原著論文

下顎側方移動による蝸牛の機能変化

竹村雅宏, 松本敏彦*

日本大学大学院松戸歯学研究科局部床義歯学専攻

* 日本大学松戸歯学部歯科補綴学第三講座

〔受付：平成16年11月8日〕

Changes of cochlear function stemming from jaw side shift

Masahiro Takemura, Toshihiko Matsumoto *

Nihon University Graduate School of Dentistry at Matsudo,

** Department of Removable Partial Prosthodontics, Nihon University School of Dentistry at Matsudo*

〔Received: November 8, 2004.〕

Key Word: mandibular position, distortion product otoacoustic emission (DPOAE), cochlear function

Abstract: This study was conducted to investigate the functional change of auditory path way stemming from jaw position. Therefore, we measured tympanogram and distortion product otoacoustic emission in closed position and canine apical position (lateral position) of 11 healthy subjects, and reviewed a functional change of auditory pathway by mandibular lateral move.

1. The incisal point moved 0.8 (1.1) mm in sagittal direction (X), 3.8 (0.9) mm in lateral direction (Y), 2.8 (1.3) mm in vertical direction (Z). In the condyle point, working side (WS) moves 0.2 (0.3) mm in front direction, 0.3 (0.3) mm in outside direction, 0.3 (0.5) mm in a downward course. The inclination of sagittal condyle path was 23.7 (59.3)°, lateral condyle path was -4.7 (63.1)°. The non-working side (NWS) moved 2.9 (1.2) mm in front direction, 0.5 (0.4) mm in an inside direction, 3.3 (1.3) mm in a downward course. The inclination of sagittal condyle path was 49.6 (6.8)°, lateral condyle path was 9.6 (7.0)°.
2. In tympanogram, WS showed significant decline in IMP, but the difference was not recognized in PRS and EAC. The difference was recognized in neither in NWS for this.
3. A DP level of lateral position showed significant degradation at 2000Hz and elevation at 5031Hz in WS. On the other hand, it recognized a significant rise at 1250Hz and 5031Hz, degradation at 2000Hz in NWS. The change was not accepted with other frequency.
4. Correlation with quantity of displacement to lateral position and quantity of DP level change is accepted. In incisal point, positive correlation was accepted between Z and 1250Hz, between Y and 2000Hz, negative correlation was accepted between Z and 2531Hz, 5031Hz in WS. However, the significance was not recognized in all measured value in NWS. At condyle point, positive correlation was accepted between inclination of lateral condyle path and 2531Hz in WS, but the reference was recognized in neither between other measured value.

From these results, it was suggested that mandibular position had an influence on auditory pathway, the change on auditory pathway was recognized in the response threshold of a DP level.

抄録 本研究は、生理的な下顎側方移動に伴う聴覚路の機能変化について検討を行った。健常有歯顎者11名の閉口位と犬歯尖端位（側方位）におけるティンパノグラムおよび歪成分耳音響放射を測定した結果、

1. 下顎切歯点は、前方に0.8(1.1)mm, 側方に3.8(0.9)mm, 下方に2.8(1.3)mmに移動し、顎頭点は作業側で前方に0.2(0.3)mm, 外方に0.3(0.3)mm, 下方に0.3(0.5)mm移動した。このときの顎路角は矢状顎路角23.7(59.3)°, 側方顎路角-4.7(63.1)°であった。非作業側では、前方に2.9(1.2)mm, 内方に0.5(0.4)mm, 下方に3.3(1.3)mm移動し、顎路角は矢状顎路角49.6(6.8)°, 側方顎路角9.6(7.0)°であった。
2. ティンパノグラムは、作業側耳では鼓膜インピーダンスは有意に減少したが、中耳腔圧と中耳腔容積の変化は認められなかった。非作業側耳では、いずれにも変化はみられなかった。
3. DPレベルは、作業側耳では2000Hzで有意に低下し、5031Hzで有意に上昇した。他方、非作業側耳では1250Hzおよび5031Hzで有意に上昇し、2000Hzで有意に低下した。他の周波数では変化はみられなかった。
4. 側方移動量とDPレベル変化量との相関関係は、切歯点側方移動量と作業側耳の2000Hz, 垂直移動量と作業側耳の1250Hzにそれぞれ正の相関, 2531Hzおよび5031Hzに負の相関が認められた。しかし非作業側耳においては全測定値で有意性は認められなかった。他方、顎頭点の変化との相関関係は、作業側側方顎路角と2531Hzにのみ正の相関が認められたが、他の測定値間のいずれにも関係はみられなかった。

以上の結果より、下顎側方運動において、中耳腔の圧や容積の変化がみられず、その変調は鼓膜インピーダンスおよびDPレベルに認められたことから、下顎位の変化が聴覚路に及ぼす影響は三叉神経の感覚受容の変化であることが示唆された。

キーワード 下顎位, 歪成分耳音響放射, 蝸牛機能

I. 緒 言

下顎位による聴覚機能障害の報告¹⁾以来、耳の機能異常の発症機序は後方偏位した下顎頭による機械的圧力から三叉神経の異常興奮の聴器への投射へと変遷し、ツチ骨前靱帯の発見や蝶下顎靱帯を介した中耳と顎関節の靱帯接続、三叉神経節による蝸牛および前庭迷路膨大部稜など内耳血管系の支配も明らかになった。他方、咬合治療の臨床への他覚的検査法の応用以後、種々の臨床的検討を経て中耳機能を判断指標とした顎位設定法が医療承認され²⁾、顎関節症の病態評価や治療判断における新しい指標を示唆している。それらは、顎機能障害における蝸牛の高周波帯域DPレベルの低下や咬合治療による変化³⁾、遠心路の反射波形の振幅減少や反射閾値の上昇⁴⁾、非耳性耳痛へのアブミ骨筋の関与や反射閾値上昇に下顎頭の捻転を示唆し⁵⁾、生理的下顎位の他覚的把握^{6,7)}も期待される。

しかし、鼓膜インピーダンスの変化は健常者や咬合支持喪失者の咬合高径の変化にも認められ^{6,7)}、耳小骨筋反射の波形潜時を変化させるが、反射閾値に変化は認め

られていない⁷⁾。これらの知見は、生理的な下顎の移動と顎偏位に対する蝸牛神経の応答機序の相違を示唆するものの、いまだ明らかではない。したがって、健常者における下顎頭運動による中耳伝音系や蝸牛神経の機能変化およびその応答様相を把握することは極めて重要であると考えられる。

そこで本研究では、健常者における閉口位と側方運動の犬歯尖端位（以下、側方位）の2顎位で聴覚路の応答様相を測定し、移動距離を切歯点と顎頭点で測定して関連の有無を検討した。

II. 被検者と方法

1. 被検者

顎関節および耳鼻咽喉領域の病歴がなく、耳科学的に中耳伝音系が機能正常と診断されるティンパノグラムA型の個性正常咬合有歯顎者ボランティア11名（男性、平均27.0歳）を対象とした。

2. 方法

被検者は治療椅子に垂直座位で頭部は安頭台にて支持

し、閉口位（以下、CP）から側方位への下顎移動を切歯点と顎頭点で同時測定し、この2顎位におけるティンパノグラムおよび歪成分耳音響放射を測定した。

1) 側方移動

閉口位から側方位への犬歯誘導による側方滑走運動の切歯点移動距離は Mandibular kinesigraph K6-I (MYOTRONICS, USA) により、顎頭点移動距離および顎路角は CADIAX COMPACT (Gamma, Austria) により、それぞれ測定した。

2) 中耳機能

インピーダンス・メーター MA-4000 (モリタ) により、ティンパノグラムを測定した。ティンパノグラムに表示される鼓膜インピーダンス（以下、IMP）、IMPが最小値を示すときの中耳腔と等価の閉鎖外耳道の圧（以下、PRS）および中耳腔の容積（以下、EAC）を中耳機能の測定値とした。ティンパノグラムとは、音響反射を指標とした中耳伝音系の非侵襲的な他覚的機能検査法（ティンパノメトリー）から得られる波形表示で3つの型に分類されている。A型は伝音機能正常を示し、A_s型は耳小骨連鎖固着、A_p型は耳小骨連鎖離断や鼓膜萎縮、B型は滲出性中耳炎や癒着性中耳炎、C型は耳管狭窄症や滲出性中耳炎を疑うとされる。本研究の対象としたA型被検者は、伝音系機能正常を診断する基準となっている。

3) 蝸牛神経機能

GSI-60 DPOAE system (Lucas Grason Stadler, USA) を使い、蝸牛外有毛細胞の能動的活動を測定し、歪成分耳音響放射 (distortion-product otoacoustic emission, 以下、DPOAE) の応答 (DP レベル, dB SPL) により評価した。DPOAE とは、内耳への2つの入力信号音 f_1 , f_2 が聴覚系の非線形性により基底板に歪振動を発生させるので、その3次の結合音 $2f_1$ - f_2 が蝸牛より逆行性に放射される。本機はノートブック型コンピュータ ARMADA E-500 (Compaq, USA) の DSP ボード、刺激音呈示用のスピーカーとマイクロフォンを備えたプローブで構成され、プローブから発した2つの入力信号音 f_1 , f_2 の3次の結合音 $2f_1$ - f_2 を FFT 分析する。 $f_2/f_1 \approx 1.2$, f_1 は 1000~5031 Hz, f_2 は 1187~6031 Hz で 1/3 オクターブごと、8 周波数点の DP レベルが測定できる。本研究では f_1 , f_2 の入力音圧 70 dB SPL で自動測定した。呼吸の干渉や信頼性の点から 1000 Hz 以下は考慮外とし、1250 Hz 以上の 5 周波数点の DP レベルを対象とした。

4) データの取り扱いと分析

下顎側方移動では、右方向および左方向のいずれの測定値にも差が認められず、CP における測定値について

も左右差が認められなかったもので、側別を廃し一括して 22 耳として取り扱った。側方位のティンパノグラム、反射閾値、波形潜時 L_1 , DP レベルの測定値は、作業側（以下、WS）、非作業側（以下、NWS）と同側耳とし、CP と WS, CP と NWS それぞれの測定値の差を算出して、変化量とみなした。分析には StatView 5.0J (SAS) を使い、顎位変化による聴覚機能変化の有無は Wilcoxon の符号順位検定にて行い、切歯点の移動距離顎頭点移動距離および顎路角と DPOAE 変化量との相関関係の有無は Spearman の順位相関係数により検討した。いずれも危険率 $p < 0.05$ をもって有意とした。

Ⅲ. 結 果

1. 切歯点移動距離、顎頭点移動距離および顎路角

切歯点移動距離は表 1 に、顎頭点の移動距離、顎路角は表 2 に示した。顎頭点の側方移動量は、正值が内方移動、負値が外方移動を示した。

2. ティンパノグラム

測定結果は表 3 に示した。側方移動によって、WS では、危険率 1 % で、IMP は有意に減少したが、PRS と EAC には差は認められなかった。これに対して NWS では、いずれにも差はみられなかった。

3. 歪成分耳音響放射

DP レベルを表 4 に示した。側方位 DP レベルは危険率 5 % で、WS では 2000 Hz で有意に低下し、5031 Hz で有意に上昇した。他方、NWS では 1250 Hz および 5031 Hz で有意に上昇し、2000 Hz で有意に低下した。他の周波数では変化はみられなかった。

4. 側方位への移動量と DP レベル変化量との相関

切歯点の移動距離と DP レベルとの相関表は表 5 に、顎頭点の移動距離および顎路角と DP レベルとの相関表は表 6 に示した。切歯点では WS の Y 値と 2000 Hz に正の相関、WS の Z 値と 1250 Hz に正の相関、2531 Hz および 5031 Hz に負の相関が認められた。しかし NWS においては全測定値で有意性は認められなかった。他方、顎頭点では、WS の側方顎路角と 2531 Hz にのみ正の相関が認められたが、他の測定値間のいずれにも関係はみられなかった。

表1 下顎側方移動による切歯点の変化

Table 1 Changes of incisal point in lateral shift

	X(前後)	Y(左右)	Z(上下)
Mean	0.8	3.8	2.8
S. D.	(1.1)	(0.9)	(1.3)

(mm)

注) 移動方向の数値はX(前後)では前方移動が正值, 後方移動が負値となる. Y(左右)は側方移動量を示す. Z(上下)は下方移動が正值, 上方移動が負値となる.

したがって, 3.8(0.9)mmの下顎側方移動による切歯点の移動は, 前方に0.8(1.1), 下方に2.8(1.3)となった.

表3 下顎側方移動によるティンパノグラムの変化

Table 3 Changes of Tympanogram stemming from lateral shift of mandible

		IMP (ohm)	PRS (daPa)	EAC (ml)
Ear	CP	2295 (952)	-6.5 (4.0)	0.83 (0.16)
	WS	2226 (960)	-7.1 (4.8)	0.81 (0.14)
	NWS	2308 (1161)	-7.9 (4.5)	0.86 (0.17)

Mean,(S.D.), Wilcoxon's signed-rank test, *: p<0.01

表2 下顎側方移動による顎頭点の変化

Table 2 Changes of condyle point in lateral shift

	前後方向 (mm)	内外方向 (mm)	上下方向 (mm)	矢状顎路角 (°)	側方顎路角 (°)
WS	0.20 (0.28)	-0.25 (0.29)	0.26 (0.45)	23.71 (59.28)	-4.67 (63.06)
NWS	2.88 (1.18)	0.50 (0.38)	3.34 (1.27)	49.59 (6.78)	9.57 (7.04)

Mean,(S.D.)

注) 移動方向の数値は前後では前方が正值, 後方が負値, 内外では内方が正值, 外方が負値, 上下では下方が正值, 上方が負値を意味する.

顎路角はFH基準より下方に移動した角度は正值, 上方に移動した角度は負値を示す. 側方では内方に移動した角度は正值, 外方に移動した角度は負値を示す.

表4 下顎側方移動によるDPレベルの変化

Table 4 Change of DP level stemming from lateral shift of mandible

	f1	1250	2000	2531	4000	5031 (Hz)
Ear	CP	7.0 (7.0)	5.9 (3.1)	4.3 (4.6)	5.8 (4.6)	4.7 (5.1)
	WS	7.2 (7.1)	5.1 (3.9)	4.5 (3.9)	6.2 (4.2)	5.7 (5.5)
	NWS	8.1 (5.9)	5.2 (3.6)	4.3 (4.0)	5.6 (5.1)	5.7 (5.7)

Mean,(S.D.), Wilcoxon's signed-rank test, *: p<0.05

表5 DP レベルと切歯点移動距離との関連

Table 5 The correlation coefficient between DP level and lateral shift at incisal point

f 1		1250	2000	2531	4000	5031
X	WS	0.04	0.16	0.13	0.24	0.20
	NWS	-0.28	-0.31	-0.27	-0.38	-0.19
Y	WS	0.14	0.55 *	-0.04	-0.12	0.01
	NWS	-0.13	0.23	0.07	-0.09	0.02
Z	WS	0.51 *	-0.01	-0.46 *	-0.31	-0.60 **
	NWS	0.06	0.15	-0.06	0.16	-0.10

Spearman's correlation coefficient by rank, *: p<0.05, * *: p<0.01

表6 DP レベルと顎頭点移動距離・角度との関連

Table 6 The correlation coefficient between DP level and values of condyle movement in mandibular lateral shift

f 1		1250	2000	2531	4000	5031 (Hz)
前後方向	WS	0.04	-0.02	-0.25	-0.12	-0.20
	NWS	-0.12	-0.05	0.00	0.01	0.01
内外方向	WS	0.09	-0.02	0.19	0.03	0.22
	NWS	0.07	0.27	0.26	-0.22	-0.07
上下方向	WS	-0.12	-0.20	-0.32	0.05	0.03
	NWS	-0.23	0.23	0.20	-0.07	-0.05
矢状顎路角	WS	0.11	-0.41	-0.23	-0.05	-0.29
	NWS	-0.03	0.34	0.16	-0.26	-0.18
側方顎路角	WS	-0.35	-0.22	0.53*	0.29	0.34
	NWS	0.09	0.33	0.24	-0.23	0.00

Spearman's correlation coefficient by rank, *: p<0.05

Ⅳ. 考 察

1. 側方移動による切歯点と顎頭点の変化について

閉口位から犬歯切端位への切歯点の移動を前後 (X), 側方 (Y), 上下 (Z) の3つの成分とした。本結果では, Y 値は上顎犬歯の歯冠傾斜の水平面投影距離を, Z 値は前頭面観投影距離に相当する。Y 値は3.8(0.9)mm で, Ingervall⁸⁾ の値に近似した。下顎離開 (canine lift) を意味する Z 値は2.8(1.3)mm で, 計算上の誘導路角はほぼ 73° となる。矢状方向の変化量 X 値は正值を示したことから, 本被検者の犬歯誘導は M 型と推測される。

顎頭点の移動では WS の傾斜角度の標準偏差は著しく大きく, 側方顎路角は負値を示した。これは, 側方運動における作業側顎頭運動の多様性を示し, 健常者の犬歯誘導における下顎頭の下方移動を示唆すると考えられた。この点に関して Aull⁹⁾ は後上方を除きあらゆる方向を示すと報告しており, 中野¹⁰⁾ は移動距離や方向が複雑多様であると述べている。本研究で用いた顎頭点運動の測定装置 CADIAX COMPACT は, 電子式顎運動解析装置で, そのシステムから WS の移動傾斜角は, Aull⁹⁾ や中野¹⁰⁾ と同様の結果を示すものと考えられた。

2. ティンパノグラムの変化について

WSではIMPは有意に減少したが、NWSでは変化がみられなかった。これらの結果は、酒井⁶⁾以後の教室の報告と一致している^{11, 12)}。また、PRSおよびEACには、WS、NWSいずれにも変化はみられなかった。この点について、黒滝¹³⁾は開口運動と中耳コンプライアンスを同時測定し、コンプライアンスの変化が中耳腔と外耳腔との圧差ではないとし、田沼¹⁴⁾はPRSがImmediate Side Shiftとのみ相関性を示したとしている。WS、NWSいずれでもPRSおよびEACが変化を示さなかったことは、閉口位から犬歯切端位への移動という生理的運動では下顎頭位の変化は中耳腔の圧や容積に影響を及ぼさないといえる。したがって下顎側方移動による本被検者の鼓膜インピーダンスの変化は、作業側下顎頭の運動に対する鼓膜の三叉神経感覚受容の変化と考えられる。

3. DPOAEの変化について

蝸牛には基板からの距離に従い周波数に対する部位特異性があるとされ、外有毛細胞が大きく関与していると考えられている。DPOAEは、外有毛細胞を主とした組織学的障害部位と非常に高い周波数特異性を有する^{15, 16)}ことが証明され、入力周波数により蝸牛の部位別の機能評価が可能である。DPOAEの変化の機序についてTelischi¹⁷⁾、Mom¹⁸⁾はDPOAEが内耳血流に敏感に反応することを報告しているが、このことはVass^{19, 20)}によって、内耳血管系の三叉神経支配が証明されていることから、下顎移動に伴う三叉神経節の異常感覚受容が内耳血管系へと投射され、蝸牛神経の機能変化が惹起される可能性が示唆される。

しかし、顎関節と蝸牛との神経機能の連繋についての報告は少ない。菊池³⁾は顎機能障害における蝸牛基底回転部の高周波数帯域のDPレベル低下を認め、内耳の機能障害の初期像であるとしている。Sobhy²¹⁾は耳鳴を伴う顎機能障害におけるDPOAEの症状消退に伴う変化を認め、三叉神経刺激による蝸牛機能の変化を示唆している。鎌田²²⁾は無難聴性耳鳴症例における4000Hz、5031HzのDPレベルが有意に低下するとし、基底回転の外有毛細胞の機能変化を報告している。これらは顎機能障害^{3, 21, 23)}、無難聴性耳鳴²²⁾のいずれも、高周波数帯域のDPレベルの低下を示唆している。

DPOAEは外耳道から音刺激を与え、内耳からの音響放射を外耳道で受け取ることで入出力双方で中耳の影響を受けることになる。ヒトの中耳共振周波数は1kHz~1.5kHz付近に存在するとされ²⁴⁾、この周波数帯域においては伝達効率の変化は無視できないと考えられ

る。作業側耳のみにおいて顎頭点運動とDPレベルとの相関がみられたことは、下顎移動に伴う伝音系や蝸牛の機能変化が単なる機械的圧迫による血流変化ではないことを示唆する。Nagai²⁵⁾は鼓膜には機械的刺激に反応する神経終末が存在することを明らかにしており、この点から考えると機械的刺激による三叉神経の感覚受容性に変化が生じると考えられる。下顎頭の移動により中耳腔の圧や容積は変化しない^{13, 14)}ので、表3に示されるIMPの変化は神経的な影響と考えられる。しかしながらティンパノグラムに大きな変化は認められず、共振周波数に影響を与えるとされる中耳伝音系のstiffが生じている可能性は少ない。Vass^{19, 20)}の報告の機序を考えると、下顎側方移動による三叉神経節の感覚が直接蝸牛に投射する可能性も否定できないが、中耳の機械的作用の影響は考えにくく、蝸牛神経の感覚受容の変化と考えられる。

本研究の結果は表4に示したように、WS、NWSの2000Hzで統計的に有意なDPレベルの低下が認められ、NWSの1250Hzと5031Hz、WSの5031Hzで統計的に有意なDPレベルの上昇が認められた。基底部に近接する高周波帯域では上昇、中周波帯域では低下、頂回転に近い低周波帯域では上昇という傾向がみられる。中耳の影響の少ない高周波帯域および、中周波帯域では、WS、NWSともに同様の変化として認められる。しかしながら、下顎頭の位置的变化は、WSは前下外方へ、NWSは前下内方へ異なった変化を示した。したがって下顎頭の移動に伴う機械的作用とは考えにくく、側方移動に伴う三叉神経への刺激が両側性にオリブ蝸牛束に影響を及ぼす可能性が考えられた。

4. DPOAEと側方位への移動との関連性について

切歯点の側方移動とこれに伴うWS耳、NWS耳のDPOAEとの相関表は、表5に示した。WSでは、2000HzDPレベルとY、1250HzDPレベルとZ、それぞれの間で有意な正の相関が認められ、2531Hzおよび5031HzのDPレベルとZの間では有意な負の相関が認められた。これらは、側方位への水平的距離の増大が作業側耳2000HzのDPレベルを上昇させることを意味し、臨床において歯冠によるcanine liftは1250HzのDPレベルを上昇させ、2531Hzおよび5031HzのDPレベルを低下させることを示唆する。

本結果でDPレベルの変化がWS、NWSの両耳に出現したことを考えると、三叉神経節からの遠心投射^{19, 20)}と交叉性オリブ蝸牛束の関与^{22, 26, 27, 28)}が十分考えられる。とくに中周波帯域については、対側耳に雑音を負荷すると遠心制御により抑圧されやすいとの報告²⁹⁾があり、

本結果も同様の傾向が示され、Shore ら³⁰⁾ の三叉神経刺激により蝸牛神経核が応答するとの報告を考えると、遠心制御の可能性が示唆される。

側方移動における顎頭点の変化と WS 耳, NWS 耳の DPOAE との相関表は表 6 に示した。WS において 2531HzDP レベルと側方顎路角の間に有意な正の相関が認められた。NWS においては全測定値で有意性は認められなかった。本研究の結果示された顎頭点の上下方向の変化における作業側と非作業側との差違、多様な変化を示す側方顎路角と DP レベルとの相関は、聴覚路の機能変化が単に顎頭点の前後的位置によるのではなく³¹⁾、捻れを示唆すると考えられる。これらにより 2531HzDP レベルでは、顎頭点の位置的变化とくに顎路角が示唆する下顎頭の捻れに伴う蝸牛への影響の指標となる可能性が考えられた。

V. まとめ

健康有歯顎者の閉口位と側方位のティンパノグラム、歪成分耳音響放射を測定し、下顎側方移動に伴う蝸牛の機能変化を検討した結果、下顎の移動による三叉神経の感覚受容の変化が、蝸牛に投射される可能性が示唆され、この変化は DP レベルの測定によって把握可能と考えられた。

VI. 文 献

- 1) Wright, W. H.: Deafness as influenced by malposition of the jaws; J. Natl. Dent. Assoc., 12: 979-992, 1920.
- 2) 松本敏彦：高度先進医療「耳鼻咽喉領域の機能障害を伴った顎関節症に対する中耳伝音系を指標とした顎位決定法」, 歯科評論, 63: 111-119, 2003.
- 3) 菊池康規：歪成分耳音響放射による顎機能障害の客観的評価, 日大口腔科学, 26: 139-145, 2000.
- 4) 松本敏彦, 成田紀之, 小林久純ほか：耳小骨筋反射による顎機能異常の病態評価, 日大歯学, 68: 272-277, 1994.
- 5) 中庭敏博, 松本敏彦, 岸 高生：顎関節症の耳痛発症の機序, 耳鼻臨床, 96: 219-224, 2003.
- 6) 酒井勇司：中耳機能を指標とした下顎位の客観的評価, 日大口腔科学, 20: 20-28, 1994.
- 7) 大久保敦子, 篠田 誠, 松本敏彦：Dynamic Compliance による下顎位と耳小骨筋反射との関連, 日大口腔科学, 27: 304-311, 2001.
- 8) Ingervall, B.: Tooth contacts on the functional and nonfunctional side in children and young adults, Arch Oral Biol, 17: 191-200, 1972.
- 9) Aull, A. E.: Condylar determinants of occlusal patterns, J Prosthet Dent, 15: 826-846, 1965.
- 10) 中野雅徳：側方滑走運動における顎路と歯牙路に関する研究, 補綴誌, 19: 647-665, 1976.
- 11) 松本敏彦：顎関節と耳の機能異常, 日本学術会議50周年記念 咬合学研究連絡委員会シンポジウム「生命科学における咬合-咬合と全身の関わりを探る」, 50-70, 2000.
- 12) 松本敏彦：下顎頭位が中耳伝音系と蝸牛系に及ぼす影響, 日本学術会議咬合学研究連絡委員会シンポジウム「咬合と顎関節症-咬合因子をどのように捉えるか」, 31-38, 2004.
- 13) 黒滝義之, 大久保敦子, 松本敏彦：開口運動の外耳腔圧と動的コンプライアンスとの関係, 日大口腔科学, 23: 347-351, 1997.
- 14) 田沼達也, 松本敏彦, 池田 直：Immediate Side Shift の及ぼす中耳機能の変化, 日大口腔科学, 18: 82-86, 1992.
- 15) 熊谷重城, 大山健二, 稲村直樹ほか：カナマイシンによる蝸牛障害動物の DPOAE と外有毛細胞の組織像との関連性, Audiology Japan, 36: 746-750, 1993.
- 16) 高坂知節, 大山健二：耳音響放射の臨床応用に関する最近の知見, 耳鼻臨床, 85: 673-681, 1992.
- 17) Telischi, F. F., Stagner, B., Widick, M. P., et al.: Distortion-Product Otoacoustic Emission Monitoring of Cochlear Blood Flow, Laryngoscope, 108: 837-842, 1998.
- 18) Mom, T., Telischi, F. F., Martin, G. K., et al.: Measuring the Cochlear Blood Flow and Distortion-Product Otoacoustic Emissions during Reversible Cochlear Ischemia: A Rabbit Model, Hear Res, 133: 40-52, 1999.
- 19) Vass, Z., Shore, S. E., Nuttal, A. L., et al.: Direct Evidence of Trigeminal Innervation of the Cochlear Blood Vessels, Neuroscience, 84: 559-567, 1998.
- 20) Vass, Z., Shore, S. E., Nuttal, A. L., et al.: Trigeminal Ganglion Innervation of the Cochlea-A Retrograde Transport Study, Neuroscience, 79: 605-615, 1997.
- 21) Sobhy, O. A., Koutb, A. R., Abdel-Baki, F. A., et al.: Evaluation of aural manifestations in temporo-mandibular joint dysfunction, Clin Otolaryngol, 29: 382-385, 2004.
- 22) 鎌田善博：無難聴性耳鳴における耳音響放射者の臨

- 床的検討, 岩手医誌, 52: 101-110, 2000.
- 23) 松本敏彦, 菊池康規, 久保田佳孝ほか: 耳音響放射 (OAE) による咬合性蝸牛神経機能異常の客観的評価, 全身咬合, 4: 82-92, 1998.
- 24) 和田 仁, 小林俊光, 大山健二ほか: 誘発耳音響放射と中耳動特性との相関—誘発耳音響放射が最も明瞭に測定できる入力刺激音周波数について—, Audiology Japan, 33: 137-143, 1990.
- 25) Nagai, T., Tono, T.: Encapsulated nerve corpuscles in the human tympanic membrane, Arch Otolaryngol, 246: 169-172, 1989.
- 26) Lockwood, A. H., Salvi, R. J., Coad, M. L., et al.: The functional neuroanatomy of tinnitus: evidence for limbic system links and neural plasticity, Neurology, 50: 114-120, 1998.
- 27) Lockwood, A. H., Salvi, R. J., Burkard, R. F., et al.: Neuroanatomy of tinnitus, Scand Audiol Suppl, 51: 47-52, 1999.
- 28) Pinchoff, R. J., Burkard, R. F., Salvi, R. J., et al.: Modulation of tinnitus by voluntary jaw movements, Am J Otol, 19: 785-789, 1998.
- 29) 泰地秀信, 小川茂雄, 岡本 健: DPOAE の安定性と対側音による抑制, Audiology Japan, 40: 58-63, 1997.
- 30) Shore, S. E., Kashlan, E. L., Lu, J.: Effect of trigeminal ganglion stimulation on unit activity of ventral cochlear nucleus neurons, Neuroscience, 119: 1085-1101, 2003.
- 31) 松本敏彦, 小林久純, 佐藤 扇ほか: 顎関節症における耳症状と下顎頭偏位との関連, 日大歯学, 74: 737-741, 2000.