0.26、直線Bで9.32となり、直線Aに対して直線Bでは35.9倍となった。また下顎位RPでは同じく直線Aにおいて0.24、直線Bで10.5、直線Aに対して直線Bでは48.8倍となった。

噛みしめ強さに対する胸鎖乳突筋の筋活動量の変化の割合をHPとRPの両下顎位で比較してみると、両者間に相違はない。しかし一方、胸鎖乳突筋筋活動量が急激に増加するC点は、下顎位HPでは最大咬合力の平均86.4%、RPでは65.1%となり、RPにおいてはHPよりも約21%低い咬合力で急激な筋活動の上昇の生じることが明らかとなった。

表1 噛みしめ強さと胸鎖乳突筋筋活動量の変化

	直線の勾配		勾配の比	C点
	line A	line B	B/A	(%)
HP mean	0.26	9.32	35.9	86.4
SE	0.03	1.75	6.52	5.09
RP mean	0.24	10.5	48.8	65.1
SE	0.04	1.21	7.05	2.16
n = 5

図3 噛みしめ強さと胸鎖乳突筋筋活動量の平均的变化
(全被験者)

2) 最大噛みしめ時の様相

それぞれの下顎位における最大噛みしめ強さは、HPにおいて平均111kg、RPでは平均81kgであった（表2）。RPはHPの約73%の強さを発揮したにとどまり、HPと比較して有意に小さい値（ $p < 0.05$ ）となった。またRPにおける最大噛みしめでは、全被験者が顎関節部に疼痛を訴えた。

この最大随意噛みしめ時の胸鎖乳突筋筋活動の実効値は、HPで平均118 μ V、RPでは平均109 μ Vを記録し、HPでの値がやや大きくなる傾向はあるものの、両下顎位間における有意差は存在しなかった（表2）。

2. 咀嚼筋について

1) 噛みしめ強さと咬筋筋活動量の変化

噛みしめ強さに対する咬筋筋活動量変化の様相について、前項と同じ方法で分析した。この結果を表3および図4に示す。被験者AおよびCは、筋活動量の急上昇はみられなかった。表3より噛みしめ強さの増加に対する咬筋筋活動量の変化の割合はHPでは直線Aで0.60、直線Bで2.45となった。直線Aに対して、直線Bの勾配は4.35倍となった。

また二つの直線が交わる点、即ちC点は最大咬合力の85.0%となった。RPでは直線Aの勾配が0.58、直線Bで2.60、また直線Bの勾配は直線Aの4.62倍となった。C点は60.6%である。

2) 咀嚼筋筋活動量の変化の相互関係

咬筋、側頭筋前部、同後部および総筋活動量について比較、検討を行った。筋活動量の変化

表2 噛みしめ強さと胸鎖乳突筋筋活動量
(最大噛みしめ時)

	Force		SCM EMG	
	HP	RP	HP	RP
mean	111	81	118	109
SE	10	7	31	27
	(kg)		(μV)	
t-TEST	★		NS	

n = 5

★ : $p < 0.05$

NS : Not Significant

の模式図を図5に示す。

咀嚼筋の下顎位による影響を更に詳細に検討するために、各咀嚼筋を総筋活動量に対する割合で規準化して、総筋活動量と各咀嚼筋をHPとRPで2標本間のt検定を用いて比較した(表4)。

その結果、総筋活動量については顎位による差はなかった。各咀嚼筋については、咬筋ではHPが有意に大きく($p < 0.1$)、逆に側頭筋後部はRPが有意($p < 0.05$)に大きかった。

3. 胸鎖乳突筋のパワースペクトラムの様相

胸鎖乳突筋停止部については、筋活動の性質についても観察を行うため、被験者1名について筋電信号をFFTにより周波数分析しパワースペクトラムを求め、その構成する周波数成分の様相を検討した。被験者AのHPにおける噛みしめの胸鎖乳突筋停止部のパワースペクトラムと筋

電図原波形ついて、85%の噛みしめ強さのものと最大噛みしめ時のものを図6に示す。

図6のごとく、最大噛みしめ時には胸鎖乳突筋のパワースペクトラムに14Hz付近に明瞭なピークが出現している。これに対し、85%噛みしめにおいては、このようなピークは認められなかった。

IV. 考察

1. 噛みしめ強さによる筋活動量の変化

1) 胸鎖乳突筋について

噛みしめ時において、胸鎖乳突筋の筋活動が存在することが知られており^{3,6)}、噛みしめ強さの増加にともない、胸鎖乳突筋の筋活動量も増加すると報告されている。

また、Kohno⁵⁾は噛みしめ時に胸鎖乳突筋停止部の筋活動量は、噛みしめ力の200Nまでは漸次増加傾向を示すが、それ以上の力が加わると急激な上昇を示すことを報告している。本実験においても、胸鎖乳突筋の筋活動量はHPでは最大噛みしめ力の64.1~95.1%まで、RPでは57.8~71.0%までは単調増加、それ以上で急激に上昇することが観察された。すなわち、RPではHPより平均して約21%低い咬合力で急激な筋活動量の上昇を示す特異的な現象が見られた。

さらに胸鎖乳突筋表面筋電図の周波数分布を検索した結果、最大噛みしめ時においてパワースペクトラムの14Hz付近に明瞭なピークを認め

表3 噛みしめ強さと咬筋筋活動量の変化

	直線の勾配 line A line B		勾配の比 B/A	C点 (%)
HP mean	0.60	2.45	4.35	85.0
SE	0.03	0.65	1.25	1.58
RP mean	0.58	2.60	4.62	60.6
SE	0.06	0.89	1.36	3.11
	n = 5			n = 3

図4 噛みしめ強さと咬筋筋活動量の平均的变化
(全被験者)

HP	MM	Ta	Tp
RP	MM	Ta	Tp

MM:咬筋 Ta:側頭筋前部 Tp:側頭筋後部

図5 咀嚼筋筋活動量の相互変化(最大噛みしめ時)

ている。このピークについて、吉田⁷⁾はやはり胸鎖乳突筋停止部に噛みしめ強度の増大に伴って13Hz付近に明瞭なピークが出現し、咬合力の増大とともにこのピークのパワーも増加すると報告している。さらにTsuchidaら⁹⁾は、被験者に最大噛みしめをできるだけ長時間行わせたところ、咬筋の疲労とともに胸鎖乳突筋の筋活動実効値の急激な増大をみとめた。またそのとき胸鎖乳突筋のパワースペクトラムは10-20Hzの低周波帯域に明瞭なピークを示し、これが胸鎖乳突筋筋活動量の実効値の急激な増加の要因となる可能性を示唆している。

本実験で見られた14Hz付近における胸鎖乳突筋のパワーの高まりもこれらと同じ現象であろうと推察できる。

2) 咀嚼筋について

最大噛みしめ時にはHPで平均111kgの咬合力が記録されたのに対して、RPで平均81kgとHPの73%にとどまり、RPにおける噛みしめ強さの減少を認めた。この結果は、後方限界路上では最大噛みしめ強さよりも58.6%減少したとする平林¹⁰⁾と同様の傾向を示している。HPとRPではMVC時の噛みしめ強さに27%の差異が観察され

表4 各咀嚼筋の筋活動量（最大噛みしめ時）

		Normalized EMG (MM+Ta+Tp=1.00)			EMG MM+Ta+Tp
		MM	Ta	Tp	
HP	mean	0.51	0.20	0.29	742
	SE	0.03	0.02	0.03	123
RP	mean	0.40	0.22	0.38	724
	SE	0.04	0.02	0.03	129 (μ V)
t-TEST		★	NS	★★	NS

n = 5 ★ : p < 0.1 ★★ : p < 0.05
NS : Not Significant

図6 胸鎖乳突筋のパワースペクトラムおよび筋電図原波形
(左：85%噛みしめ 右：MVC)

※ 85%噛みしめでは縦軸のスケールはMVCの10倍に拡大

た現象について、閉口筋の活動量から考えてみたい(表4)。

下顎位の変化にともなう筋長の増減が筋活動量に影響を与えることが知られている¹¹⁾。しかし本実験においては、HPとRPの開口量は平均でそれぞれ13.0mm及び13.3mmとその差がわずかであることことから、筋長の変化が筋活動量に及ぼす影響は考えにくい。

各下顎位で閉口筋の筋活動量を比較してみると、咬筋ではRPの筋活動量がHPの約76.5%と小さな値を示している。また、側頭筋前部ではHP、RPともにほぼ同じ値となっている。一方、側頭筋後部における筋活動量は、RPの方がHPよりも27.9%大きな値を示している。しかし側頭筋後部の筋の走行状態を考えると、同部の筋収縮が噛みしめの方向に対する力の発揮に寄与する割合は咬筋に比べ小さいと考えられる。さらに、下顎の水平的位置を調整するPositionerとしての機能^{12,13)}も考慮すると、側頭筋後部はむしろ後方へ牽引した下顎の位置を保持するために働いていると考えるのが妥当であろう。

これより、RPにおける咬筋の筋活動量の減少が噛みしめ強さの低下に関与していると考えることができよう。

2. 下顎位の違いが筋活動量の変化をもたらす機構について

1) 噛みしめ強さの変化について

最大咬合力を制限する要素として①歯根膜受容器②顎関節受容器③筋の受容器からの閉口筋に対する抑制的な信号が考えられる。

まず①の歯根膜受容器の影響については、本実験で使用した多数歯に力を分散して負担させた装置の場合、その影響はほとんどないとされている¹⁴⁾。実際、被験者からも歯牙の痛みの報告は受けていない。また、HPとRPで歯牙に加わる力の方向が変化することについても、両顎位での差異は小さいことから、下顎位間での歯根膜受容器からの閉口筋に対する影響の違いは少ないと言えるであろう。

また、②顎関節受容器の影響について、阿部¹⁵⁾は猫において、顎関節囊後外側部に密に存在する感覚受容器を機械的に刺激することにより賦活した求心性信号が咬筋の活動を抑制するこ

とを明らかにしている。本実験中、RPでの最大噛みしめにおいて全ての被験者が顎関節部に疼痛を訴えた。一方、HPにおける最大噛みしめでは、そのような疼痛は聞かれなかった。

RPで下顎顎頭が顎関節後部に押しつけられた状態で噛みしめを行った際、最大噛みしめ時に、下顎を後方に牽引する働きを持つ側頭筋後部の筋活動量がHPの時よりも平均で27.9%大きくなっていることや、顎関節部に疼痛を訴えた被験者のコメントから、閉口筋活動が抑制されたことが一因と考えられよう。しかし、ここで付与した負荷に対して、被験者は違和感を感じており、これが原因となった皮質性の抑制の影響がそれ以上に存在しているのではないかと推測している。

2) 顎位による胸鎖乳突筋と咬筋筋活動量の変化について

表1にしめすごとく全被験者の平均でHPで86.4%、RPで65.1%の噛みしめ強さを境に、胸鎖乳突筋の筋活動量は急上昇している。一方、表3、図4のごとく咬筋についても筋活動量の急上昇の見られた被験者がいたものの、急上昇の程度は胸鎖乳突筋よりもはるかに小さかった。

最大噛みしめ時において胸鎖乳突筋ではパワースペクトラムの14Hz付近に明瞭なピークを認めているが、一方咬筋についてはこのようなピークは認められていない⁷⁾。即ち、このピークは咬筋には見られない胸鎖乳突筋の筋活動の特徴であり、これがより大きな筋活動量の上昇をもたらしている可能性が推測できる。しかしそのメカニズムについてはいまだ不明な点も多く、今後の更なる検索が必要と思われる。

胸鎖乳突筋は頭位保持のために機能しており¹⁶⁾、咬合機能時に頭位を最適な位置に保ちながら、頭蓋を体幹に固定していると考えられている。HP、RPともに胸鎖乳突筋筋活動量の噛みしめ強さに対する変化の割合が酷似していることから、下顎位が変化しても胸鎖乳突筋は同様に機能していることが推察される。しかしRPにおいて胸鎖乳突筋筋活動量の急上昇はHPよりもほぼ21%少ない噛みしめ強さで発現している。下顎位の定位に大きな役割をもつと言われる^{12,13)}側頭筋の筋活動量が有意に大きいことも併せて、噛みしめ時のこの下顎位の不安定さを示唆する

ものと考えられる。

この筋活動量の急激な上昇、即ち過緊張は胸鎖乳突筋に筋疲労を起こすことが考えられる。さらにまた胸鎖乳突筋の筋活動量の急上昇は、強い噛みしめ以外にも咀嚼筋の疲労とともに出現するという報告もなされており²⁾、クレンチングやブラキシズム等の不良習癖が胸鎖乳突筋の筋疲労もしくは疼痛の発現に関与することの可能性を示唆している。その際、咬頭嵌合位に後方偏位が起きていた場合、さらに胸鎖乳突筋に対する悪影響を加速する事は十分に考えられよう。

V. 結論

1. 胸鎖乳突筋の筋活動量は、噛みしめ強さの増加とともに緩やかに上昇し、その後一定の噛みしめ強さに至ると急激な上昇を示した。この筋活動の様相は、習慣的閉口位であっても、下顎後退位であっても同様であった。
2. 胸鎖乳突筋の筋活動が急上昇をし始める噛みしめ強さは、習慣的閉口位においては最大噛みしめ強さの平均86.4%、下顎後退位においては平均65.1%となり、胸鎖乳突筋は下顎後退位では比較的弱い噛みしめ強さによって敏感な反応を示すことが認められた。
3. 記録された胸鎖乳突筋の筋活動量は、両下顎位において同じ値を示し、下顎位の差異の影響を受けないことが明かとなった。
4. 下顎後退位における最大噛みしめ強さは、習慣的閉口位に対して、平均73%と低い値をとるにとどまった。その要因として咀嚼筋、とくに咬筋筋活動量の減少が考えられた。
5. 胸鎖乳突筋のパワースペクトラムには、最大噛みしめ付近で14Hzの周波数帯域に明瞭なピークが観察され、これが筋活動量の急上昇の一因となっている可能性が示唆された。

文献

- 1) Clark, G. T., Green, E. M., Dornan, R., and

Flack, V. F.: Craniocervical dysfunction levels in a patient sample from a TMJ clinic, J. Am. Dent. Assoc., 115: 251-256, 1987

- 2) 稲井哲司、渡辺 誠、佐々木啓一ほか：顎関節症における顎頭蓋筋の圧痛の発現様式、補綴誌、36: 799-809, 1992
- 3) 河野正司、三浦宏之、吉田恵一、小林 博：アンテリアルガイダンスの不良と胸鎖乳突筋にみられる疼痛、顎機能、3: 195-198, 1985
- 4) 河野正司、吉田恵一、土田幸弘：側頭部、顎部、肩部の運動痛および咀嚼時の疼痛デンタルダイヤモンド増刊号「顎関節症こんな患者が来院したら」、P40-45, 1991
- 5) Davis, P. L.: Electromyographic study of superficial neck muscles in mandibular function, J Dent Res 58: 537-538, 1979
- 6) 河野正司、吉田恵一、小林 博、三浦宏之：咬合機能時にみられる胸鎖乳突筋の活動様相、補綴誌、31: 764-769, 1987
- 7) 吉田恵一：咬合機能時における胸鎖乳突筋の機能に関する筋電図学的解析、口病誌、55: 53-70, 1988
- 8) Kohno, S., Yoshida, K., Tsuchida, Y. and Kobayashi, H.: Analysis of coactivation of sternocleidomastoid muscle during occlusal function, Advanced Prosthodontics Worldwide (eds: Tsuru H., Preiski H. W. et al.), P522-523, 1991
- 9) Tsuchida, Y., Kohno, S., Yoshida, K. and Sato, Y.: Sternocleidomastoid Muscle Activities During Masseter Muscle Fatigue Induced by Clenching, J Dent Res, 72: 781, 1993
- 10) 平林健彦：種々な下顎位における咬合力に関する研究、補綴誌、18: 337-360, 1975

- 11) 田部孝司：咀嚼筋活動と顎・顔面形態に関する研究、I. 咬筋活動の筋電図学的特性と閉顎力について、日矯歯誌、35: 239 - 254, 1976
- 12) 三浦不二夫：筋電図法による咀嚼筋の活動様式に関する研究（特に咬筋、側頭筋、顎二腹筋について）、口病誌、23: 291 -320, 1956
- 13) 河村洋二郎：口腔生理学、174-184、永末書店、京都、1979
- 14) Van Steenberghe,D.,De Vries,J.H.: The developement of a maximal clenching force between two antagonistic teeth,J Periodont Res,13: 91 - 97, 1978
- 15) 阿部勝也：顎関節よりの求心性神経情報に関する研究、歯基礎誌、16: 117 - 128, 1974
- 16) 藤原 知：運動解剖学、182 - 183、医歯薬出版、東京、1982