誘発耳音響放射による内耳音響受傷性の個体差に関する研究

獨協医科大学越谷病院耳鼻咽喉科（部長：田中康夫教授）

井 上 庸 夫

PRACTICAL STUDY OF EVOKED OTOACOUSTIC EMISSIONS CONCERNING
INDIVIDUAL VARIATION OF NOISE SUSCEPTIBILITY

TSUNEO INOUE, M.D.

Department of Otolaryngology, Dokkyo University School of Medicine
Koshigaya Hospital, Saitama

There are large individual differences in susceptibility to noise exposure. Most hearing impairment begins with dip type hearing loss, and continual evoked otoacoustic emissions (C-EOAEs) are frequently seen in ears with dip type hearing loss. The present study was performed in order to ascertain the relationship between dip type hearing loss and C-EOAE.

Brass band members in two junior high schools were the subjects of this study. In H-school, the noise levels during practice were between 88 and 103 dB Leq in all groups with music instrumental parts. The survey revealed that 58% of ears showed dip type hearing loss in Békésy's audiogram and 52% showed of C-EOAE. The incidence of dip was 82% in ears with C-EOAE, and 35% in the ears without C-EOAE. In the brass band members of F-school the incidence of ears having dip was 64% and the incidence of C-EOAE was 56%. The incidence of dip was 81% in the ears with C-EOAE, whereas it was 43% in the ears without C-EOAE.

Follow-up studies in the subjects of H-school revealed that the incidence of dip ears decreased from 58% to 45%, whereas the incidence of C-EOAE changed in only one ear and was maintained at 50%, near the initial value. Four ears changed in of dip without any change in the presence of C-EOAE.

This practical survey showed a clear relationship between the presence of dip and of C-EOAE. In addition, the follow-up survey indicated that change in the presence of dip does not follow the change in the presence of C-EOAE. The results suggest that the C-EOAE seems to express a disposition to susceptibility in to damage the intracochlear micromechanics. The measurement of C-EOAE may be useful for predicting individual differences in the susceptibility to noise exposure.

Key words: 内耳，ディップ型聴力損失，誘発耳音響放射
音響易傷性の予知

A 97—0075—23572

I はじめに

近代文明の発達にしたがい、人間社会の騒音環境は悪化の一途をたどり、音響による聴力障害の増加に関心が持たれつつある。それらの環境騒音には、板金や

プレス加工，研磨，織機，印刷機などの産業騒音，航空機，列車，船舶，自動車などの交通騒音に加え，最近ではディスコティックやロックコンサートなどの音楽騒音が挙げられるが，同一の騒音環境条件において

も音響障害の発症の程度は人により様々であり、音響受傷性の個体差は大である。

音響に対する耳の受傷性の個体差は古くから指摘されており、Fosbrooke¹⁾ はすでに、今から160年以上も前に個体差の大きいことに気が付き、それが耳の機能的または器質的な発育の不完全さともいべき素因によるものであろうと推測している。現在においても、そのような受傷性の個体差の本態はいまだ明らかにされていない。例えば、板金工場あるいはロックコンサート騒音環境下で音源から同一距離に居ても音響障害を起こす人と起こさない人があることは周知の事実であるが、そのような個体差の生ずる原因は不明である。

1978年、音響刺激に対し10ms前後の遅れをもつエコー様の微小音が外耳道内で記録されることがKemp²⁾により報告された。この現象に対し多くの研究が重ねられ、現在ではこれはevoked otoacoustic emissionと呼ばれている。本邦ではこれを誘発耳音響放射³⁾(EOAE)と呼称している。EOAEは内耳における聴覚情報の変換の過程で生じた副産物であり、その歪成分が伸縮性の外有毛細胞に分布している交叉性オリブ蝸牛束の電気刺激により変化することから⁴⁾、外有毛細胞機能に連係した音響現象と考えられている。

私共の行ってきたEOAEに関する一連の臨床的研究成果の中で、dip型聴力損失を有する耳ではEOAEの持続の延長していること⁵⁾が観察され、EOAEの持続を長くさせるような内耳の性質は音響受傷性の個体差をもたらす一因を意味しているのではなかろうかということが示唆された⁶⁾。音響受傷性の個体差の原因が明らかにされるならば、音響障害の予防、騒音作業下の就労の適否決定、音楽練習環境の整備など、臨床医学的、予防医学的、ならびに社会環境上の多大の貢献が期待される。本研究はそのようなEOAEと音響受傷性の関係を実際に騒音環境下にある一定の年齢層の対象で確かめることを目的として行われた。

II 対象および方法

1. 対象

1) 対象H

埼玉県下H中学校吹奏楽部女子部員62名を対象Hとした。年齢は13～14歳で、昭和63年12月より平成元年5月の間に獨協医科大学越谷病院耳鼻咽喉科において調査を行った。追跡調査および次項に述べるF中学の場合も同様に、検査は午後に行った。各被験者におい

図1 H中学校の音楽室における吹奏楽部各パートの練習配置図
数字は音圧測定時の奏者数。

て、検査を施行した時間は一定ではなかったが、練習後3時間以上経過してから検査を行った。

2) 対象F

埼玉県下F中学校吹奏楽部員33名を対象Fとした。そのうち女子部員が30名、男子部員が3名であった。年齢は12～14歳で、平成2年8月中の1ヵ月間に当科において調査を行った。検査を施行した時間については対象Hと同様である。

3) 追跡調査

埼玉県下H中学校吹奏楽部女子部員の追跡調査を2年2ヵ月～3年後の平成3年7月より同年12月の間に当科において施行した。すでに卒業しており各々個別に連絡をとり調査を行ったが、結局検査を施行できたのは20名40耳であり、前回の32%であった。

2. 検査の方法

1) 環境音の測定

H中学吹奏楽部練習中の騒音レベルを精密騒音計(リオン, NL-10A)および騒音振動解析装置(リオン, SA-74)を用いて測定した。練習は間口12m, 奥行15mの音楽室内で楽器別の小グループ毎のサークルを作り行われていた(図1)。ただし打楽器の練習のみは、その約1/3の大きさの別の小部屋で行われていた。騒音の

測定は各楽器別にサークルの中央で行った。合同練習の場合の測定は音楽室で打楽器も加え、前方中央（図1のピアノの位置）で行った。

2) 問診および耳鏡検査

問診はまず楽器名、その楽器の使用期間、練習時間、以前の音楽活動の有無（有の場合はその期間）、ウォークマンなどのイヤホンの使用経験の有無、以前の耳疾患の有無、現在の耳の異常（耳鳴、難聴、耳閉感、耳漏）についての問診表を各被験者に記入させた。各被験者の問診表記載事項を確認した後、耳鏡検査を行い、鼓膜所見を記録した。

3) 聴覚検査

純音聴力検査にはオーディオメータ（リオン、AA-61BN）、ティンパノメトリにはインピーダンスオーディオメータ（リオン、RS-30）、自記聴力検査にはオーディオメータ（リオン、AA-45）を用いた。なお、自記聴力検査はレベル速度2.5dB/秒、周波数スイープ1/2 OCT/分で行った。

4) 誘発耳音響放射（EOAE）の測定

EOAE の測定方法は、音響プローブを外耳道に挿入し、インピーダンス測定用イヤピース（高研製）で軽くシールした。音響プローブには K-3⁷⁾を用いた。このプローブでは2連管の一方のチューブの一端にミニチュアマイクロホン（Knowles, EA1843）、他方のチューブの一端にはサブマイナーイヤホン（リオン、RK63B）を結合したものが使用されている。音響刺激系としてはファンクションジェネレータ（NF回路、FG143）よりサイン波を発生させて、シグナルプロセッサ（日本電気三栄、7S11A）内蔵のエレクトロニクススイッチ、減衰器および増幅器を経由してイヤホンを駆動させた。マイクロホンからの出力は増幅した後、シグナルプロセッサにより加算平均を行った。加算波形はX-Yレコーダ（日本電気三栄、8U16）により記録した。刺激音は持続時間3ms、立ち上がり/立ち下がり各1msのトーンバーストを用いた。刺激間隔は25msとした。解析時間は刺激開始より20msで、その間の現象を256回加算した。

5) 自発耳音響放射（SOAE）の測定

SOAE の測定はEOAE の測定と同様の音響プローブを使用し、シグナルプロセッサ（日本電気三栄、7T17）で解析した。SOAEは外耳道に挿入したプローブから、7S11Aの記録系の増幅器を経て7T17に導き、一次処理したパワースペクトラムを100回加算平均した。周波数解析は0～10kHzの間で行った。

表1 H中学校吹奏楽部各パートの練習中の等価騒音レベル

楽器パート	dBLeq(A)
トランペット	103.2
トロンボーン	95.5
サキソホン	95.1
フルート	90.2
ホルン	89.8
パーカッション	89.4
クラリネット	88.1

III 結 果

1. 練習時の音響測定

1) 楽器別の測定

H中学において楽器別の各練習サークルの中心に騒音計をおいて音響測定を行った。各楽器パートの部員数は、トランペット、クラリネットがそれぞれ14名、パーカッションが10名、フルートが8名、トロンボーン、サキソホン、ホルンが各々6名であったが、図1の各楽器の練習サークル内に示すように、測定当日の人数はそれより少なかった。それぞれの等価騒音レベルは表1に示すとおりである。等価騒音レベルは全楽器別練習サークルを通じて88.1dBLeqから103.2dBLeqの範囲にあり、トランペットが最も高いレベルを示した。サークルにより人数が異なっていたが、騒音レベルの大きさの順位は人数に必ずしも関係したものとはいえなかった。

2) 合奏時の測定

H中学の音楽室におけるプラスバンドの合奏時の等価騒音レベルは図2に示すとおりである。合奏練習は全楽器サークルが図1のピアノの位置の対側寄りに位置して行われ、音響はピアノの位置に騒音計をおいて測定した。合同練習中の等価騒音レベルは、図2に示すように中音域で95dBLeqに近いものであった。

2. 問診結果および鼓膜所見

1) 以前の音楽活動

H中学では以前に何らかの楽器を使用して練習していたものは41名、経験のないものは21名であった。経験したものの中ではエレクトーンが16名で最も多かった。しかし活動期間は1年から10年とさまざまであった。次に多かったのはピアノの14名で、活動期間は6年から10年で比較的最長期間であった。その他、トランペット4名、打楽器3名、トロンボーン2名、アコーディオン、アルトが各1名であった。それらの活動

図2 H中学校吹奏部合奏練習中の等価騒音レベル
横軸は周波数, 棒グラフの最左側は80Hz, 最右側は8kHz, 1/3オクターブ毎。縦軸は騒音レベル dB Leq (A)。

期間は1年から6年の間であった。

F中学では楽器の使用経験のあったものは33名中25名であった。それらの中ではピアノが最も多く11名で、活動期間は5年から11年であった。

2) ウォークマンなどのイヤホンやヘッドホンの使用経験

それらの装着使用経験者はH中学が20名, F中学が14名であった。使用年数は7年間使用している生徒もあったが, 大部分は中学に入学してからの使用であった。吹奏楽部に入部する以前の音楽活動において, イヤホンまたはヘッドホンの使用によって耳鳴および難聴を自覚したものはなかった。

3) 中学校入学後の吹奏楽の練習期間

H中学では1年生27名が6カ月から8カ月, 2年生34名は1年から1年8カ月間練習活動が続けており, 1週の練習時間は約8時間であった。

F中学では1年生10名が3カ月から5カ月, 2年生20名は約1年6カ月, 3年生3名は約2年6カ月の練習活動を行っていた。同中学における7月および8月の練習時間は長く, 週18時間に及ぶ程のものであった。

4) 耳鳴

吹奏楽部に入部してから測定時まで耳鳴を感じたことがあると答えたものは, H中学で61名中14名, 23.0%, F中学で33名中4名, 12.1%であった。

5) 鼓膜所見

図3 本研究遂行のために規定した自記オーディオグラム上の dip

H中学において62名中1名2耳に鼓膜内陷および滲出液貯留の所見を認めた。F中学は33名全員, 鼓膜に異常所見を認めなかった。

3. 聴覚検査

1) ティンパノメトリ

聴覚検査の第一段階として, 両中学の対象群とも全耳にティンパノメトリを施行した。H中学では62名124耳中B型が2名3耳, C型が2名2耳で他の119耳はA型であった。F中学では全耳A型であった。

2) 純音聴力検査

H中学では, ティンパノグラムA型の119耳全耳が4分法平均値で25dB以内であった。ただし, 6耳において250Hz以下の低音域で35dB以内の閾値上昇を認めた。

F中学では66耳中1耳に, ろう型の感音難聴を認めた。

3) 自記聴力検査

前述のようなオクターブ検査において聴力損失を認めなかった耳でも, この検査では dip 型聴力損失が認められた。本研究において, dip 型損失と EOAE の関係を調べるために, 研究上の dip を次のように規定した。すなわち, 自記聴力像で dip 型損失の谷底の先端のレベルと dip の基部の両端のレベルの中間値の差が10dB以上のもので, 基部の間隔が2オクターブ以内のものを研究上の dip として検討した (図3)。

H中学ではティンパノグラムA型の119耳のうち96耳に施行した。自記聴力検査は所要時間を長く必要としたため, この検査は数日間に分けて行った。そのた

め12名がこの検査に応じないで脱落した。96耳のうち、自記聴力検査における dip を有した耳は57耳、59.4%であった。

F 中学では高度難聴 1 耳を除く 65 耳に施行したが、そのうち 1 耳において不規則な閾値の上昇と振幅の増大を認めた。これは被験者が眠気を催していたためと考えられたが、改めて再検査はできなかった。この耳を除く 64 耳中 41 耳、64.1%に規定した dip が認められた。

4. 耳音響放射

1) 誘発耳音響放射

H 中学の対象群では、ティンパノグラム A 型の 119 耳において EOAE を測定した。そのうち 1 耳にモニターのブラウン管面いっぱいに広がるノイズ様波形がみられ、耳発振と考えられたので、この耳は別に検討することとして除外した。118 耳の検出閾値は -30 ~ 25 dBnHL の間であった。O dBnHL というのは、本研究の測定装置を用いて 20 名 40 耳の正常聴力耳から得た最小可聴な刺激音圧の平均である。EOAE の刺激周波数は、1.0 kHz ~ 1.4 kHz の間で 40 dBnHL の短音に対する最大の OAE を得る周波数とした。

F 中学では 66 耳全耳の EOAE を測定できた。ろう型の難聴を示した 1 耳を除く他の 65 耳の検出閾値は -20 ~ 25 dBnHL の間であった。

2) 自発耳音響放射

H 中学で 96 耳に自発耳音響放射 (SOAE) の測定を行った。96 耳中 25 耳、26.0%に SOAE を認めた。SOAE

の周波数は 975 Hz から 5050 Hz の間にあった。分布を調べると、1500 Hz と 2750 Hz にヒストグラム上のピークが認められた (図 4)。

耳発振のため EOAE の測定が困難であった 1 耳からは 5 kHz 以下で 3 ~ 4 個の SOAE が記録された。図 5 に示すように、1.65 kHz のものはノイズレベル上 24.2 dB SPL の SOAE であった。2.5 kHz のものはそれより 12 dB 小さかった。

5. dip と C-EOAE, SOAE の関係

1) 対象 H における dip と C-EOAE の関係

図 4 SOAE の周波数分布
横軸の階級は 250 Hz, たとえば 4.0 は 4.00 以上 4.25 未満。

図 5 多発性 SOAE を認める例

図6 EOAE記録における典型的なC-EOAE
d: EOAEの持続時間

表2 H中学の対象におけるdipの有無とC-EOAEの有無の耳数頻度

(A) C-EOAEの有無におけるdipのあった耳の頻度

	総耳数	dip (有) 耳数	頻度 (%)
C-EOAEのあった耳	50	41	82.0
C-EOAEのなかった耳	46	16	34.8

(B) dipの有無におけるC-EOAEのあった耳の頻度

	総耳数	C-EOAE (有) 耳数	頻度 (%)
dipのあった耳	57	41	71.9
dipのなかった耳	39	9	23.1

EOAEの持続時間が6ms以上に延長している場合、これを持続的なEOAE、すなわちcontinuous EOAE: C-EOAEとして自記オーディオグラム上のdipとの関係を検討した(図6)。H中学で自記聴力検査とEOAE測定との両者を施行した。96耳のうちC-EOAEのあった耳は50耳、C-EOAEのなかった耳は46耳であった。C-EOAEのあった50耳のうちdipを認めたものは41耳、82.0%、C-EOAEのなかった46耳のうちdipを認めたものは16耳、34.8%であった。C-EOAEの有無におけるdipのあった耳の頻度は χ^2 検定により危険率0.01以下で有意な差が認められた。またdipのあった57耳のうちC-EOAEを認めたものは41耳、71.9%、dipのなかった39耳のうちC-EOAEを認めたものは9耳、23.1%であった(表2)。dipの有無におけるC

表3 F中学の対象におけるdipの有無とC-EOAEの有無の耳数頻度

(A) C-EOAEの有無におけるdipのあった耳の頻度

	総耳数	dip (有) 耳数	頻度 (%)
C-EOAEのあった耳	36	29	80.6
C-EOAEのなかった耳	28	12	42.9

(B) dipの有無におけるC-EOAEのあった耳の頻度

	総耳数	C-EOAE (有) 耳数	頻度 (%)
dipのあった耳	41	29	70.7
dipのなかった耳	23	7	30.4

-EOAEのあった耳の頻度にも χ^2 検定により危険率0.01以下で有意な差が認められた。したがって、これらの対象Hの結果からC-EOAEのある耳とdipのある耳は無関係とは言えないと考えられた。

2) 対象HにおけるdipとSOAEの関係

H中学においてSOAEを認めた25耳のうち22耳、88.0%が自記聴力検査でdipを有する耳であった。またdipを有する57耳のうちSOAEを認めたものは21耳、36.8%であった。

3) 対象FにおけるdipとC-EOAEの関係

F中学において自記聴力検査とEOAE測定を行った64耳について、dip耳とC-EOAE耳の頻度について検討した。64耳のうちC-EOAEのあった耳は36耳、C-EOAEのなかった耳は28耳であった。C-EOAEのあった36耳のうちdipを認めたものは29耳、80.6%、C-EOAEのなかった28耳のうちdipを認めたものは12耳、42.9%であった。また、dipのあった耳、41耳のうちC-EOAEを認めたものは29耳、70.7%、dipのなかった耳23耳のうちC-EOAEを認めたものは7耳、30.4%であった(表3)。C-EOAEの有無におけるdipのあった耳の頻度とdipの有無におけるC-EOAEのあった耳の頻度には共に χ^2 検定により危険率0.01以下で有意な差が認められた。対象Fにおいても、統計学的にC-EOAEのある耳とdipのある耳は無関係とは言えないと考えられる結果が得られた。

6. 追跡調査

1) 聴覚検査

H中学で約2年後に20名の追跡調査が施行可能であった。20名40耳はすべてティンパノグラムA型であっ

表4 追跡調査における C-EOAE および dip の変化

被験耳	初 回		追 跡	
	C-EOAE	dip	C-EOAE	dip
A F-R	-	-	-	-
-L	-	-	-	-
H I-R	-	-	-	-
-L	-	-	-	-
K I-R	-	-	-	-
-L	-	-	-	-
KN-R	-	-	-	-
-L	-	-	-	-
O Y-R	-	-	-	-
-L	-	-	-	-
Y S-R	-	-	-	-
M Y-R	-	-	-	-
J S-R	-	-	-	+
-L	-	-	-	+
M Y-L	-	-	+	-
T M-L	-	+	-	-
S M-R	-	+	-	+
-L	-	+	-	+

被験耳	初 回		追 跡	
	C-EOAE	dip	C-EOAE	dip
KN-R	+	+	+	+
-L	+	+	+	+
KS-R	+	+	+	+
-L	+	+	+	+
TG-R	+	+	+	+
-L	+	+	+	+
MI-R	+	+	+	+
-L	+	+	+	+
HT-R	+	+	+	+
-L	+	+	+	+
TM-R	+	+	+	+
YS-L	+	+	+	-
YS-R	+	-	+	-
-L	+	-	+	-

た。純音聴力検査、自記聴力検査および EOAE の測定を行い、そのうち38耳で SOAE の測定も行った。

純音聴力検査の結果では、全耳において4分法平均値が10dB 以内で dip 型損失も認められなかった。自記聴力検査では40耳中18耳、45.0%に dip を認めた。

2) OAE の測定

EOAE は全耳に認められ、検出閾値は-20 ~15dBnHL であった。C-EOAE は40耳中20耳、50.0%に観察され、SOAE は38耳中8耳、21.1%にみられた。

3) dip と OAE の関係

C-EOAE のあった20耳のうち dip を認めたものは13耳、65.0%であり、C-EOAE のなかった20耳のうち dip を認めたものは4耳、20.0%であった。SOAE を認めた8耳はいずれも C-EOAE のある耳であり、かつ dip を有する耳であった。

4) 初回調査結果との比較

追跡調査を行った20名40耳のうち、初回調査の際、自記聴力検査および EOAE の測定の両検査が施行されていたものは、16名32耳あった。

32耳のうち初回の調査時に C-EOAE があった耳は14耳であったが、追跡調査でも同様にすべてに認めら

れた。そして初回の調査時に C-EOAE がなかった18耳のうち1耳のみに追跡調査で C-EOAE が認められたが、他の17耳は初回同様 C-EOAE がない耳であった(表4)。

32耳のうち初回の調査の時 dip を認めた耳は15耳であったが、追跡調査で13耳に dip が認められた。また、初回の調査の際 dip のなかった17耳のうち、追跡調査でも dip を認めなかったものは15耳であった。dip の変化した4耳において、1耳は初回の調査で C-EOAE を認めたが、追跡調査でも C-EOAE を認めた。他の3耳は初回の調査で C-EOAE を認めなかったが、追跡調査でも C-EOAE を認めなかった。

32耳のうち初回の調査の時 SOAE を認めた耳は6耳であったが、それらのうち追跡調査でも SOAE を認めたものは4耳であった。すなわち、そのうち2耳では SOAE が消失していた。しかし、新たに別の2耳に SOAE が認められた。

IV 考 察

騒音の曝露によってオーディオグラム上に dip 型聴力損失が起こることは古くから知られている。Bunch⁹⁾ は工場騒音下で4000Hz の低下、すなわち c⁵dip が起

こり易いことをすでに1937年に指摘している。音響曝露による聴力障害の多くは、 c^5 dip が初期症状であることも知られている⁹⁾。また、自記オーディオグラム上で周波数を連続的に観察すると、dip はすべてが4000Hzに集中している訳ではなく、周辺の広い周波数範囲に分布することも報告されている¹⁰⁾¹¹⁾。

音響による実験的な聴力障害の内耳電顕像には有毛細胞感覚毛の様々な損傷の見られることが多くの報告で示されている¹²⁾。しかし、dip の成因については血流障害説や外耳道共鳴説があるが、いまだ明白にはされていない。

EOAE の発生源は蝸牛内の微小機械系と考えられている。微小機械系の情報処理の主体は基底板の進行波による周波数弁別である。Kemp¹³⁾ は、EOAE は基底板上の進行波が反射されて順行と逆行を繰り返すことにより生ずる蝸牛内共鳴に基因したものであると考えている。基底板上のある部位にインピーダンスの不連続点、すなわち何か構造上の不規則な小部分を想定するならば、蝸牛モデルとして EOAE をシミュレートすることも示されている¹⁴⁾。またそのような蝸牛内共鳴には外有毛細胞を介した能動的な過程による脱抑圧が関与しており、このような機構は聴覚閾値近辺の周波数同調を尖鋭にする役割を担っていると考えられている¹⁵⁾。多重の蝸牛内共鳴が同期する場合、EOAE の持続は延長することになる。そのような同期性の亢進は、基底板の物理的性質や脱抑圧機構の閾値にも関係しているであろう。

本研究では EOAE の持続の有無を決める基準としては持続時間 6ms を採用し、それ以上に延長している場合に C-EOAE としてそれを有する耳数の頻度を検討した。この 6ms という持続時間については C-EOAE の成因上の意味はなく、刺激音 3ms の 2 倍の値で検討した dip 型聴力損失に関する臨床的研究の結果⁵⁾に基づいて決めたものである。C-EOAE を有する耳の発現頻度は正常聴力耳で約30%と報告されているが、被験者の年齢と関係があり、10歳代で約50%と最も高く、加齢と共に低下することが私共のその後の報告¹⁶⁾で示されている。本研究の対象は初回調査および H 中学の追跡調査共に10歳代であり、したがって成績に影響する年齢要因は概ね除外できる。

本研究の対象とした中学校吹奏楽部員の練習の状況は吸音壁の設備されていない音楽教室内で練習が行われ、被曝音響は軽度の聴器障害が起こる可能性のある量であった。調査結果において純音オーディオグラム上

の dip は極めて少なく、例えば H 中学の場合それは皆無であったが、自記オーディオグラム上では小 dip のある耳が楽器によっては高頻度に認められ、この種の dip は主として純音オーディオグラムには現れない不顕性の音響障害と考えられた。そして、そのような dip のある耳と C-EOAE を呈する耳の間には明白な関係が認められた。

dip と C-EOAE が原因と結果あるいは結果と原因の関係であるのか、または C-EOAE を呈する耳の性質が音響障害を起こし易い素因であるのかを明らかにすることは、音響障害の個体差を考える上で極めて重要である。本研究からは十分な確証とは言えないが、後者であることを示唆する結果が得られた。すなわち、C-EOAE を有する耳の発現頻度は正常聴力耳で30%、純音オーディオグラム上の dip をもつ耳および一側性 dip 耳の健耳で約90%という以前の成績⁶⁾に加え、ほぼ同年齢の吹奏楽部員では調査した 2 中学校とも、C-EOAE のある耳では自記オーディオグラム上の dip が80%以上に認められたこと、また追跡調査結果で dip のある耳の頻度が下がり、4 耳に dip の有無の変化がみられたが、それらの 4 耳の C-EOAE には変化がなかったことは C-EOAE が内耳の易傷性の素因であることを支持する成績である。C-EOAE の測定は容易であり、個体差の大きい音響障害の易傷性を予知する他覚的な検査法として役立つものと考えられる。

V 結 論

1) 内耳の音響受傷性の個体差と蝸牛内微小機械系との関係を知る目的で、中学校吹奏楽部員の聴覚と誘発耳音響放射 (EOAE) を測定した。

2) H 中学における対象49名96耳の自記オーディオグラム上の dip を有する頻度は58.3%であり、持続性の EOAE (C-EOAE) を有する頻度は52.1%であった。

3) F 中学における対象33名64耳の dip を有する頻度は64.1%であり、C-EOAE を有する頻度は56.3%であった。

4) 両中学の調査において、C-EOAE を有する耳における dip のある頻度は H 中学で82.0%、F 中学で80.6%であった。

5) H 中学における追跡調査では、C-EOAE の有無は 1 耳のみが変化した。dip の有無は 4 耳で変化した。それらの C-EOAE は不変であった。

6) C-EOAE のある耳と dip のある耳との間には強い関係が認められた。C-EOAE は蝸牛内微小機械系

における音響易傷性の素因を意味するものと考えられ、易傷性の個体差の予知に役立つ可能性が示唆された。

文 献

- 1) Fosbroke J: Practical observation on the pathology and treatment of deafness. *Lancet* 1:740-743, 1830.
- 2) Kemp DT: Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J Acoust Soc Am* 64: 1386-1391, 1978.
- 3) 田中康夫: 耳音響放射, 森満 保編: 内耳の聴覚電気生理. 金原出版, 東京, 1985, 76-79頁.
- 4) Mountain DC: Changes in endolymphatic potential and crossed olivocochlear bundle stimulation alter cochlear mechanics. *Science* 210: 71-72, 1980.
- 5) Tanaka Y, Inoue T, Tokita N: Continuity of otoacoustic emissions in ears with dip type hearing loss. *Proc Japan Acad* 64B: 311-314, 1988.
- 6) Tanaka Y, Suzuki M, Inoue T: Evoked otoacoustic emissions in sensorineural hearing impairment: its clinical implications. *Ear and Hearing* 11: 134-143, 1990.
- 7) 井上庸夫, 田中康夫, 鈴木雅一, 伊藤博喜, 井上良江: 誘発耳音響放射測定用プローブK-3. *Ear Res Jpn* 21: 237-238, 1990.
- 8) Bunch CC: The diagnosis of occupational or traumatic deafness; a historical and audiometrical study. *Laryngoscope* 47: 615-691, 1937.
- 9) Ward WD: The identification and treatment of noise-induced hearing loss. *Otolaryngol Clin North Am* 2: 89-110, 1969.
- 10) 志多 享, 今井 準, 奥窪 侃, 吉村元昭, 久保政雄: 騒音性難聴における平均聴力損失表現について. *Audiology Japan* 16: 199-200, 1973.
- 11) 斉藤達雄: いわゆる無難聴性耳鳴 (あるいは神経性耳鳴) の臨床的研究. *日耳鼻* 90: 362-371, 1987.
- 12) Engstrom B, Borg E, Canlon B: Morphology of Stereocilia on Cochlear Hair Cells after Noise Exposure in Salvi RJ, Henderson D, Hamernik RP, Colletti V(eds) Basic and Applied Aspects of Noise-Induced Hearing Loss. Plenum Press, New York, 1986, pp 1-9.
- 13) Kemp DT: Evidence of mechanical nonlinearity and frequency selective wave amplification in the cochlea. *Arch Otorhinolaryngol* 224: 37-45, 1979.
- 14) Fukazawa T: Evoked otoacoustic emissions in a nonlinear model of the cochlea. *Hear Res* 59: 17-24, 1992.
- 15) Kiang NYS, Liberman MC, Sewell WF et al: Single unit clues to cochlear mechanisms. *Heav Res* 22: 171-182, 1986.
- 16) 井上庸夫, 田中康夫, 鈴木雅一, 井上良江: 誘発耳音響放射の持続性と年齢. *Audiology Japan* 32: 359-360, 1989.

本論文の要旨は、第34回日本聴覚医学会総会、第92回日本耳鼻咽喉科学会総会、並びに第21回国際聴覚医学会において発表した。

稿を終るに当たり、ご懇篤なるご指導並びにご校閲を賜った恩師田中康夫教授に深謝しますと共に、ご協力頂いた鈴木雅一博士、並びに千田稚子技師、恩田十三子技師、石井順子技師に心から感謝致します

なお、本研究の一部は文部省科学研究費補助金 (課題番号 01570960, 02670771および03670817) に負っており、ここに付記して謝意を表します

(1993年9月27日受稿 1993年11月11日受理 急載)

別刷請求先 〒343 越谷市南越谷2-1-50

獨協医科大学越谷病院耳鼻咽喉科 井上庸夫