顎関節雑音の周波数分析による検討（第2報）

The study of TMJ sounds by frequency analysis.(part 2)

—下顎運動条件の変化が累積周波数値に及ぼす影響について—

—The relation between the percentile value of TMJ sound power spectrum and jaw movement patterns.—

○鶴野修次, 丸山道朗, 木村朋義, 久恒泰宏, 安原伸夫, 山口泰彦*, 内山洋一

○Shyuji UNO, Michiyou MARUYAMA, Tomoyosi KIMURA, Yasuhiro HISATUNE, Nobuo YASUHARA, Taihiko YAMAGUCHI*

, Yoichi UCHIYAMA

北海道大学歯学部歯科補綴学第2講座

*北海道大学歯学部附属病院特殊歯科治療部

The 2nd Dept. of Prosthetic Dentistry, Hokkaido Univ. School of Dentistry.

*Dept. of Special Clinic, Hokkaido Univ. Dental Hospital.

1. 緒言

下顎運動に伴って発現する顎関節雑音は、顎関節症の症状の1つとして高頻度で認められ、下顎頭と関節円板の相対的位置異常が存在し、下顎運動に伴って両者の動きに不調和をきたした時や、関節円板に変形、穿孔が存在する時に発生する¹⁾と言われている。そのため顎関節症の病態の把握、治療効果の判定を行う上で、顎関節雑音の発現時期や性質などを分析することはきわめて有効な手段と考えられる。

顎関節雑音に関する研究は、古くは、聴診や触診といったその判断が術者の臨床経験に大きく左右されると思われる主観的な方法による分析²⁾が主であったが、近年、計測機器の発展に伴い電氣的計測装置等を用いた客観的な分析^{3, 4, 5, 6, 7)}が多くなってきている。また、下顎運動の研究^{8, 9, 10, 11, 12)}にも各種計測装置が開発され、より客観的な評価が可能となってきている。しかしながら、下顎運動と顎関節雑音の発現機序やその性質との関連性は、いまだ不明な点が多く、その評価は最終的に術者の臨床経験等に基づいている部分が多いと言える。

そこで著者等は、顎関節雑音の客観的かつ詳細な解析を目的として、下顎運動と顎関節雑音とを同時に記録し、それらを同一画面上に表示して検討を行うシステムを開発し、そのシステムを用いて下顎運動と顎関節雑音との関連性を明らかにし顎関節症の診断及び治療効果の判定に役立てることを試みている。第8回顎関節研究会及び第1回顎関節学会、第41回北海道歯科学術大会において、そのシステムの概要およ

び習慣性開閉口運動の速度を変化させた場合の顎関節雑音の発現位置について報告した。その概要はほとんどの症例において顎関節雑音の発現位置は有意に変化し、特に速度が遅くなると閉口時の顎関節雑音の発現位置は、閉口末期に近づく傾向を示すこと、および顎関節雑音の振幅は顎関節雑音非発生側で咬みしめを行った後の開口時に著明に増大したことである。また、第2回顎関節学会においては、顎関節雑音を、このシステムを用いて解析し、周波数スペクトルのピークを示す周波数の分布を指標とし顎関節雑音がいくつかの種類に分類できる可能性を報告した。

今回は、さらにより客観的に顎関節雑音の性質を把握する目的で、周波数スペクトルの累積周波数値を計測し、各種下顎運動条件と顎関節雑音の累積周波数値との関係を検討した。

2. 研究方法

2.1 被験者について

被験者は、北海道大学歯学部附属病院に来院した顎関節症の患者及び歯学部学生のうちの、片側性に顎関節雑音を有し、咀嚼筋に圧痛及び運動痛を認めず、開口障害の既往のない男性8名、女性6名計14名である。被験者の年齢は、19才から45才までであり、顎関節雑音が初めて発現してから1年から10年経過していた(表1)。

2.2 計測システム(図1)

下顎運動の記録は、シーメンス社製シロナソグラフを使用して、顎関節雑音の採取は、パイロット電子社製加速度検出型コンデンサーマイ

表1 被験者の概要

被験者 No.	年 齢 (才)	性別	患側	関節雑音の発現 からの期間(年)
1	22	男	右	3
2	45	女	右	10
3	27	男	右	3
4	25	男	右	5
5	19	女	右	2
6	17	男	左	2
7	30	男	右	7
8	26	男	右	5
9	19	女	左	5
10	20	女	左	10
11	24	男	右	1
12	25	女	左	3
13	25	男	右	4
14	28	女	右	4

クロフォン（イヤーマイクPEMS-NE アッセンブリー）を使用し、被験者の両側外耳道に挿入して、記録した。マイクロフォンから得られた顎関節雑音のアナログ信号は、周波数特性が1 Hzから20 kHzまではほぼフラットな自作プリアンプを用いて増幅し、シロナソグラフからのアナログ信号と共にカノーブス電子社製A/D変換ボードADX98にてデジタル信号に変換し日本電気社製パーソナルコンピュータ PC-9801vm2に入力した。入力した信号は、顎関節雑音解析用ソフトを用いてCRT上に以下のように表示した。即ち、下顎切歯部の動きを前後方向、左右方向、上下方向の三成分に分け、横軸を時間の軸とし、縦軸をそれぞれの方向での移動量としたスイープ波形で表示し、顎関節雑音も横軸を時間の軸とし、縦軸を顎関節雑音の振幅とした波形の形で左右のマイクロフォンから採取した顎関節雑音を別々に表示した。

顎関節雑音解析用ソフトには高速フーリエ変換機能が組み込まれてあり顎関節雑音の周波数スペクトルと累積周波数の表示が可能である。その結果、フォルマントや累積周波数値を用いて顎関節雑音の分析が可能である。

なお、サンプリング周波数は、最大10 kHzまで設定でき、今回の研究では、入力チャンネル数、記録時間および顎関節雑音の周波数帯域の関係上サンプリング周波数は5 kHzとした。

図1 ブロックダイアグラム

2.3 実験方法

被験者は、椅子にかけさせ十分リラックスした状態で、頭部をFH平面が床面とほぼ水平になるよう椅子のヘッドサポート部で支え、視線は目の高さで前方の一点を注視させるようにした。

下顎切歯部の運動をシロナソグラフで記録するために、ESP社製 ラミテックを用いてシロナソグラフ用マグネットを下顎中切歯唇面に付着し、頭部にセンサーを装着した。その後、顎関節雑音を採取するために、マイクロフォンを両側外耳道に被験者が痛みを感じない範囲で可及的に深く挿入し、粘着テープで下顎運動の妨げにならないことを確認して固定した（図2）。

対象とした下顎運動の条件及び測定順序は以下の通りである。

N：意識せずに容易に行える速度での最大開口までの開閉口運動。

H：下顎運動Nの1.5倍から2倍の速度での開閉口運動をあらかじめメトロノームを使って練習させ、その後にその速度で行った最大開口までの開閉口運動。

L：下顎運動Nの1/2倍から1/3倍の速度での開閉口運動をあらかじめメトロノームを使って練習させ、その後にその速度で行った最大開口までの開閉口運動。

S：矢状面内限界運動。

F：前頭面内限界運動。

C1：顎関節雑音発生側の第1大臼歯部にて、約1 cm角のバルサ材を約6～7 mm咬みこませ、そのままの状態30秒間咬みしめを継続した後

の最大開口までの開閉口運動。

C 2 : 顎関節雑音非発生側でC 1 と同様の咬みしめを行った後の最大開口までの開閉口運動。

以上の条件下で各下顎運動を5回ずつ行い下顎切歯部の運動経路と下顎運動中に発現する顎関節雑音とを同時記録した。記録した各被験者の各運動中に発現する顎関節雑音のうち閉口時の雑音を対象外として、発現した顎関節雑音の波形について周波数分析を行った。

顎関節雑音の性質を客観的に評価するためにはその性質を表わすパラメータを使用する必要があるが、今回は、いくつかの累積周波数値により周波数の分布状態を表わすこととした。すなわち、累積50パーセント周波数値、累積75パーセント周波数値、累積90パーセント周波数値を求め検討した。

図2 顎関節雑音解析装置

2.4 検討項目

下顎運動条件と顎関節雑音の累積周波数値との関係についての検討項目は以下の3つである。

- i. 開閉口運動速度の変化が顎関節雑音の累積周波数値に与える影響（下顎運動N、H、L間での比較）
- ii. 下顎の運動経路の変化が顎関節雑音の累積周波数値に与える影響（下顎運動N、S、F間での比較）
- iii. 咬合力の負荷が顎関節雑音の累積周波数値に与える影響（下顎運動N、C 1、C 2間での比較）

各運動毎に、記録した顎関節雑音の5回の累積周波数値のそれぞれの平均値を計算し、各検討項目の運動グループ内で、各被験者ごとに、危険率5%にてt検定し、検討を加えた。

3. 結果

3.1 開閉口運動速度と顎関節雑音の累積周波数値との関係

被験者14名の累積50%周波数値は50~200 Hzの範囲で分布していた。運動速度間で累積50%周波数値に有意差の認められるものは、14名中10名であった（図3）。

また、累積75%周波数値は70~250 Hzの範囲で分布しており、運動速度間で累積周波数値に有意差の認められるものは14名中12名であった（図4）。

累積90%周波数値は100~480 Hzの範囲で分布しており、有意差の認められるものは、累積75%周波数値と同様に14名中12名であった（図5）。

被験者別の各累積周波数値の開閉口速度による変化のパターンについて

50%、75%、90%のいずれの累積周波数値においても速度増加と共に累積周波数値に変化の認められる被験者が多く見られたため、累積周波数値変化の増減パターンを以下のa、b、c、oの4パターンに分け、被験者を分類した（表2）。

a型：開閉口速度が速くなるとともに、累積周波数値も大きくなる傾向が認められるもの

b型：開閉口速度が速くなるとともに累積周波数値は、a型とは逆に、小さくなる傾向が認められるもの

c型：開閉口速度の増加により累積周波数値に変化はみられるが、a型やb型のような一定の傾向は認められないもの

o型：開閉口速度によって有意差の認められないもの

その結果、累積50%周波数値、累積75%周波数値、累積90%周波数値での開閉口速度との関係がすべてa型のみのもものが8名、a型とo型の混合していたものが2名、b型とo型の混合していたものが1名、c型とo型の混合していたものが2名、c型のみのもものが1名であり（表3）、開閉口速度が速くなると、累積周波数値は大きくなる傾向のもものが、多数認められた。

図3 速度変化による累積50%周波数値の変化

図4 速度変化による累積75%周波数値の変化

図5 速度変化による累積90%周波数値の変化

表2 速度変化による累積周波数値の変化の分類

	a 型
	b 型
	c 型
	o 型

表3 速度変化による累積周波数値の変化のまとめ

被験者 No.		50 % L N H	75 % L N H	90 % L N H	被験者 No.		50 % L N H	75 % L N H	90 % L N H
1	大小				8	大小			
2	大小				9	大小			
3	大小				10	大小			
4	大小				11	大小			
5	大小				12	大小			
6	大小				13	大小			
7	大小				14	大小			

3.2 運動経路の変化による累積周波数値の変化について

3つの運動経路の組み合わせのうち、いずれか1組にでも顎関節雑音の累積周波数値間に有意差が認められた場合は変化ありとみなし、有意差の認められたものが存在しなければ変化なしと評価したが、全被験者において50%、75%、90%のいずれかの累積周波数値で変化ありと評価された(表4)。しかし、運動経路間での累積周波数値の大小関係は被験者により様々であり一定の傾向は認められなかった。

3.3 咬合力負荷による顎関節雑音の累積周波数値の影響について(表5)

3.3.1 咬合力負荷なしの場合(下顎運動N)と、顎関節雑音発生側での咬合力を負荷した場合(下顎運動C1)との顎関節雑音の累積周波数値比較

顎関節雑音発生側での咬合力負荷で顎関節雑音の累積周波数値が増大する群、顎関節雑音の累積周波数値に変化の認められない群、咬合力負荷で累積周波数値の減小する群の3群に分け、それぞれの被験者数を比較したが著明な差は認められなかった(図6)。

3.3.2 咬合力負荷なしの場合(下顎運動N)と顎関節雑音非発生側での咬合力を負荷した場合(下顎運動C2)との顎関節雑音の累積周波数値の比較

咬合力負荷で顎関節雑音の累積周波数値が増大する群、顎関節雑音の累積周波数値に変化の認められない群、顎関節雑音非発生側での咬合力負荷で顎関節雑音の減小する群は、累積50%周波数値および累積75%周波数値ではほぼ均等に分かれているが、累積90%周波数値において

は、顎関節雑音非発生側での咬合力負荷によって、累積周波数値が増大する被験者が多くなる傾向が認められた(図7)。

3.3.3 顎関節雑音発生側(下顎運動C1)と、顎関節雑音非発生側とで咬合力を負荷した場合(下顎運動C2)との顎関節雑音の累積周波数値の比較

累積50%周波数値、累積75%周波数値では、顎関節雑音発生側と顎関節雑音非発生側での咬みしめを行った場合との間で有意な差の見られるものは少ないが、累積90%周波数値では、顎関節雑音非発生側で咬合力を負荷した場合の方が有意に大きな値を示した被験者が著しく増加した(図8)。

表4 運動経路の変化による累積周波数値の変化

被験者 No.	累積周波数値			被験者 No.	累積周波数値		
	50%	75%	90%		50%	75%	90%
1	—	+	+	8	+	+	+
2	+	+	+	9	+	+	+
3	—	—	—	10	+	+	+
4	—	+	+	11	+	+	+
5	+	+	+	12	+	+	+
6	+	+	+	13	+	+	+
7	—	—	+	14	+	+	+

＋： 変化あり

—： 変化なし

表5 各被験者におけるN, C1, C2での累積周波数値の平均値と標準偏差

単位はHz ()内は標準偏差

被験者	累積周波数値 %	下顎運動条件			被験者	累積周波数値 %	下顎運動条件		
		N	C1	C2			N	C1	C2
1	50	46.0(2.7)	59.0(8.9)	60.0(5.7)	8	50	140.0(12.9)	127.4(19.3)	145.0(13.9)
	75	62.0(2.2)	76.6(10.9)	82.6(10.7)		75	209.4(41.0)	211.4(61.4)	206.6(23.9)
	90	79.8(2.2)	94.2(16.8)	108.0(11.4)		90	430.5(98.0)	352.0(50.6)	377.4(37.7)
2	50	127.8(19.0)	125.2(22.0)	141.0(7.9)	9	50	158.8(30.5)	183.8(9.1)	234.0(26.0)
	75	158.2(17.2)	164.6(17.1)	177.2(7.2)		75	198.8(33.7)	231.8(15.6)	298.0(27.7)
	90	189.2(17.2)	201.8(24.6)	225.2(17.5)		90	240.8(40.5)	276.8(20.3)	371.4(20.8)
3	50	47.0(2.2)	60.0(2.7)	53.0(3.5)	10	50	111.0(32.1)	108.0(6.5)	125.4(3.7)
	75	69.8(21.0)	77.0(4.2)	77.0(6.5)		75	150.8(47.3)	259.2(7.9)	204.6(38.1)
	90	90.6(28.4)	94.0(7.6)	108.0(22.7)		90	248.6(94.7)	351.0(3.5)	363.0(6.7)
4	50	52.0(4.2)	52.0(4.2)	54.0(5.5)	11	50	73.8(13.5)	44.0(2.2)	46.0(4.5)
	75	73.0(3.5)	74.0(2.2)	74.0(4.2)		75	102.0(17.8)	60.0(2.7)	62.0(6.5)
	90	86.2(1.8)	84.6(2.2)	83.6(3.7)		90	130.6(30.6)	130.4(80.5)	103.2(41.3)
5	50	146.0(3.5)	140.0(6.5)	143.0(5.7)	12	50	153.0(7.6)	84.6(19.1)	85.6(11.6)
	75	178.0(0)	166.8(10.4)	185.2(15.1)		75	217.2(11.1)	167.6(41.7)	164.6(18.7)
	90	229.0(12.3)	200.6(17.0)	234.0(6.1)		90	350.0(48.2)	364.6(105.5)	346.0(42.3)
6	50	146.0(23.1)	199.8(11.3)		13	50	63.0(5.0)	64.0(0)	70.0(13.5)
	75	188.0(19.0)	252.8(14.3)			75	85.4(2.2)	100.0(4.5)	101.0(5.5)
	90	225.2(20.4)	307.8(16.7)			90	104.0(2.7)	118.0(4.2)	120.8(5.2)
7	50	82.8(3.2)	56.3(8.2)	63.6(18.9)	14	50	172.4(12.6)	104.0(14.4)	99.2(23.1)
	75	157.8(18.9)	86.0(35.2)	95.6(54.0)		75	263.2(24.4)	144.2(18.6)	131.2(29.8)
	90	211.4(9.3)	150.0(44.4)	168.8(56.9)		90	409.5(49.2)	250.4(77.4)	202.6(30.1)

図6 各被験者における咬合力負荷による累積周波数値の変化—咬合力負荷なしと咬合力負荷(雑音発生側)の比較—

図7 各被験者における咬合力負荷による累積周波数値の変化—咬合力負荷なしと咬合力負荷(雑音非発生側)の比較—

図8 各被験者における咬合力負荷による累積周波数値の変化—咬合力負荷(雑音発生側)と咬合力負荷(雑音非発生側)の比較—

4. 考察

4.1 研究方法について

4.1.1 被験者について

被験者は、顎関節雑音発生側が片側性であるものを選択した。その理由は、顎関節雑音発生側が両側性であるならば検討側のマイクロフォンに骨と軟組織を伝導してきた反対側の顎関節雑音が影響をおよぼす場合があり、検討側の顎関節雑音が正確には分析できなくなる可能性があるため、および、顎関節雑音発生側と顎関節雑音非発生側での咬合力負荷した場合の周波数値の比較を可能にするためである。

また、咀嚼筋に圧痛及び運動痛を認めず、開口障害の既往のないものを選択した理由は、各種の下顎運動を行わせることにより咀嚼筋や顎関節部に負担を負わせることになりそのことで病変に何らかの影響を与える危険性を防ぐためである。

4.1.2 実験方法について

下顎運動の条件は7種であり、その条件を変化させる都度、顎関節雑音と下顎運動測定時に咀嚼筋や顎関節の状態に影響を与えないように15から20分程度の休憩時間を設けた。また実験中に被験者が疼痛などを訴えた場合や下顎切歯部の運動路が著しく乱れた場合は中止した方が良くと判断し直ちに実験を中止した。今回の研究では中止した被験者は除外してある。

4.2 結果について

4.2.1 開閉口運動速度と顎関節雑音の累積周波数値との関係について

14名の被験者全員において顎関節雑音の累積周波数値に変化が認められたことから開閉口運動速度が顎関節雑音の周波数に影響を与えることが示唆された。

一般的には、顎関節雑音は、下顎頭、下顎窩、関節円板、円板後部結合組織、関節包、滑液等の組織液などの顎関節を構成する組織の衝突、摩擦、共振等の現象が生じるため発生する³⁾と考えられている。

今回は、累積周波数値が開閉口運動の速度変化により、変化したことから、下顎頭の運動速度の変化に伴い、顎関節内の顎関節雑音の発生に關与する組織の種類や形態、範囲なども変化する可能性が推察された。

さらに、14名中10名の被験者では開閉口運動速度が速くなるに伴って累積周波数値が増加し、顎関節雑音が高周波帯域へ偏る傾向が強いことから、開閉口運動速度が速くなることにより、たとえば円板後部結合組織の緊張度の増加というような、より高周波帯域の顎関節雑音を発生しやすい状況に、顎関節内部の状態が変化する場合が多いものと推察される。

4.2.2 運動経路の変化による顎関節雑音の累積周波数値の変化について

下顎運動経路の変化による顎関節雑音の累積周波数値の変化は様々であった。教室の丸山ら⁵⁾は、顎関節雑音の振幅の大きさが、下顎運動経路の変化によって変ることを報告し、その原因としては、下顎運動経路経路の変化に伴い下顎頭や関節円板の接する部位、角度、力のかかる方向などに差が生じる可能性があると考えしている。今回、累積周波数値に差がみられたのも同様な原因が関与している可能性がある。さらに、被験者により限界運動を行う際の下顎頭の運動速度が変化している可能性があり、そのため、前述の運動速度の変化による結果のように下顎頭の運動速度変化も累積周波数値の変化に影響を及ぼしている可能性も考えられる。

4.2.3 咬合力負荷による顎関節雑音の累積周波数値の影響について

高野¹³⁾は、咬みしめを行わせると外側翼突筋、特に咬みしめを行った反対側の外側翼突筋上頭の筋活動量はより増大すると報告しており、また、咬みしめを行わせるとバルサ材が支点となり両側顎関節部、特に咬みしめ反対側の下

顎頭に圧縮または、場合によっては牽引、伸展の負荷が加わり関節円板の位置や関節内部組織の形態に変化が生じる可能性がある。そのため、今回のような咬合力負荷条件後の顎運動時に発現する顎関節雑音に変化がみられることは十分に考えられることである。特に、雑音非発生側での咬みしめ後の顎関節雑音の累積周波数値が高周波帯域へ変化するという結果は、横山ら⁶⁾の報告した雑音の振幅の変化の傾向と類似しているが、これらの結果は特に、咬みしめを行った反対側で外側翼突筋上頭の筋活動量の増大¹³⁾や、顎関節に加わる圧縮力の増加が起こる¹⁴⁾という、これまでの研究結果との関連が考えられ、顎関節雑音を有する顎関節症の発生および進行の機序へ示唆を与えるものと思われる。しかし、これらの咬合力負荷条件によっても、累積周波数値に有意な変化のみられない群も存在し、この傾向は、同様の条件負荷下で周波数のパワースペクトルのピーク値を調べた研究⁷⁾でも報告されており、これらのことから顎関節雑音には、咬合力の負荷に対して反応し易い顎関節雑音と反応し難く変化の少ない顎関節雑音の群が存在する可能性が示唆されると思われる。そのため、今後、これらの分類と顎関節症の病態の推移や治療などの臨床所見との関連性の解明が可能となれば、顎関節症の予後を判定する際に顎関節雑音の診査がより有効になるものと思われる。

5. まとめ

より客観的に顎関節雑音の性質を把握するために、周波数スペクトルの累積周波数値を求め、下顎運動条件との関係を検討した。

i). 開閉口運動の開閉口速度を速くすると、顎関節雑音の累積周波数値は増加する傾向が認められた。

ii). 開閉口運動と限界運動中の顎関節雑音では、累積周波数値の変化は認められたが、変化の傾向は一定ではなかった。

iii). 顎関節雑音発生側及び顎関節雑音非発生側での咬合力負荷では、顎関節雑音の累積周波数値が有意に変化する被験者群と変化のみられない群がみられ、これらの設定条件を変えることによって得られる結果が顎関節症の分類に応用できる可能性が示唆された。

6. 参考文献

- 1) 米津博文, 他: X線テレビによる顎関節内障の円板動態に関する研究. 第8回顎関節研究会誌: 28, 1987.
- 2) 上野 正: 顎関節疾患の診断と治療. 日本歯科評論, 170:1-7, 1956.
- 3) 石岡靖, 他: 顎関節音による診断法, Dental Diamond: 顎関節症のすべて
- 4) 高橋克弥: 顎関節音に関する研究. 歯学 73:420-445, 1985.
- 5) 丸山道朗, 他: 顎関節雑音による顎関節症の診査法の試み. 北海道歯科医師会誌, 44:33-39, 1988.
- 6) 横山尚弘, 他: 顎関節雑音と下顎運動の関連性. 日顎誌, 1:110-121, 1989.
- 7) 丸山道朗, 他: 顎関節雑音の周波数分析による検討—下顎運動の条件を変化させた場合について—. 第2回日本顎関節学会総会予稿抄録集: 93, 1989.
- 8) 福島俊士: 習慣的開閉運動における顎頭運動の研究. 補綴誌, 15:267-290, 1971.
- 9) 中沢勝宏: 顎関節症における下顎運動の分析. 歯科学報, 74:277-311, 1974.
- 10) 古屋良一: 顎口腔系の機能に異常を有する者の下顎運動の研究. 補綴誌, 18:221-245, 1975.
- 11) 河野正司, 他: コンピュータを用いた下顎運動記録による顎関節診断および治療の試み, the Quintessence, 8:35-47, 1989.
- 12) 丸山剛郎: 臨床生理咬合, 顎口腔機能の診断と治療, 57-78, 医歯薬出版, 東京, 1988.
- 13) 高野直久: 外側翼突筋に関する臨床解剖学的ならびに生理学的研究. 歯科学報, 86:933-969, 1986.
- 14) 窪木拓男, 他: 生物力学的近似モデルによる顎関節部負荷に関する研究 その1. 片側噛みしめ時の左右顎関節部負荷について. 補綴誌, 33(82)特別号: 113, 1989.