原 著

夜間睡眠時におけるブラキシズムが顎口腔系に及ぼす影響に関する研究

雨 森 陽 子

東京医科歯科大学歯学部歯科補綴学第一講座 (主任・指導：藍 稔教授)

(1998 年 12 月 10 日 受付)

Influence of Bruxism during Sleep on Stomatognathic System

Yohko Amemori

The First Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University
(Chief and Director : Prof. Minoru Ai)

Nocturnal tooth contact such as bruxism has been considered to be one of the major factors of temporomandibular disorders (TMD). However, little information has been reported regarding mandibular movements during bruxing, because of the limitation of the measuring method. The purpose of this study was to investigate the influence of bruxism on the stomatognathic system. A new device for measuring nocturnal mandibular movements was developed using a PIN photodiode sensor, which was integrated with the polysomnography including both masseter and anterior temporal EMG. The maximum error of the system was revealed to be less than 0.2mm. One episode was defined depending upon EMG activities above 5% MVC, and mandibular movement for each episode was classified into 3 patterns (Clenching, Grinding, and Mixed). Nine subjects were selected for the study. Two of them reported bruxing habits and one subject had some symptoms of TMD. Mandibular movement was analyzed only for these three subjects. Frequency and duration of the episode were 3.8-10.9 and 47.8-174.9 sec per hour, respectively. The values of two bruxism patients was high, comparing to the other seven subjects. Clenching pattern during "Mixed movement" was most frequently observed for all three subjects, and EMG activities during clenching were stronger than those during grinding. These findings suggested that tooth clenching during sleep may be harmful to the stomatognathic system, rather than other mandibular movements.

I. 緒 言

ブラキシズムは、クレンチング、グライインディングおよびタッピングに分類される非機能的な現象で、かなり多くの人に認められる¹⁻⁷⁾。これは本人が自覚していないことも多く、人口の85~90%と非常に高い割合で観察されたとの報告もある⁶⁾。その発症のメカニズムについては、従来よりストレス、あるいは咬合干渉など末梢からの影響が考えられてきたが、近年、中枢神経系における解明が進み、神経伝達物質であるドーパミンの関与等が考えられている^{8,9)}。一方、ブラキシズムの有害性に関しては、歯の咬耗、動揺、補綴物の破損ばかりでなく、顎機能異常の病因とも関係するとして注目されている。Rugh は顎機能異常の40%にブラキシズムが関連し、ブラキシズム発現時に発揮される咬合力が咀嚼時のものよりも有害であると報告している。これはブラキシズムに

よる筋収縮が等尺性で、力の作用する間隔が長く、不安定な偏心位で歯牙接触することに起因すると考察している³⁾。さらに、クレンチング、グライインディングでは、顎口腔系に及ぼす影響が異なることも示唆されている⁴⁾。Christensen らは、偏心位におけるクレンチングとグライインディングとの間で筋活動量と筋疲労の相違を指摘している¹⁰⁾。しかし、ブラキシズムによる咬合力がどのような方向、大きさ、頻度で働くと顎口腔系に障害を起しやすいつのかについては、いまだ不明の点が多い。

ブラキシズムの検出方法として、これまでに筋活動、咬合力、下顎運動等の測定によるものが報告されている¹¹⁻¹⁷⁾。特に、ブラキシズムの際の下顎の動態については、センサにより左右側を判別する方法²²⁾などにより検討されているが、睡眠時の下顎運動と筋活動を同時記録した研究は少ない。これは睡眠中という特殊な環境下での測定であるため、従来用いられているような下顎運動

測定装置では、大きさ、設定等の点で応用が困難であったためである。

当教室では、従来よりブラキシズムの検出可能なシステムを開発してきた。山下らはテレメタリングシステムやマイクロフォトセンサを応用したシステムを考案し¹⁸⁻²⁰⁾、歯の接触についての観測を行っている。その結果、顎機能異常者では健常者に比較すると、咬頭嵌合位付近で持続時間の長い歯牙接触が高頻度で発現することを明らかにしている。また、湯上はマイクロフォトセンサを用いて、歯牙接触時に下顎位の左右側が判別可能なシステムを開発し、各下顎位における歯牙接触と筋の活動状態を詳細に観察した^{21,22)}。さらに、山下らは睡眠時における下顎の動的様相を筋活動と同時に終夜連続的に測定することを目的に、小型フォトダイオードセンサを応用した下顎運動測定装置を開発した²³⁾。この装置は天然歯の咬合接触状態を変化させることなく、前頭面上の咬頭嵌合位付近の下顎運動を二次元的に測定できるものである。しかし、下顎位の座標を数値的に算出することは難しく、前方・後方滑走運動時の分析は困難であった。

そこで、本研究では、まず、睡眠時の下顎運動を三次元的に測定できる装置を開発し^{24,25)}、これと咀嚼筋筋電図を含む睡眠ポリグラフィを同時に測定できる統合的なシステムを新たに構築することを試みた。そしてさらに、睡眠時ブラキシズムが顎口腔系に与える影響について検討することとした。

II. 研究方法

1. 三次元下顎運動測定装置

1) 構成とその基本原理

装置の測定原理は、下顎に装着した発光部赤外 LED の動きを上顎に装着した 4 分割 PIN フォトダイオードセンサで非接触方式で検出し、電子回路上で電気的信号に変換するものである。この装置は、山下らが用いた下

図1 実験ブロックダイアグラム

顎運動測定装置²³⁾を三次元測定が可能となるように発展させたものである。図1に本測定装置のブロックダイアグラムを示す。構成は、4 分割 PIN フォトダイオードセンサ (モリリカ社製 M1-33H4D)、LED (沖電気工業社製 OLD225)、センサ用増幅系電子回路 (著者らが自作)、電子回路に接続する多出力直流安定化電源 (ケンウッド社製 PW18-2)、発光部 LED に接続する発振器 (日立製作所製 VG-4429)、A/D 変換を行う MACLab/16s (ADInstrument 製)、および記録・演算を行うパーソナルコンピュータ (Apple 社製 PowerMacintosh 9500) である。

2) 三次元座標の演算処理方法

図2は、本研究で考案した 4 ch のセンサ出力より三次元座標の演算処理方法の概略を示す。下顎運動測定時のセンサから出力される 4 つの電圧値から三次元座標を算出するにあたっては、以下の 3 つのステップで行った。

第1ステップ:

下顎運動測定時の 4 つのセンサ出力値をそれぞれ平滑化した。

第2ステップ:

まず、この平滑化後のデータと参照データとの比較を行った。参照データとは、測定空間内で均一な測定精度を得るために、三次元較正器 (中央精機社製) 上であらかじめセンサ出力値を測定しておいたものである。つまり、実験で用いる測定空間全域 (10×10×6 mm) を、0.5mm 刻みで格子状に細分化し、その格子の各頂点にセンサと LED の位置関係が来るように、三次元較正器を用いてセンサ電圧値を 4 つのチャンネルごとに計測・記録した。記録点は 21×21×13 の計 5,733 点である。これを既知の参照データとした。そして、参照データのなかで一辺が 0.5mm の立体空間を想定し、平滑後のデータがその空間内に含まれる立体を 1 つ選択した。

第3ステップ:

測定データと選択された立体空間内の参照データとの差分量、および選択された空間付近での X,Y,Z 軸方向の電圧変化量から、三次元座標の最良推定値を具体的に算出した。

つまり、測定値を $P: (f_1, f_2, f_3, f_4)$ 、求める三次元座標 $K: (X, Y, Z)$ 、参照データの格子の頂点間における出力値の差、つまり、微小変化量を $A: (\Delta f_x, \Delta f_y, \Delta f_z)$ とすると、

$$P = (f_1, f_2, f_3, f_4) = \Delta f_x X + \Delta f_y Y + \Delta f_z Z = KA$$

$$K = (A^t A)^{-1} A^t P$$

となる。したがって、三次元座標 $K: (X, Y, Z)$ を求めるためには、

$$K = (A^t A)^{-1} A^t P \text{ を求めればよいことになる。}$$

装置出力値のサンプリングは 4,000 顎位/秒であるが、

図2 下顎運動演算処理アルゴリズム

演算処理後、最終的には40顎位/秒となった。

3) 測定精度

下顎運動測定装置を被験者に応用するにあたり、測定精度の評価を行った。三次元較正器上で既知の軌跡を設定し、本測定装置の計算により求めた三次元座標と設定した座標との比較を行った。測定誤差は、システム全体で最大でも0.2mm以下であることが判明した。

2. 夜間睡眠時における下顎運動、睡眠ポリグラフィの同時記録

夜間睡眠時における顎口腔系の動的様相について詳細に検討を行うために、下顎運動、睡眠ポリグラフィを終夜同時記録した。

1) 下顎運動記録装置のセンサの被験者への装着方法

フォトダイオードセンサおよびLEDは、それぞれ上顎、下顎の切歯部唇面から口腔外に延長されたメタルクラッチに装着した(図3)。このクラッチは金銀パラジウム合金(GC社製 Castwell MC)により製作し、センサ、LEDとも即時重合レジン(GC社製 UNIFAST)でクラッチ先端に固定した。その固定位置は、咬頭嵌合位において、LEDは下顎切歯点前方約30mm、センサ受光面はフランクフルト平面と平行になるよう、またLEDとセンサ受光面の中心との距離が3mmになるように設定した。これにより上顎に対する下顎の相対的な動きが三次元的に測定可能となる。実験時には上下顎クラッチをシアノアクリレート系接着剤で歯面に接着した。なお、これらの装置の口腔内への装着には、被験者をチェアに垂直位に座らせ、頭位をフランクフルト平面に水平となるように保った状態で行った。

図3 被験者にセンサおよびLEDを装着した状態

2) 睡眠ポリグラフィ

(1) 筋電図

a. 被験筋および導出方法

被験筋は、左右の咬筋浅部(LM, RM)および側頭筋前部(LAT, RAT)、右側顎二腹筋前腹(Dig)、オトガイ筋の6筋である。導出方法は電極間距離を15mmに固定した表面電極(ユニークメディカル社製 双極AgCl表面電極)による双極導出とした。電極間抵抗をできるだけ下げたため、皮膚前処理材(日本光電社製 スキンピュア)とアルコールにより皮膚を十分に清拭した後、電極を筋の走行と平行になるように固定した。アース電極は左側耳朶に貼付した。また、睡眠中に電極が剥離しないようにこれらを絆創膏で固定した。

b. 増幅

導出した筋活動電位は、生体電気現象用増幅器(日本電気三栄社製 1253A)により、時定数は0.03sec(顎二腹

筋, オトガイ筋; 0.003sec), ハイカットフィルターは1 kHzの設定で増幅した。増幅度は $500\mu\text{V}$ の入力に対し感熱型オムニコード(日本電気三栄社製 8M14)の振れが10mmになるように設定した。

(2) 脳電図, 眼球運動

a. 導出部位および導出方法

脳電図(EEG)の導出部位は, 10-20電極法による C_3 (左頭頂部)と A_2 (右側耳朵)とした。一方, 眼球運動(EOG)の導出部位は, 左右側眼窩外側縁1cm 外側と1cm 下方とした。いずれの導出も皿電極(日本電気三栄社製 SEE101)を用いて双極誘導とした。

b. 増幅

増幅は筋活動電位と同様に生体電気現象用増幅器により行った。時定数は, 脳電図で0.3sec, 眼球運動では, 1.5sec である。増幅度は $100\mu\text{V}/10\text{mm}$ とした。

3) データの記録方法

下顎運動測定装置からの出力, 睡眠ポリグラフィデータは, データレコーダ(TEAC 社製 RD-200T)とコンピュータの(PowerMacintosh 9500) 双方に同時記録した。データレコーダのサンプリング周波数は, 下顎運動測定装置の出力値に関しては5kHz, 睡眠ポリグラフィでは2.5kHzに設定した。記録テープは, 睡眠データ記録途中で一度交換した。一方, コンピュータ入力時のA/D変換時には, 下顎運動測定装置の出力値に関しては4 kHz, 睡眠ポリグラフィでは, 400Hzにサンプリング周波数を設定した。

4) 被験者

被験者は成人9名(男性6名, 女性3名), 年齢26~32

歳(平均年齢27.6歳)である。このうち男性2名はブラキシズムの自覚があり, 女性1名は筋痛(右側胸鎖乳突筋と右側咬筋浅部)の自覚があった。

5) 測定方法

口腔内にセンサを装着後, 睡眠時実験に先立ち下顎運動の座標軸を設定するために, 各被験者ごとにフランクフルト平面を水平にした状態で, 咬頭嵌合位→左右犬歯尖頭位→咬頭嵌合位→前方位→咬頭嵌合位→最後退位の歯牙接触滑走運動を記録した。また, 入眠前および覚醒後に被験者に1回ずつ計2回の3秒間最大咬みしめを行わせた。

睡眠時の記録はシールドルーム内で行った。就寝時間・覚醒時間は, 被験者の通常の日常生活にできるだけ合わせるようにした。

6) 測定結果の分析方法

(1) 入眠期の判定と分析対象区間

データレコーダに収録した全記録をオムニコードの記録紙上に掃引速度10mm/secで再生後, 脳電図の波形から α 波の抑制がみられ少量の θ 波の出現した時点を入眠期とみなし, 覚醒に至るまでの記録区間を分析対象とした。

(2) 筋活動区間の決定

a. 最大咬みしめ時の筋活動の大きさ

睡眠前後に測定した2回の最大咬みしめ時の筋活動電位のうち波形の安定した区間の高さを読み取り, 各筋ごとに実効値(RMS 値)を算出した。次いで, 2回分のこれらの値を各筋ごとに平均し, 最大咬みしめ時における筋活動の代表値とした。

図4 睡眠時測定データ

図5 歯牙接触滑走運動

図6 睡眠時の下顎運動の分析例

表1 筋活動区間の発現頻度

Subject	/night		/hour	
	sec	回数	sec	回数
A	1,028.9	64	174.9	10.9
B	683.2	65	96.7	9.2
C	254.0	24	47.8	4.5
D	522.7	54	83.4	8.6
E	452.9	44	68.3	6.6
F	484.8	39	71.9	5.8
G	463.7	39	66.3	5.6
H	336.3	31	58.5	5.4
I	305.2	24	48.1	3.8

b. 筋活動区間

睡眠時の筋活動電位のなかで、被験4筋のうちいずれかの筋が最大咬みしめ時の筋活動量の5%以上の値を示した区間を1回の筋活動区間とした。ただし、その区間の活動時間が2秒に満たないものは除外した。また、次の区間までが5秒未満の場合は同一の区間として処理した。

(3) 筋活動区間の分析項目

a. 発現回数、発現時間

一晩当たりの値と、1時間当たりに換算した値を求めた。

b. 下顎運動パターン分類

最大咬みしめ時の筋活動量に対して、筋活動区間のRMS値が4筋のうちいずれか1筋でも20%以上を示す区間を対象に運動のパターンの分類を行った。運動はクレンチング(CI)、グライインディング(Gr)、両者の混合(Mix)の3パターンに大別してその発現頻度を求め、クレンチングに関しては、側方および前後方向の滑走運動路上のどの部位で発現しているかについても分析項目に加えた。つまり、咬頭嵌合位付近のCentral area(C)、右側側方滑走運動路上のRight area(R)、左側側方滑走運動路上のLeft area(L)、前方滑走運動路上のFront area(F)、さらに後方滑走運動路上Rear area(Re)の5つの部位を設定した。下顎運動のパターンを分類した後、その区間における4筋の筋活動量(RMS値)の最大咬みしめ時の筋活動量に対する比率(%MVC)を求め、筋活動パターンと下顎運動パターンの関連性について検討を行った。

III. 結 果

1. 睡眠時測定データ分析例

図4に、本測定システムを用いて被験者Aの睡眠時における下顎運動と筋活動を同時記録したデータを示す。図5は、同一被験者で睡眠前に行われた下顎の滑走運動(咬頭嵌合位→右側犬歯尖頭位→咬頭嵌合位→左側犬歯

尖頭位→咬頭嵌合位→前方切端位→咬頭嵌合位→後退位→咬頭嵌合位)に関して、演算処理後の軌跡を示した三次元透視図である。図6は、図4に示す第1区間と第2区間について睡眠中の下顎運動軌跡と、図5の軌跡を重ね合わせた三次元透視図である。図6A.第1区間からは、左側方運動と咬頭嵌合位付近での咬みしめと、下顎がやや後方へ移動していることが、図6B.第2区間からは、左右側方運動と咬頭嵌合位付近での咬みしめが推測される。このように、筋の活動状態と三次元的な下顎の動きを時間の経過とともに、容易に把握することが可能となった。

2. 各被験者ごとの睡眠時測定データの分析

1) 筋活動区間の発現回数、発現時間

全被験者の筋活動区間の発現回数、発現時間およびこれらを1時間当たりに換算した値を表1に示す。1時間当たりの発現回数は3.8~10.9回、発現時間は47.8~174.9秒の範囲にあった。このうち、被験者AとBはブラキシズムを自覚する群であるが、回数、時間とも自覚していない群と比べて大きな値を示す傾向にあり、特に被験者Aでこの傾向は顕著に認められた。

2) 下顎運動ならびに筋活動のパターン

9名の被験者のうち、ブラキシズムの自覚のある2名(被験者A, B)と筋痛症状を認める1名(被験者C)に関して、下顎運動と筋活動の分析を行った。各運動パターンの発現頻度の分析には、発現している時間を全筋活動区間の時間で除した値を用いた(表2, 図7)。一方、運動パターンにより分類された各区間の筋活動(%MVC)は、運動パターンごとに値を集計し、平均化したものを代表値とした。また、混合(Mix)パターンの運動に関しては、さらにクレンチング(Mix CI)とグライインディング(Mix Gr)の2つを別々に分離して分析した(表3, 図8)。

運動パターンは、3名の被験者ともMix CIパターンの発現頻度が最も多く観察された。3名中2名の被験者(B, C)では、次いでCIパターン、Mix Grパターン、Grパターンの順であった。一方、被験者Aでは、Mix CIパターンに続き、Mix Grパターン、CIパターン、Grパターンの順であった。CIパターンおよびMix CIパターンのクレンチングに注目してさらに詳細に観察すると、被験者Aにおいては両パターンともCentral areaで、被験者Bにおいては両パターンともLeft areaで、さらに、被験者CにおいてはCIパターンではLeft areaで、Mix CIパターンではRear areaで最も高い発現頻度が認められた。

筋活動パターンに関しては、3名の被験者ともに、CIパターン発現時のほうがGrパターン発現時に比べて、4筋とも高い筋活動量を示した。さらにMixパターンをクレンチングとグライインディングに分離した際にもこの

表2 被験者ごとの下顎運動パターン発現頻度

	下顎運動パターン（％）						
	発現頻度	clenching					grinding
		C	R	L	F	Re	
Sub. A							
Cl	8.0	5.2	0	2.8	0	0	4.1
Gr	4.1						
Mix Cl	62.4	37.0	2.6	16.3	1.0	5.5	25.5
Mix Gr	25.5						
Sub. B							
Cl	34.8	14.0	1.7	15.6	0	3.5	2.3
Gr	2.3						
Mix Cl	46.8	13.6	3.4	21.3	0	8.5	16.0
Mix Gr	16.0						
Sub. C							
Cl	36.0	14.0	1.7	16.7	0	3.6	2.6
Gr	2.6						
Mix Cl	45.3	16.0	0.8	5.1	0	23.4	16.1
Mix Gr	16.1						

Cl : Clenching, Gr : Grinding, Mix Cl : Mix Clenching, Mix Gr : Mix Grinding

C : Central area, R : Right area, L : Left area, F : Front area, Re : Rear area

$$\text{発現頻度} = \frac{\text{各運動パターンの発現時間}}{\text{全筋活動区間}} \times 100$$

図7 被験者ごとの下顎運動パターンの発現頻度

傾向が同様に認められ、同じ筋活動区間であってもクレンチング発現時のほうがグライディング発現時よりも高い筋活動を示した。

IV. 考 察

ブラキシズムは、顎機能異常の成因と関係があるとして注目されており、研究者によっては顎機能異常患者のうち40%近くがブラキシズムを有していると報告している³⁾。しかし、Rugh³⁾はブラキシズムをいかに評価するかが問題であり、たとえ歯の咬耗をブラキシズムの指標と

みても、それが顎機能異常の発現とうまく相関しているとはいいがたいと述べている。さらに、ブラキシズムによる力が咬合状態の違いにより、どのように顎関節と顎筋に分散されるかに関して検討の必要性を強調している。しかし、夜間睡眠中の下顎の動態を正確に測定する手段は近年まで皆無に等しく、従来の研究では現象のほんの一部分を把握していたにすぎなかったといえる。そこで本研究では、夜間睡眠時の顎口腔系の動的様相を観察することを目的に、新たに三次元下顎運動測定装置を開発するとともに、咀嚼筋筋電図を含む睡眠ポリグラフィも同時に記録可能な統合的なシステムを構築し、睡眠時のブラキシズムについて検討を行った。

1. 下顎運動測定装置

夜間睡眠中の下顎の動態を測定する手法としては、これまで、義歯^{26,27)}や修復物^{28,29)}、あるいは直接天然歯³⁰⁾に何らかの電気的スイッチを組み込んで歯牙接触状態を記録する方法、筋電図^{30~41)}を用いる方法などが代表的なものとして挙げられる。さらに、最近では独自のセンサを用いて睡眠中の下顎運動を測定した研究なども見受けられるが、ブラキシズムに関する定量的な分析はいまだ十分には行われていない。

山下は小型無線発振装置を用いて咬頭嵌合位における歯牙接触の有無を測定するテレメタリングシステムを開

表3 下顎運動パターンごとの筋活動の様相

Sub. A	筋活動 (%MVC)			
	RAT	RM	LM	LAT
Cl	25.0	17.7	16.0	23.0
Gr	19.8	11.4	13.6	16.5
Mix Cl	24.7	18.1	16.6	22.4
Mix Gr	20.1	15.2	14.8	16.5

Sub. B				
	RAT	RM	LM	LAT
Cl	18.0	11.1	10.3	15.8
Gr	14.0	3.3	6.6	10.9
Mix Cl	18.6	11.6	9.3	16.0
Mix Gr	14.8	7.7	7.3	13.7

Sub. C				
	RAT	RM	LM	LAT
Cl	36.2	21.3	32.3	19.5
Gr	32.5	18.4	28.0	16.4
Mix Cl	34.4	22.7	33.7	18.6
Mix Gr	32.0	16.3	27.0	9.7

RAT：右側側頭筋前部, RM：右側咬筋, LM：左側咬筋, LAT：左側側頭筋前部

発した¹⁸⁾。これは、被験者をほぼ無拘束な状態で記録できる利点をもっていたが、口腔内のスイッチの微調整が困難なために、偏心位の歯牙接触の測定は難しかった。そこで、マイクロフォトセンサを用いた非接触方式の測定システムが開発された¹⁹⁾。このシステムの特徴は、被験者が自宅で睡眠時の歯牙接触を測定できることである。また、センサターゲットの形状を変化させることにより偏心位における歯牙接触の発現の有無も検出可能である。

今回開発した小型 PIN フォトダイオードセンサによるシステムは、マイクロフォトセンサを用いたシステムほどの携帯性はないが、下顎位を連続した動きとして把握できるものである。PIN フォトダイオードの特徴の一つとして高速応答性が挙げられるが、ここで使用したタイプの応答時間は $0.1\mu\text{sec}$ と非常に高速であるため、咬頭嵌合位付近の下顎の動きであれば睡眠中でも十分対応可能である。さらに、マイクロフォトセンサと同様、光を用いたセンサであるため、筋活動との同時記録を行っても互いの出力を干渉するおそれがない利点がある。

このセンサには、内部に4個のフォトダイオードが分割されて入っており、対向するLEDの動きに合わせて得られる4つの出力から、LEDの位置が検出される。山下らは、プロトタイプとして差動増幅回路を用いることにより、センサ受光面と平行な平面上での二次元的なLEDの動きが測定できるシステムを開発した²³⁾。本研究では、その電子回路を改良することによりセンサ1個で

図8 下顎運動パターンごとの筋活動の様相

三次元的な測定も可能となるようなシステムに発展させ、高精度化を目指した。

センサ出力値より下顎運動の三次元座標を求める方法としては、算術的な変換式を用いる方法が一般的に考えられる。つまり、センサ出力値をその変換式に代入し三次元座標を算出する手法である。当初、著者も独自に変換式を作成し応用を試みた²⁴⁾。しかし、センサ中央部では十分な精度が得られるものの、センサ周辺部では最大 0.7mm 程度の誤差が生じ、この歪みを補正するのが不可能であった。そこで本研究では、このような変換式を求めるのではなく、3ステップに分かれた演算処理アルゴリズムを新たに開発し、測定空間全域にわたって安定した検出が行えるようにシステムを改良した²⁵⁾。

2. 下顎運動測定装置の精度

三次元較正器上で、測定空間全域 ($10 \times 10 \times 6 \text{ mm}$) にわたり、あらかじめ設定した三次元座標と、得られた測定結果との比較を行った結果、センサ周辺部の歪みも解消され全域で 0.2mm 以内の測定誤差に精度を保つことが可能となった。この誤差にはセンサ自体の誤差、周辺機器の誤差、さらに演算アルゴリズム上の誤差等が含

まれているが、個々の精度を別々に求めることは不可能であるため、システム全体の誤差として表現した。

測定空間を設定するにあたって、ここではその大きさを $10 \times 10 \times 6$ mm としたが、これはセンサの有効範囲ならびにブラキシズムを想定した下顎の滑走運動範囲が十分このなかに含まれると判断したためである。したがって、下顎の運動範囲が咬頭嵌合位を中心として、前方では切歯切端位、側方では犬歯尖頭位、さらに後方では最後退位までの歯牙接触滑走運動であれば検出可能である。

3. 睡眠実験の実験条件について

本研究では、シールドルーム内における睡眠、メタルスプリントの口腔内装着、さらに電極の貼付といった日常とはかなり異なる環境下で睡眠実験を行った。山下らの開発によるポータブルタイプの歯牙接触記録装置²⁰⁾、あるいは、Kardachi ら³¹⁾、Clark ら¹⁶⁾の行ったようにポータブル筋電計を用いて自宅にて測定する方法は、より自然な睡眠状態を得るための打開策と考えられるが、本システムでは容易に持ち運びができるほどには小型化ができなかった。そこで、被験者にはあらかじめシールドルーム内で数日睡眠させ、実験当日も十分に睡眠がとれたことを確認した。メタルスプリントは瞬間接着剤で歯面に接着したが、睡眠中に脱落したり、ゆるむことはなかった。また、装着により口唇が閉じられない、あるいは睡眠が阻害されるなどのトラブルも認められなかった。

4. 測定結果の分析について

得られた測定結果よりブラキシズム発現の有無を鑑別するには、筋活動の大きさを基準にするか下顎の運動パターンを基準にするかのどちらかである。ブラキシズムの顎口腔系に対する影響を考えると、力の大きさが問題になるので、活動区間の判定には筋活動の大きさを基準とするのが妥当と考えた。

過去の研究を振り返ってみると、各研究者ごとにそれぞれ独自の基準値を設定している。Ikeda ら⁴⁰⁾は、咬筋筋活動の10%MVC以上、Miguel ら³⁴⁾は咬筋、側頭筋で40%MVC以上の活動があった場合をそれぞれブラキシズムと判定し、Okeson ら³⁵⁾も咬筋において最大咬みしめの40%以上の活動が2秒以上持続するものをブラキシズムと定義している。Clarke ら¹⁷⁾は持続時間のみを規定しておりこれを2秒以上とした。さらに、筋活動電位の絶対値を基準にしているのは、Clark ら³⁸⁾、Kardachi ら³¹⁾、中村³⁹⁾で、それぞれ $20 \mu V$ 以上、 $100 \mu V$ 以上、 $62.7 \mu V$ 以上と設定している。

本研究の分析では、最大咬みしめ時の筋活動の5%以上の値を示した区間を1回の筋活動区間とした。ただし、その区間内でいずれの筋も5%以上の活動時間が2秒に

満たない区間は除外し、また、次の区間までが5秒未満の場合は同一の区間として処理した。この基準の設定に関しては湯上²²⁾の研究に準じたが、文献的にも明確なブラキシズムの基準値が規定されていない以上、著者あるいは湯上の記録した多数の生データを基に検討し、基準を独自に設ける必要があると判断した。

本研究では、筋活動区間の決定のために用いた4筋の筋活動以外に、睡眠ポリグラフィとして、右側顎二腹筋、オトガイ筋の筋電図、脳電図、さらに眼球運動の同時記録を行った。これらのデータは、被験者の入眠および覚醒の判定基準、並びに嚥下等の他の生体現象を除外するために参照した。

下顎運動のパターン分類に関しては、区間筋活動量の実効値が最大咬みしめ時の筋活動量の20%以上のものを対象とした。下顎の動きに合わせてグライディングかクレンチングか、あるいは両者の混合かを判別し、それぞれの運動パターンごとに筋活動との関連性について分析した。Ware ら³⁶⁾は、リズムカルな筋活動を phasic、リズムカルな筋活動と持続的な筋活動を phasic-tonic、持続的な筋活動を tonic と分類している。山下ら²³⁾も、ブラキシズム中の筋活動のパターンを同様に分類して解析し、Rugh³⁾および Christensen ら¹⁰⁾はクレンチング、グライディングでは顎口腔系に及ぼす影響が異なることも報告している。特に、Christensen らの研究では、偏心位におけるクレンチングとグライディングを比較すると、前者のほうが為害性の高いことを示唆している。したがって、睡眠中の下顎の運動パターンを分類するにあたり、本研究の基準は十分妥当性のあるものと考えられる。

5. 研究結果

1) 筋活動区間の発現頻度

本研究における9名の被験者では、筋活動区間は1時間当たり3.8~10.9回、47.8~174.9秒の範囲にあった。さらに、ブラキシズムを自覚する2名の被験者では、これらの値がそれぞれ10.9回と174.9秒、および9.2回と96.7秒と他の被験者に比べて大きな値を示す傾向がうかがわれた。Lavigne らは、睡眠実験室における筋活動の測定結果から、ブラキサーの基準を1時間当たり4回以上のブラキシズムとしており⁴¹⁾、今回の2名の被験者は、この基準に合致しているといえる。

山下がテレメタリングシステムあるいはマイクロフォトセンサを用いて睡眠中の咬頭嵌合位における歯牙接触を測定した結果によれば、顎機能に異常のない被験者の場合1時間当たり6.9~27.0秒、8.9~132.5秒の接触時間が観察された¹⁸⁾。また、湯上はより広いエリアでの歯牙接触を筋電図と併用して測定したが、ブラキシズム自覚者では1時間当たり40.4~89.2秒、非自覚者では8.5~46.4

秒の筋活動区間のあったことを報告している²²⁾。Redingらは、ブラキシズムは1時間当たり40秒観察されたと述べ³⁷⁾、TrenouthはTMDであるBruxismグループでは8時間の睡眠中に38.7分の歯牙接触が観察されたと述べている³⁰⁾。また、Clarkeらはブラキシズムの発現頻度は一晩で平均5回で、それぞれの持続時間は7.8秒であったと報告し¹⁷⁾、Kyddらは一晩で11.4分のブラキシズム発現が観察されたと述べている³²⁾。このように、発現頻度は基準の設定方法や表現方法により異なるばかりでなく、同一の被験者においても測定日によりばらつきが認められた。

2) 下顎運動と筋活動の様相

ブラキシズムとは、“咀嚼時の非機能時の咬みしめ(クレンチング)または、歯ぎしり(グラインディング)”と定義されている。グラインディングは、リズムカルな筋収縮であり、クレンチングは、強い咬合力を生じる持続的な等尺性の筋収縮である。持続時間が長く、頻度が高いクレンチングは、グラインディングに比べ、筋や顎関節に有害であるといわれている⁴²⁾。また、非機能的な低レベルのクレンチングが慢性化すると、顎機能異常の発現に関係するという報告もなされている⁴³⁾。

今回、ブラキシズム発現時のクレンチング、グラインディングに注目して、分析を行った結果、被験者3名ともに下顎運動パターンは、Mix Clが最も高かった。しかし、このようなクレンチング時に発現頻度の高い下顎位は、Central area, Left area, Rear areaと被験者間で下顎の位置に関して一定の傾向はみられなかった。このようなクレンチングを行う位置の傾向は、被験者の咬合状態に依存する可能性が考えられる。というのは、3人の被験者のうち、被験者Bでは、右側前歯部が咬頭嵌合位でロックしており、被験者Cでは、矯正治療中で、咬合状態が不安定であるなどの要因が挙げられるからである。一方、筋活動パターンに関しては、被験者3名とも被験4筋すべてにおいて、クレンチング発現時はグラインディング発現時よりも強い筋活動が認められた。これは、上述のクレンチングのほうが顎口腔系に対して為害作用が大きいとする報告を支持する内容と考えられる。さらに、睡眠中の分析結果は従来からいわれている咀嚼に代表される覚醒時のパターンとは異なり、不規則な筋の活動並びに下顎運動が多くみられた。特に注目すべき点は、筋活動から分析するとクレンチングと推定された場合でも、下顎運動の分析では、下顎がわずかながら移動する区間もみられた。咬頭嵌合位は覚醒時には安定した状態にある下顎位で、機能運動はこの下顎位およびその付近で行われる²⁾。しかし、このような睡眠時の非機能的運動は、偏心位も含めた不安定な下顎位で不規則に起こり、その際に、発現される力が強大であれば、顎

口腔系に強い影響を与え、より破壊的な力を及ぼしやすいものと推測される。

以上の所見は、従来の装置では不可能であった側方および前、後方への三次元的下顎運動測定、さらに時系列に沿った筋活動との同時測定が可能となったことにより、得られたものである。睡眠時に特有な非機能的な動きに関しては、顎機能異常との関連性を明らかにし、顎口腔系の良好な機能の維持を図るうえで、今後さらに追究する必要があると考えられる。

V. 結 論

睡眠時の下顎運動を三次元的に測定できる装置を開発し、これと咀嚼筋筋電図を含む睡眠ポリグラフィを同時に測定できる統合的なシステムを新たに構築することにより、睡眠時ブラキシズムが顎口腔系に与える為害作用について検討した結果、以下の結論を得た。

1. 本測定システムを用いることにより、睡眠中の下顎運動を0.2mm以下の測定誤差で三次元的に観察することが可能となった。
2. 9名の被験者において、筋活動区間は1時間当たり3.8~10.9回、47.8~174.9秒の範囲にあった。さらに、ブラキシズムを自覚する2名の被験者では、これらの値がそれぞれ10.9回と174.9秒、および9.2回と96.7秒と他の被験者に比べて大きな値を示す傾向がうかがわれた。
3. 睡眠中の下顎運動パターンは、分析対象となった3名の被験者ともMix Clパターンの発現頻度が最も多く観察された。しかし、下顎の運動する方向については、被験者ごとに異なっていた。
4. 下顎運動パターンと筋活動の関連性については、3名の被験者ともClパターンとMix Clパターン発現時には、GrパターンとMix Grパターン発現時に比べ、筋活動が高い傾向が認められた。これにより、夜間睡眠時のクレンチングの顎口腔系への高い為害作用が示唆された。

謝 辞

稿を終えるに臨み、ご懇篤なるご指導とご校閲を賜りました藍 稔教授に謹んで感謝の意を表します。さらに、終始懇切なるご指導とご教示をいただきました歯科補綴学第一講座、山下秀一郎助手、佐藤雅之博士、高橋重郎先生に心からお礼申し上げます。また、終始格別のご指導、ご教授をいただきました東京農工大学工学部、篠田裕之助教授に心から感謝いたします。ならびに、本研究に際し、ご援助、ご協力いただきました歯科補綴学第一講座の諸先生方に心よりお礼申し上げます。

本研究の要旨の一部は、第95回日本補綴歯科学会学術大会

(1996年5月31日)ならびに第100回日本補綴歯科学会記念大会(1998年11月28日)において発表した。

文 献

- 1) 藍 稔：顎機能異常 咬合からのアプローチ。東京，1983，医歯薬出版，196-198.
- 2) 藍 稔：咬合に関する一考察—特に咬頭嵌合位について。補綴誌 42：1-10，1998.
- 3) Rugh, J. : Association Between Bruxism and TMD, McNeill, C. editor, Current controversies in temporomandibular disorders. Chicago, 1992, Quintessence, 29-31.
- 4) Mohl, N. D., Zarb, G. A., Carlsson, G. E. and Rugh, J. D. : A text book of occlusion. Chicago, 1988, Quintessence, 249-261.
- 5) Okeson, J. P. : Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion. St. Louis, 1998, Mosby Year Book, 149-179.
- 6) Thorpy, M. J., editors : American Sleep Disorders Association : Parasomnia : International classification of sleep disorders : Diagnostic and coding manual. Rochester, MN : ASDA, Allen Press, 1990, 181-185.
- 7) Lavigne, G. J. and Montplaisir, J. Y. : Bruxism : Epidemiology, Diagnostic, Pathophysiology, and Pharmacology. Friction, J. R., Dubner, R. B., editors, Orofacial Pain and Temporomandibular Disorders, New York, 1995, Raven Press, 387-404.
- 8) Lobbezoo, F., Soucy, J. P., Hartman, N. G., Montplaisir, J. and Lavigne, G. J. : Effect of the D2 Receptor Agonist Bromocriptine on Sleep Bruxism : Report of Two Single-patient Clinical Trials. J. Dent. Res. 76 : 1610-1614, 1997.
- 9) Lavigne, G. J., Lobbezoo, F., Rompre, P. H., Nielsen, A. and Montplaisir, J. : Cigarette Smoking as a Risk Factor or an Exacerbating Factor for Restless Legs Syndrome and Sleep Bruxism. Sleep 20 : 290-293, 1997.
- 10) Christensen, L. V. and Mohamed, S. E. : Contractile activity of the masseter muscle in experimental clenching and grinding of the teeth in man. J. Oral Rehabil. 11 : 191-199, 1984.
- 11) 重本修一，坂東永一：ブラキシズム解析用顎運動測定器の開発。補綴誌 40：379-389，1996.
- 12) 大倉一夫：マルチテレメータシステムを用いた睡眠時ブラキシズムの測定と解析。補綴誌 41：292-301，1997.
- 13) Akamatsu, Y., Minagi, S. and Sato, T. : A new method for recording mandibular position during nocturnal bruxism. J. Oral Rehabil. 23 : 622-626, 1996.
- 14) 加藤義弘，加藤 照，小鷲悠典：睡眠中の Bruxism の研究—睡眠中の顎運動記録装置の開発と Bruxism 自覚者と無自覚者の比較検討—。日歯周誌 34：416-429，1992.
- 15) 西川啓介，坂東永一，中野雅徳：睡眠時ブラキシズムにおける咬合力の研究。補綴誌 42：740-746，1998.
- 16) Clark, G. T., Beemsterboer, P. L. and Rugh, J. D. : Nocturnal masseter muscle activity and the symptoms of masticatory dysfunction. J. Oral Rehabil. 8 : 279-286, 1981.
- 17) Clarke, N. G., Townsend, G. C. and Carey, S. E. : Bruxing patterns in man during sleep. J. Oral Rehabil. 11 : 123-127, 1984.
- 18) 山下秀一郎：咬合高径の変更に伴う歯牙接触の経時的変化に関する研究。口病誌 55：27-52，1988.
- 19) Yamashita, S., Ai, M. and Mizutani, H. : Tooth contact patterns in patients with temporomandibular dysfunction. J. Oral Rehabil. 18 : 431-437, 1991.
- 20) Yamashita, S., Ai, M. and Mizutani, H. : A new method for measuring nocturnal tooth contacts. J. Oral Rehabil. 20 : 525-532, 1993.
- 21) 湯上 圭：歯牙接触時における筋活動の経時的変化に関する研究 第1報 マイクロフォトセンサーを用いた歯牙接触検出装置。補綴誌 38：1045-1054，1994.
- 22) 湯上 圭：歯牙接触時における筋活動の経時的変化に関する研究 第2報 夜間睡眠中の歯牙接触と筋活動。口病誌 63：31-41，1996.
- 23) 山下秀一郎，高橋重郎，雨森陽子，湯上 圭，岡部良博，藍 稔：夜間睡眠時における顎口腔系の動的様相 第1報 試作下顎運動測定装置を用いた下顎運動と筋活動の経時的な同時記録法について。補綴誌 40：1147-1154，1996.
- 24) 雨森陽子，高橋重郎，山下秀一郎，湯上 圭，藍 稔：夜間睡眠時における下顎の運動様相について 第2報 改良型測定装置の概要とその応用。補綴誌40 (95回特別号)：36，1996.
- 25) 雨森陽子，篠田裕之，佐藤雅之，高橋重郎，山下秀一郎，藍 稔：夜間睡眠時における下顎の運動様相について 第3報 演算アルゴリズムの改良による三次元下顎運動測定装置の高精度化。補綴誌 42 (100回特別号)：170，1998.
- 26) Brewer, A. A. and Hudson, D. C. : Application of miniaturized electronic devices to the study of tooth contact in complete dentures. A progress report. J. Prosthet. Dent. 11 : 62-72, 1961.
- 27) Gillings, B. R. D., Kohl, J. T. and Zander, H. A. : Contact patterns using miniature radio transmitters. J. Dent. Res. 42 : 177, 1963.
- 28) Powell, R. N. and Zander, H. A. : The frequency and distribution of tooth contact during sleep. J. Dent. Res. 44 : 713-717, 1965.
- 29) Powell, R. N. : Tooth contact during sleep : Association with other events. J. Dent. Res. 44 : 959-967, 1965.
- 30) Trenouth, M. J. : Computer analysis of nocturnal tooth-contact patterns in relation to bruxism and mandibular joint dysfunction in man. Arch. Oral Biol. 23 : 821-824, 1978.
- 31) Kardachi, B. J. R., Bailey, J. O. and Ash, M. M. : A comparison of biofeedback and occlusal adjustment on bruxism. J. Periodontol. 49 : 367-372, 1978.
- 32) Kydd, W. L. and Daly, C. : Duration of nocturnal tooth contact during bruxing. J. Prosthet. Dent. 53 : 717-721, 1985.
- 33) 小林義典，藤井重寿，中村泰司，曾根崎利雅，小松義典，児玉秀夫：ヒトの睡眠中の Bruxism に関する臨床的研究 第1報 テレメータシステム応用による咬筋筋電図，心電図，呼吸曲線および歯牙滑走雑音の経時的観察所見。歯学 66：131，1978.
- 34) Miguel, A. M. V., Montplaisir, J., Rompre, P. H., Lund, J. P. and Lavigne, G. J. : Bruxism and other orofacial movements during sleep. J. Craniomandib. Disord. Facial Oral Pain 6 : 71-81, 1992.

- 35) Okeson, J. P., Phillips, B. A., Berry, D. T. R., Cook, Y., Paesani, D. and Galante, J. : Nocturnal bruxing events in healthy geriatric subjects. *J. Oral Rehabil.* 17 : 411-418, 1990.
- 36) Ware, J. C., and Rugh, J. D. : Destructive Bruxism : Sleep Stage Relationship. *Sleep* 11 : 172-181, 1988.
- 37) Reding, G. R., Zepelin, H., Robinson, J. E., Zimmerman, S. O. and Smith, V. H. : Nocturnal Teeth-Grinding : All-Night Psychophysiologic studies. *J.Dent. Res.* 47 : 786-797, 1968.
- 38) Clark, G. T., Beemsterboer, P. L., Solberg, W. K. and Rugh, G. T. : Nocturnal electromyographic evaluation of myofacial pain dysfunction in patients undergoing occlusal splint therapy. *J. Am. Dent. Assoc.* 99 : 607-611, 1979.
- 39) 中村泰司 : ヒト睡眠中の Bruxism に関する臨床的研究—集中行為訓練前後における EMG, EEG, EOG ならびに臨床所見の経日的比較検討—. *歯学* 69 : 1017-1048, 1982.
- 40) Ikeda, T., Nishigawa, K., Kondo, K., Takeuchi, H. and Clark, G. T. : Criteria for the Direction of Sleep-Associated Bruxism in humans. *J. Orofacial Pain* 10 : 270-282, 1996.
- 41) Lavigne, G. J., Rompre, P. H. and Montplaisir, J. Y. : Sleep Bruxism : Validity of Clinical Research Diagnostic Criteria in Controlled Polysomnographic Study. *J. Dent. Res.* 75 : 546-552, 1996.
- 42) Pertes, R. A. and Bailey, D. R. : General Concepts of Diagnosis and Treatment. Pertes, R. A. and S. G. Gross Editors, *Clinical Management of Temporomandibular Disorders and Orofacial Pain*, Chicago, 1995, Quintessence, 59-68.
- 43) Glaros, A. G., Tabacci, K. N. and Glass, E. G. : Effect of parafunctional Clenching on TMD Pain. *J. of Orofacial Pain* 12 : 145-152, 1998.