高校生における自記オーディオグラム上の 小ディップに関する研究

獨協医科大学越谷病院耳鼻咽喉科（部長：田中康夫教授）

井上良江, 井上庸夫, 田中康夫

DIP-SHAPED HEARING LOSS OF BÉKÉSY AUDIOGRAM IN HIGH SCHOOL STUDENTS

YOSHIE INOUE, M.D., TSUNEO INOUE, M.D. and YASUO TANAKA, M.D.

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

Small dip-shaped hearing loss may be frequently observed on Bekesy audiograms in ears without any hearing loss on pure tone audiograms. Hearing tests and otoacoustic emission measurements were performed in club member of 2 senior high schools (K-D School and S-D School), in order to determine any relationship between inner ear impairments and the small dips on Bekesy audiograms.

In the kendo, soccer, tennis and orchestral music clubs of K-D School micro-dips in depth over 10 dB were found to have incidences between 40% and 53%, and the micro-dips were distributed in frequencies above 5 kHz. In the of kendo, tennis, brass band and tea ceremony clubs of S-D School the incidences of micro-dips ears were between 30% and 48%, and the micro-dips tended to be distributed in higher frequencies except in the tea ceremony club. The micro-dips in the ears of the tea ceremony club members were distributed over all the frequencies examined, but most of them disappeared when counted for dip size above 15 dB remaining an ear at 7.5 kHz. Incidences of earphone or headphone users as a hobby were in the range of 30 to 70% in members of all clubs. There were no characteristic findings of clubs in the incidences of the earphone or headphone users. The degree of association between the micro-dip ears and the use of earphone or headphone was low.

C-EOAEs which had a 6 ms or longer duration of evoked otoacoustic emissions were detected with an incidence of 40 to 65% and there was a significant association between the micro-dip ears and the C-EOAE ears. Incidences of spontaneous otoacoustic emissions were between 26% and 28% in all clubs and there were differences in the incidences between sexes. The frequency distribution of the spontaneous otoacoustic emissions were remarkably different to that of the micro-dips. To determine whether the C-EOAEs express a predisposition to inner ear susceptibility to noise-induced hearing loss and to ascertain that the micro-dip is a precursor notice to noise-induced hearing loss, further follow-up surveys are needed.

Key words: 自記オーディオグラム, ディップ型聴力損失,
音響障害, 高校クラブ活動, 耳音響放射

A99—0432—23572

緒 言

近年、音楽による難聴やスポーツによる難聴が問題となっている。特に、青少年層にはロックミュージックやディスコティック、あるいはヘッドホンの使用による難聴が多く、佐藤らによるアンケート調査¹⁾では全国40施設から83例が報告され、10歳代と20歳代が78%を占めている。スポーツに関係のある難聴の中には陸上競技のスタートの際の衝撃音による急性音響障害のほかに、剣道家の難聴がある。猛稽古をすることで有名な高校の剣道部員では難聴の出現率が高く、2kHzや4kHzのディップ型聴力損失がみられたことが報告されている²⁾。剣道による難聴が経験年数により進行することを示唆する症例も報告されている³⁾。

音響曝露による聴力障害ではc⁵ディップ型の聴力損失や高音障害の聴力型を呈する難聴が多く、進行すると障害が低音域に波及することが以前から知られている⁴⁾。c⁵ディップは耳中毒など他の原因による障害でもみられるが、音響による障害の初期像であることが多い。

ロック難聴や剣道難聴では障害は人によって異なり、同程度の音響負荷がかかると考えられる場合でもすべての人に同様な障害が起こることは少ない。つまり音響による聴力障害には個体差が大である。耳の易傷性に個体差があることは古くから知られているが、素因とも考えられるその本質はいまだ不明である。誘発耳音響放射(EOAE)の研究において、ディップのある耳とEOAEの持続時間が延長する耳との間に関係のあることが示され⁵⁾、持続が6ms以上に延長するEOAE(C-EOAE)と自記オーディオグラム上の小ディップとの関係から、C-EOAEが音響に対する易傷性の素因を表わす音響現象である可能性が示唆されている⁶⁾。

本研究はそのような小ディップが高校生の各種クラブ活動部員でいかに観察されるかを知るため、また、それらの対象においても小ディップとC-EOAEの関係がみられるかどうかを知るために以前に中学生吹奏楽部員を対象として行われた研究⁶⁾の第2段階として計画された。

対象および方法

1. 対象

本研究の目的達成のために、高校生のクラブ活動数部の聴覚検査および耳音響放射の測定を行った。年齢要因の影響を最小限にするために対象を10歳代に限定

し、以前に行った中学生に次いで本研究では高校生とした。対象としてクラブ活動には、音楽関係、剣道、その他のスポーツ、およびクラブ活動に騒音あるいは衝撃音を伴わない部を選んだ。地域による影響、例えば風習や練習方法の違い、気候の違い食生活の差、また素因などの地域差の未知の影響が多少ともあるかもしれないと考えられるので、離れた2地域の高校のクラブ活動部で検査および測定を行った。

対象の一つは関西地区のK-D校で、第1回の検査および測定を平成5年12月10日および11日に実施した。剣道部は総数22名44耳、うち男子20耳、女子24耳であった。蹴球部は総数13名26耳であった。K-D校の第2回は平成6年8月29日から31日までの3日間に実施し、剣道部15名30耳、うち男子16耳、女子14耳の検査および測定を行った。それらのうち全員が第1回および第2回の検査を受けており、追跡調査の対象となり得た。蹴球部は男子のみ11名22耳であった。そのうち追跡調査の対象とできたのは10名であった。第2回では、さらに庭球部10名20耳、管弦楽部19名38耳も対象とした。後者のうち1名2耳のみ男子、他は女子であった。

地域の異なる高校の対象の一つとして関東地区のS-D校を選んだ。S-D校の剣道、庭球、茶道、吹奏楽の4部員の検査を平成6年5月27日から6月15日までの間に10名ずつに分割して行った。剣道部は男子8名16耳、女子7名14耳、庭球部は男子19名38耳、女子5名10耳について検査および測定を行った。茶道部および吹奏楽部は女子のみで、各部とも20名40耳を対象とした。

2. 方法

1) 練習環境音の測定

練習環境音の測定についてはクラブ活動中に騒音あるいは衝撃音に曝露される可能性が強い剣道部に対し行った。測定は平成5年12月10日K-D校において検査を終了した剣道部員の練習中に実施した。練習は体育館で行われており、懸稽古および「面」の騒音レベルを測定した。測定には普通騒音計(RION, NL-02)を用い、その出力をテープレコーダー(SONY, TCD-D10)に記録した後、記録データを実時間分析器(RION, SA-27)で解析した。

2) 問診および耳所見

問診は、難聴、耳閉感、耳鳴など耳の異常の有無またはその既往、爆発音、以前の音楽活動、ヘッドホン、イヤホンなどの使用経験など強い音響の曝露歴の有無

およびその期間、現在の部活動の期間についての問診表を各自記入させた。

耳所見については聴覚諸検査の前に、オトスコープを使用して、外耳道および鼓膜を観察し、その所見を記録した。

3) 聴覚検査

純音聴力検査にはオーディオメータ (RION, 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 (RION, RS-30) を用いた。自記聴力検査はオーディオメータ (RION, AA-45) を用い、レベル速度は 2.5dB/秒とし、周波数スイープは 1/2 Oct/分、周波数 1.0kHz~8.0kHz の範囲で行った。刺激には 2Hz の断続音を用いた。検査は K-D 校では同校の視聴覚教室において、被験者に遮音カップを装着させて行った。S-D 校の場合は部員を獨協医科大学越谷病院に來させ、聴力検査室および防音室で検査を行った。

4) EOAЕ の測定

EOAE は K-D 校では視聴覚教育用録音室内に被験者を座らせ音響プロープ N-1⁷⁾ を用いて、S-D 校の被験者の EOAЕ 測定は音響プロープ K-3⁸⁾ を用い、防音室において仰臥位で行った。周波数 1kHz、持続時間 3ms、立ち上がり／立ち下がり各 1ms の短音を刺激音とし、刺激開始から 20ms の音響現象をシグナルプロセッサ (日本電気三栄, 7S11A) により 256 回平均加算処理した。

5) SOAE の測定

SOAE の測定を終えた後、SOAE を検索した。SOAE の測定は音響プロープ N-1 あるいは K-3 のマイクロホン出力を増幅し、シグナルプロセッサ (日本電気三栄, 7T17) を用い解析した。音響刺激を遮断し、EOAE の際と同様のトリガーに対し、20ms のタイムウインドウで 100 回加算して、一次処理を行い、パワースペクトラムを作製した。必要により音圧を Log スケールとして観察した。ノイズレベル上 3dB SPL 以上の単発の振幅を SOAE として検討した。

結 果

1. 剣道部における稽古中の騒音レベル

K-D 校における初回調査において〔以下、K-D 校 (1)〕部活動の騒音レベルを測定した。初回調査では騒音あるいは衝撃音に曝露される可能性が強いと考えられる剣道部と、その他の運動部として蹴球部の検査を行った。被験者は当日検査前の稽古あるいは練習を控えた。検査後に剣道部の稽古中の等価騒音レベル

を測定した。懸稽古の際の騒音測定は騒音計を 2m の距離に置いて行った。平均パワーは 98.2dB LAeq で 1/1 オクターブ実時間騒音レベルでは 20kHz にピークがあった。音響パワーの距離減衰を考慮に入れると稽古中の部員の耳前の騒音レベルは 20dB ほど増強するものと推測される。「面」の際の測定は面の防具の頂きから 30cm の距離を置いて測定した。その際の平均パワーは 102.6dB LAeq で、実時間騒音レベルは 500Hz にピークがあった。

2. 問診、鼓膜所見、聴覚検査

K-D 校 (1) の調査結果では (表 1, 2) 問診において難聴および耳鳴を訴えたことのある部員は剣道部と蹴球部の各 1 名あった。両者とも調査時の鼓膜所見は正常、純音オーディオグラムで全検査周波数において聴力レベルは 25dB 以下であった。しかし、蹴球部の 1 名は、聴力レベルは正常範囲内であったが、自記オーディオグラムで全域のレベル上昇を認めたので、以下の検討ではその右耳を除外した。

K-D 校における第 2 回調査〔以下、K-D 校 (2)〕調査結果では (表 1, 2) 剣道部と蹴球部で耳鳴を感じたことのあるもの 1 名と 2 名があったのみであった。管弦楽部で耳閉感が 2 名と耳鳴が 3 名あったが、鼓膜所見やティンパノグラムに異常は認められなかった。庭球部の 1 名に鼓膜内陥と B 型のティンパノグラムがみられたので、以下の検討ではその右耳を除外した。

S-D 校では (表 1, 2), 剣道部で難聴、耳閉感、耳鳴がそれぞれ 1 名、2 名、3 名、庭球部で耳閉感と耳鳴が各 1 名、茶道部で耳鳴が 3 名であったが、それらの部員において鼓膜所見、ティンパノグラムおよび聴力像では異常を呈したものはなかった。吹奏楽部では 2 名が耳鳴を訴えたが、オーディオグラム上では正常範囲内であった。自記オーディオメイトリでは 1 名の左耳で全域の閾値上昇を認めたので以下の検討項目では除外した。また、1 名は純音オーディオグラムに c⁵ ディップを認めたが 4 分法では正常範囲内であったので除外しなかった。K-D 校および S-D 校の全部を通じて、週 1 時間、2 カ月以上のイヤホン使用者数は表に示す通りであるが、部ごとの使用率に変動が大きく、また各自の使用期間や頻度、あるいは負荷音圧が千差万別で、部別の特徴を抽出するためには、その目的に限定した別の調査による例数の集積が必要と考えられた。

3. 自記聴力検査

1) 自記オーディオグラム上の小ディップ

調査対象とした高校クラブ活動部員の自記オーディオ

表 1 問診結果

	例数	難聴	耳閉感	耳鳴	イヤホン使用
K-D(1)					
剣道	22	1	0	1	13
蹴球	13	1	0	1	7
K-D(2)					
剣道	15	0	0	1	11
蹴球	11	0	0	2	8
庭球	10	0	0	0	4
管弦楽	19	0	2	3	12
S-D					
剣道	15	1	2	3	7
庭球	24	0	1	1	12
茶道	20	0	0	3	7
吹奏楽	20	0	0	2	8

表 2 鼓膜所見と聴覚検査の異常

	耳数	鼓膜所見	ティンパノグラム	純音聴検	自記聴検
K-D(1)					
剣道	44	0	0	0	0
蹴球	26	0	0	0	1
K-D(2)					
剣道	30	0	0	0	0
蹴球	22	0	0	0	0
庭球	20	1	1	0	0
管弦楽	38	0	0	0	0
S-D					
剣道	30	0	0	0	0
庭球	48	0	0	0	0
茶道	40	0	0	0	0
吹奏楽	40	0	0	1	1

グラム上に多くのディップ型の変動が認められ、検討を行うために小ディップを図 1 に示すように規定した。ディップの大きさは図のように、まず基部両端における鋸歯状の上下振幅の中間の点を直線で結び、その中点からディップの底を形づくる振幅の中間の点までの距離を自記オーディオメータの dB 目盛で計測して、原則的には 10dB 以上のものと規定した。また、研究結果の検討のため、時には必要に応じて 15dB 以上の条件も採用した。

ディップの周波数振幅の規定については、基部両端

の上下振幅の中間間の周波数幅が 1 オクターブ以内のものとした。ディップの谷底の最下端の振幅を周波数軸に垂直に延長した交点の kHz 表示を小ディップの周波数とした。なお、小ディップの大きさの上限はディップの幅の規定によって自ら決まってくる。換言すれば大きさの上限の規定は純音聴力検査によるオクターブオーディオグラムで検出されるに至らない大きさのものに相当する。

2) 小ディップを有する耳の発現頻度

自記オーディオグラム上に小ディップを有する耳は

図1 自記聴力検査上の小ディップの規定
F: 小ディップの周波数

K-D校(1)の剣道部では52%, 蹴球部では68%にみられ、ディップの大きさの下限を5dB上昇させて15dB以上とすると発現頻度は両部とも40%となった(表3)。K-D校(2)の4部では頻度は40%~59%, 15dB以上の小ディップでみると30%~40%となった。K-D校(2)では剣道部、蹴球部ともK-D校(1)より約10%低下したが、蹴球部の15dB以上の小ディップは変わらなかった。

S-D校4部の小ディップ耳の頻度は30~48%で、15dB以上の小ディップでみると茶道部以外は20%に近い安定した値を示し、20%台の低下がみられた。茶道部では15dB以上の小ディップ耳の頻度は2.5%となり、激減した。

耳によっては複数の小ディップのあることがあり、耳毎のディップ数で発現頻度を調べた。表4に示すように、小ディップ1個の耳が最も多く全体では85%を占めていた。2ディップの耳は13%, 3ディップ耳は1%であった。S-D校の庭球部で2ディップの有する耳が多く30%を占めたが、そのほかに学校や部により耳ごとのディップ数に特徴は見いだせなかった。

3) 小ディップの周波数分布

各校のクラブ活動部毎に検出された小ディップ数の周波数分布を検討した。K-D校(1)の剣道部では図2に示すように、3.5kHzから8kHzに分布し、ピークは7.0kHzおよび7.5kHzにあった。イヤホンの使用の程度には変動があったが、前述したような使用経験者

表3 クラブ活動各部における小ディップのある耳の頻度

	耳数	小ディップの大きさ	
		10dB以上	15dB以上
K-D(1)		(%)	(%)
剣道	44	52.2	40.9
蹴球	25	68.0	40.0
K-D(2)			
剣道	30	40.0	30.0
蹴球	22	59.1	40.9
庭球	19	52.6	36.8
管弦楽	38	47.4	31.6
S-D			
剣道	30	40.0	20.0
庭球	48	47.9	22.9
茶道	40	30.0	2.5
吹奏楽	39	43.6	20.5

表4 クラブ活動各部における小ディップ数別の耳数

	小ディップ数/耳		
	1	2	3
K-D(1)			
剣道	23	0	0
蹴球	16	1	0
K-D(2)			
剣道	11	1	0
蹴球	10	2	1
庭球	8	2	0
管弦楽	15	3	0
S-D			
剣道	12	0	0
庭球	15	7	1
茶道	8	4	0
吹奏楽	16	1	0
計	134	21	2

について一応調べてみた。イヤホン使用経験のあったディップ数は23個中10個で周波数のほぼ全域にわたっていた。ディップの大きさを15dB以上にしてみても23個中18個が残り、同様な分布のパターンを示した(図3)。蹴球部では1.5kHzから8.0kHzに分布し、7kHz

図2 K-D校(1)各部における全員およびイヤホン使用経験者の小ディップの周波数分布。横軸：周波数階段250Hz；たとえば、表示2.0は2.00kHz以上2.25未満を意味する（以下の図も同様）

図3 K-D校(1)各部における10dB以上と15dB以上の小ディップの周波数分布

にピークがあった(図2)。イヤホン使用耳のディップは18個中12個で、周波数分布のピークはやはり7.0kHzにあった。15dB以上のディップは18個中10個で、分布のパターンも似ていた(図3)。

K-D校(2)の4部における結果は図4、5に示す通りで、分布は全域にわたり、分布のピークは剣道部で6.5kHz、他の3部は7.0kHzであった。イヤホン使用者でも庭球部以外の3部でピークは7kHz近辺にあった(図4)。15dB以上の小ディップでみても、すべての部の周波数分布は高音域に偏り、7.0kHzにピーク

図4 K-D校(2)各部における全員およびイヤホン使用経験者の小ディップの周波数分布

があった(図5)。剣道部では13ディップ中10ディップ76%が15dB以上の大きさの小ディップであった。

S-D校における小ディップの周波数分布(図6、7)は茶道部を除く3部において高音域に分布する傾向がみられ、ピークは7.0kHzおよび7.5kHzにあった。茶道部員に検出された小ディップは16個で、1.0kHzから7.5kHzに比較的均等に分布し、ピークは認められなかった。茶道部では16ディップの50%にイヤホン使用者があった。イヤホンの使用者は吹奏楽部で少なく18ディップ中4個、22%であった(図6)。15dB以上の小ディップ数は各部で50%以下で、K-D校における比率より低かった。特に茶道部では少なく、7.5kHzに1個のみ検出され、16個中15個が10dBから15dBの間の大きさの小ディップであった(図7)。

全体の小ディップとイヤホンの使用経験のある耳の小ディップが互いに同様な周波数に分布していた。K-D校(1)の剣道部とS-D校の茶道部について小ディップとイヤホンの使用の関連性を調べてみた。小ディップとイヤホン使用の両変量が有または無の2値のみである場合の2×2クロス表による連関度、すなわ

図5 K-D校(2)各部における10dB以上と15dB以上の小ディップの周波数分布

図6 S-D校各部における全員およびイヤホン使用経験者の小ディップの周波数分布

ちユールの連関係数 Q は剣道部で -0.61 、茶道部で 0.10 と低く、両者の関連性は弱かった。

4. 誘発耳音響放射の測定結果

1) C-EOAE の発現頻度

EOAE は小ディップの有無を検討した全耳で検出できた。本研究のEOAEの刺激周波数はすべて1kHzとしており、そのEOAE記録において、図8に示すように検出閾値上30dB以内でEOAEの速成分と遅成分が同期して持続が6ms以上になったものをC-EOAEとして各部における発現頻度を検討した。表5に示すように、K-D校(1)における剣道部と蹴球部では頻度はそれぞれ55%と64%であった。K-D校(2)のC-EOAE発現頻度は剣道、蹴球両部で50%台、庭球部はそれより低く42%、管弦楽部はやや高く61%であった。S-D校では剣道、庭球、茶道の3部で40%台、吹奏楽部で55%の頻度が示された。

2) C-EOAEのある耳と小ディップのある耳の関連性

C-EOAEのある耳はK-D校(1)の剣道部および蹴球部で71%と88%、K-D校(2)の剣道部で59%、蹴球、

庭球両部で70%、管弦楽部で65%であった。S-D校では庭球部で76%と高く、剣道部、吹奏楽部は60%台、茶道部は47%であった。茶道部は最低であったほか、その他のクラブ活動部間の差に特徴は見いだせなかった(表5)。しかし、C-EOAEのない耳における小ディップのある耳の比率はC-EOAEの有無により、全部間で33%~54%もの差があり、C-EOAEを呈する耳と小ディップを有する耳間の関係が示唆された。C-EOAEと小ディップの連関係度はユールの連関係数でみると、いずれの部も Q は 0.68 以上であり、K-D校(1)の蹴球部、K-D校(2)の管弦楽部、S-D校の吹奏楽部の3部では Q は 0.84 以上となり、両者の関連の強いことが示された。

3) 追跡調査における小ディップとC-EOAEの関係

剣道部においてK-D校(1)と(2)の調査で小ディップの有無とC-EOAEの有無の関係について検討した。小ディップ有のままであった耳が8耳、無のままが10耳、有から無または無から有へ変化したものが、それぞれ、8耳と4耳であった。C-EOAE有のままであつ

たものは13耳、無のままだが10耳、有から無または無が有へ変化したものがそれぞれ3耳と4耳であった。剣

図7 S-D校各部における10dB以上と15dB以上の小ディップの周波数分布

道部における追跡調査で小ディップの変化の有無とC-EOAEの変化の有無について両者の関連度を見るとQは0.70であった。しかし、蹴球部におけるQは同様な検討で0.30であった。

5. 自発耳音響放射の測定結果

1) SOAEの発現頻度

SOAEの発現頻度には性差のあることが知られている。部員が男子のみの蹴球部および女子のみの茶道部と吹奏楽部はもとより、男女部員の混合している部では男女別に分けて頻度を調べた(表6)。K-D校(1)の

図8 EOAE遅成分の検出閾値と持続性EOAE(C-EOAE), 各波形の左端は刺激音, 右端の矩形波は2ms, 10mvの校正信号

表5 C-EOAEの発現頻度と小ディップのある耳に対する関係

	C-EOAE(+)耳 EOAE 耳	ディップ(+)耳 C-EOAE(+)耳	ディップ(+)耳 C-EOAE(-)耳	関連係数 Q
K-D(1)	(%)	(%)	(%)	
剣道	54.5	70.8	30.0	0.70
蹴球	64.0	87.5	33.3	0.87
K-D(2)				
剣道	56.7	58.8	15.4	0.77
蹴球	59.1	76.9	33.3	0.74
庭球	42.1	75.0	36.4	0.68
管弦楽	60.5	65.2	13.3	0.84
S-D				
剣道	43.3	61.5	23.5	0.68
庭球	43.8	76.2	25.9	0.82
茶道	47.5	47.4	14.3	0.69
吹奏楽	59.0	65.2	12.5	0.86

表6 SOAE の性別発現頻度

	男 子			女 子		
	耳数	SOAE 耳	頻度	耳数	SOAE 耳	頻度
K-D(1)						
剣道	20	5	25.0	24	12	50.0
蹴球	25	3	12.0	—	—	—
K-D(2)						
剣道	16	3	18.8	14	5	35.7
蹴球	22	4	18.2	—	—	—
庭球	11	1	9.1	8	0	0
管弦楽	2	1	50.0	36	14	38.9
S-D						
剣道	16	1	6.3	14	4	28.6
庭球	38	3	7.9	10	4	40.0
茶道	—	—	—	40	17	42.5
吹奏楽	—	—	—	39	19	48.7

図9 K-D校(1)におけるクラブ活動部別のSOAEの周波数分布

剣道部では頻度は男子が25%に対し、女子は50%でちょうど2倍であった。

K-D校(2)では男子のSOAE頻度は剣道部と蹴球部で約18%であったが、女子のそれは、剣道部で36%、管弦楽部で39%で男子の2倍またはそれ以上であった。庭球部男子のSOAEは少なく11耳中に1耳であった。

S-D校では頻度は剣道部と庭球部で6%と8%であったが、女子ではそれぞれ29%と40%であり5倍も頻度が高かった。女子のみの茶道部および吹奏楽部で頻度は40%台で、両部の間に著しい差はなかった。

その他の部の結果も表6の通りである。男子または

図10 K-D校(2)におけるクラブ活動部別のSOAEの周波数分布

女子の部員数が10名以下の部は部の個別評価が困難であった。2校全部員でSOAEの発現頻度をみると、335耳中96耳に検出され頻度は29%であった。頻度は男子が150耳中21耳、14%で、女子が185耳中75耳、41%で

図11 S-D校におけるクラブ活動部別のSOAEの周波数分布

あり、女子が男子より3倍高かった。

2) SOAEの周波数分布

一次処理したパワースペクトラムからSOAEの周波数を読みとった。2校各部のSOAEの周波数はおおむね1.0kHzから4.0kHzに偏って分布していた(図9, 10, 11)。K-D校の管弦楽部およびS-D校の吹奏楽部のSOAEの周波数分布のピークは1.5kHzにあった。茶道部における低音域の分布はやや不規則であったが、ピークは3kHzにあった。K-D校(1, 2)の剣道部のSOAEは5.0kHzおよび6.5kHzにも分布していた。2回の調査(1, 2)を受け、追跡調査が可能であった被験者15名30耳のSOAEは10耳中3耳で消失し、20耳中1耳に出現した。

考 察

自記オーディオグラム上に小さいディップ型の変動がみられる症例に遭遇することはさほどまれなことではない。騒音性難聴はオーディオグラム上のc⁵ディップから始まる場合が多く、曝露音圧の上昇や音響負荷の持続によってc⁵ディップないし高音障害から周波数全域への難聴型に進行することが知られている⁴⁾。また、

頭部の打撲によっても音響曝露に似た聴力障害が起こることも報告されている⁴⁾。通常のオクターブ聴力検査に比べ、より周波数連続的な検査を行うと、音響障害の初期像が必ずしもc⁵ディップに限られてはいないことが古くから示されている⁹⁾。この点は本邦でも検討され、同様な知見が得られている¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾。中学生の吹奏楽部員や高校生の剣道部員の自記聴力検査において小ディップが高率であることが報告されている⁶⁾¹³⁾。

小ディップの成因は明らかではないが、自記オーディオグラム上の発現に影響を及ぼす因子として、一過性閾値上昇や聴覚の微細構造が考えられる。自記オーディオメトリにおいて、周波数が1~1/2 Oct/分で連続的に上昇する刺激と一過性閾値上昇との関係の有無は検討を要する課題の一つではあるが、本研究では刺激に断続音を用いることによって一過性閾値上昇の影響を避けるようにした。聴覚の微細構造は蝸牛内微小機械系の変換過程において存在することが示されており、この微細構造の振幅は6dB程度の閾値変化である¹⁶⁾。本研究で規定した小ディップの大きさは10dB以上であるので、微細構造そのもので小ディップを説明することはできない。測定中の被験者の瞬時の睡眠は時に小ディップ様の変動を呈するが、この点は検査中の被験者の監視と描出されつつあるオーディオグラムのパターンの観察により、あるいは必要によって再検することにより除外できた。

本研究における検査結果の検討では小ディップの基部の幅を1オクターブ以内と規定したにもかかわらず、ディップを有する耳の頻度は各クラブ活動部で高率であった。冬期に行ったK-D校の第1回調査における蹴球部で68%と突出して高率であったのは、当日の稽古は中止させて検査を行ったものの、前日までの激しい練習に対して休憩時間が不十分であったためかと思われる。S-D校の茶道部で30%であったほかは各部で40%~55%の頻度であった。小ディップの大きさを10dB以上から15dB以上にして検討すると、K-D校では30%~40%と比較的安定した範囲の頻度となり、S-D校では茶道部以外の部で約20%となった。茶道部では40耳中12耳から1耳のみに激減し、大部分が10dB~15dBの大きさの小ディップであったことを示していた。15dB以上の小ディップでみると、地域差ないし学校差があること、また騒音または衝撃音に曝露されない茶道部では小ディップが少ないことが分かった。

小ディップの周波数分布は調査対象のほとんどのクラブ活動部において高音域に偏っており、分布のピークは7kHzないし7.5kHzにあった。15dB以上のディップに対する周波数分布をみても、同様に高音域への偏りがあった。騒音性難聴の初期像や軽度の音響外傷がc⁵ディップあるいは高音域低下であり¹¹⁾、しかもc⁵ディップといえども実際の聴力損失は4000Hzに限局せずその近辺あるいはそれより高域に散在していること¹³⁾などの知見からすると、小ディップが高音域に偏在していることはそれらのディップが音響障害の前駆的な自記聴力像であるかも知れないという考えに対立するものではない。S-D校の庭球部と茶道部では小ディップは1kHzから8kHzの間に比較的播種様に分布し、ディップ数の大半は10dBから15dBの間の大きさの小ディップであった。茶道部では15dB以上のディップは40耳中1耳、たったの1個であった。

青少年のヘッドホンやイヤホン使用による聴器障害に関心が寄せられ、アンケート調査による調査も行われている¹⁵⁾。症例報告はあるにもかかわらず、アンケートの結果では関係は明らかではない。まず第1には易傷性の個体差が大きいためであろう。次いで、曝露条件の差が問題である。オーディオ機器による難聴を診断する条件は多種多様である。オーディオ機器の使用状況は各人各様で分類整理することもなかなか容易ではない。本研究の結果においては、S-D校の庭球部では小ディップの59%が、茶道部では50%がイヤホン使用の経験がある耳のディップであった。茶道部などではクラブ活動において部員が強低音に曝露されることは考え難く、茶道部員50%のイヤホン使用は小ディップの成因を考える上に興味深い結果である。しかし、ヘッドホンやイヤホンなどのオーディオ機器と小ディップとの因果関係の有無について言及するためには、機器使用時の音響曝露の音圧、時間、頻度、期間などの詳細な検討による追求が必要である。

1978年、Kemp¹⁶⁾によって初めて報告されたEOAEは、外有毛細胞の伸縮性¹⁷⁾に連係した代謝依存性の基底板振動¹⁸⁾の外・中耳の漏洩と考えられている。EOAEを蝸牛機能検査として臨床応用しようとする多くの試みの中、音響易傷性の予知にも役立つ可能性が示唆されている⁹⁾。EOAEの持続時間が延長することが純音オーディオグラム上にディップ型聴力損失を有する耳では95%と極めて多いことや、一側性ディップ症例の健側でも90%と多いことより、そのようなEOAE、すなわちC-EOAEが音響曝露に対する聴器

の易傷性の素因を表現するものではなからうかと考えられている¹⁹⁾。

本研究の対象のクラブ活動部ではC-EOAEの頻度は42%から64%で、以前の報告による10歳代の頻度の平均値50%⁹⁾の上下十数%の範囲にあった。また、2つの中学校吹奏楽部員のC-EOAEの頻度は52%および56%であり⁹⁾、中学校および高校の各部の対象ごとの総数における頻度がおしなべてこの範囲内になることは素因であるという示唆に矛盾するものではなかった。10dB以上の小ディップのある耳とC-EOAEのある耳との間には各部において強い連関があった。小ディップとC-EOAEの場合の連関度、すなわち前述のユールの連関係数Qは0.68から0.87の範囲にあり、2つの中学校吹奏楽部のQ値、0.79および0.69と同様に連関は強かった。しかしこの場合、小ディップの規定については基部の幅の上限を中学校の対象では2オクターブ、今回の高校の対象では1オクターブによって検討されている。したがって、ディップの頻度の正確な数値を比較することは難しいが、両者におけるディップの有無とC-EOAEの有無の連関については条件付で比較することが可能であろう。中学校における成績および、本研究の成績では小ディップとC-EOAEの連関は強く、ディップの有無に関係なく学校ごとの対象全体でみると40%~50%の頻度であり、また、中学生の追跡調査でC-EOAEの変化がほとんどみられなかったことなどから、C-EOAEが素因を表わしているであろうという示唆を支持できる。

正常聴力耳におけるSOAEの頻度は以前には30%前後という推測がなされていたが、約40%という報告もある²⁰⁾。SOAEの頻度には年齢要因が関係し、10歳以下では52%で年齢の上昇と共に低下し、50歳から70歳の間では18%となり、10歳代から20歳代の間は約38%と報告されている²¹⁾。本研究の全対象におけるSOAEの頻度は29%で報告された欧米における成績より約10%低い。本邦における以前の報告では30%以下であり²²⁾日本人のSOAEの発現頻度は欧米人より低いと考えられる。

SOAEの発現頻度には性差があり、女性に多く、男性群の頻度は女性群の約半数という報告もある²⁰⁾²¹⁾。女性の頻度が高いことはオリブ蝸牛神経束による遠心性調節の性差によることが考えられているが²³⁾、今のところそれを説明できる実験的な確証はない。本研究の全対象における男子のSOAE発現頻度は14%、女子の頻度は41%で男子の3倍であった。部別の検討で

は、男女それぞれの耳数が10耳以上の部で頻度40%以上を示したのはK-D校第1回調査の剣道部、S-D校の茶道部および吹奏楽部でいずれも女子であった。SOAEの多い周波数は0.5kHzから9kHzに至る広い範囲に分布しており、平均周波数は2.4kHzで性差はほとんどないことが報告されている²⁰⁾。この報告では周波数の中間値は男性で1.7kHz、女性で1.8kHzである。本邦の報告でも1kHzから2kHzの間に多い周波数分布が示されている²⁴⁾²⁵⁾。

動物の耳から50dB SPLにも達する強大なSOAEが聴取記録された報告がある。Reggeroら²⁶⁾は生後5カ月のアメリカエスキモー犬の右耳からの持続性発振を記録し、聴性脳幹反応および等抑圧曲線で聴力との関係をみたところ、聴力の正常と障害の境界の周波数部位にSOAEが存在していた。Ruggeroら²⁷⁾はSOAEの成因として基板上に配列した外有毛細胞のフィードバック単位の破綻による境界部の振動の異常亢進を考えている。ヒトのSOAEにおいても10ct/分のスピードによる自記オーディオメトリでは27耳中12耳に、1/8 Oct/分の自記オーディオメトリでは8耳中7耳でmicro-dipとSOAEの周波数が一致していたという報告がある²⁵⁾。本研究では対象とした大部分のクラブ活動部において、1/2 Oct/分で行われた自記オーディオメトリの小ディップの周波数は7kHzまたは7.5kHzにピークをもつ高音域に分布しており、SOAEは1kHzないし2kHzに多い分布を示していた。この結果からは、両者が極めて対照的な周波数分布を呈しており、関連性は低いと言わざるを得ない。しかし、対立する上述の報告もあり、SOAEの成因が十分に明らかにされていない今日、本研究の結果において小ディップの関連性が低いからといって小ディップと微細な音響障害の関係を疑う根拠の一つになるとは言えない。

総 括

1. 地域の異なる2高校のクラブ活動部員の聴覚検査において、10dB以上の小ディップが学校別または部別に関係なく高頻度に認められた。小ディップの周波数分布は高音域に偏しており、追跡調査でも同様な周波数分布が認められた。15dB以上の小ディップでみると頻度は低下し、茶道部では激減した。イヤホン使用者を除外すると小ディップ数は吹奏楽部以外でおおむね半減したが、周波数パターンからは両者に関連があるとは言えなかった。

2. S-OAEのある耳の頻度は、両校部員で追跡調査も含めともに30%に近く、女子で2倍以上も多いという性差もみられ、従来の報告と矛盾しなかった。S-OAEと小ディップの周波数分布における対応はなかった。

3. 管弦楽部や吹奏楽部でC-EOAEと小ディップの関連は強く、以前の中学生の調査結果と共に、C-EOAEが音響障害の易傷性に関係があるという説が支持された。しかし、小ディップが音響による内耳障害の前駆的な症状かどうかについて、あるいはC-EOAEが易傷性の素因であるかどうかについては、現段階では十分に明らかではなく、さらに追究が必要である。

文 献

- 1) 佐藤恒正, 調所廣之, 山本賢之, 白倉真人: ディスコ難聴とその周辺—アンケート調査のまとめ—. *Audiology Japan* 29: 171-182, 1986.
- 2) 加藤栄司, 東野哲也, 外山勝治, 森満 保: 某高等学校剣道部員の純音聴力検査成績. *Audiology Japan* 36: 711-712, 1993.
- 3) 内藤永恵, 田中康夫, 井上庸夫, 棚本美紀: 剣道によると思われる1症例とその弟たちの聴力像について. *耳展* 38: 425-429, 1995.
- 4) Ward WD: The identification and treatment of noise-induced hearing loss. *Otolaryngol Clin North Am* 2: 89-110, 1969.
- 5) Tanaka Y, Suzuki M, Inoue T: Evoked otoacoustic emissions in sensorineural hearing impairments: Its clinical implications. *Ear and Hearing* 11: 134-143, 1990.
- 6) 井上庸夫: 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. *日耳鼻* 97: 75-83, 1994.
- 7) 西田裕明, 田中康夫, 鈴木純一: 誘発耳音響放射測定プローブN-1. *Otol Jpn* 2: 349-359, 1992.
- 8) 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.
- 9) Dishoeck HAE von: The continuous threshold or detailed audiogram for recording stimulation deafness. *Acta Oto-Laryngol Suppl* 76: 183-192, 1949.
- 10) 上野正一郎: AudiogramにおけるC⁵ dipに関する臨床的研究. *日耳鼻* 61: 1547-1555, 1958.
- 11) 武藤二郎, 木村喜久雄, 牧野聡太郎: 職業性難聴の長期観察. *日耳鼻* 71: 1296-1305, 1968.
- 12) 志多 享: 騒音難聴管理上の常識. *耳鼻臨床* 72:

- 454-460, 1979.
- 13) 田中康夫, 井上庸夫, 仁木博文, 井上良江, 佐竹 究, 他: 某高校剣道部員における自記オーディオメトリおよびEOAE測定結果. *Audiology Japan* 38: 183-188, 1995.
 - 14) Ylikoshi J: Audiometric configurations in acute acoustic trauma caused by firearms. *Scand Audiol* 16: 115-120, 1987.
 - 15) 三宅晋司, 大橋正實, 土田伸子, 橋 祐子: 高校生におけるヘッドホン聴聴の調査. *Audiology Japan* 29: 152-157, 1986.
 - 16) Kemp DT: Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J Acoust Soc Am* 64: 1386-1391, 1978.
 - 17) Brownell WE, Bader CR, Bertrand D, DeRibaupierre Y: Evoked mechanical responses of isolated cochlear outer hair cells. *Science* 227: 194-196, 1984.
 - 18) Mountain DC: Electromechanical properties of hair cells. *Neurobiology of Hearing: The Cochlea*, ed. by Altschuler RA, Bobbin RP, Hoffman DW. Raven Press: pp 77-90, 1986.
 - 19) Tanaka Y, Inoue T, Tokita N: Continuity of otoacoustic emissions in ears with dip type hearing loss. *Proc Japan Acad* 64 B: 311-314, 1988.
 - 20) Penner MJ, Glotzbach L, Huang T: Spontaneous otoacoustic emissions: Measurement and data. *Hearing Research* 68: 229-237, 1993.
 - 21) Bonfils P: Spontaneous otoacoustic emissions: clinical interest. *Laryngoscope* 99: 752-756, 1989.
 - 22) 菅澤 正, 野村恭也, 村田計一, 南 定雄: 自発耳音響放射に対する外来音, 薬剤負荷. 日本音響学会聴覚研究会資料 H-88-34: 1-7, 1988.
 - 23) McFadden D: A Speculation about the parallel ear asymmetries and sex differences in hearing sensitivity and otoacoustic emissions. *Hearing Research* 68: 143-151, 1983.
 - 24) 仙波哲雄, 菅澤 正, 室伏利久, 野村恭也, 村田計一: 自発耳音響放射—聴力疾患との関係—*Ear Res Jpn* 18: 390-391, 1987.
 - 25) 阿部 隆, 立木 孝, 村井和夫, 近 芳久, 伊藤俊也, 他: s-OAE と微細な聴力障害. *Audiology Japan* 35: 439-440, 1992.
 - 26) Ruggero MA, Kamek B, Rich NC: Spontaneous otoacoustic emissions in a dog. *Hearing Research* 13: 293-296, 1984.
 - 27) Ruggero MA, Rich NC, Freyman R: Spontaneous and impulsively evoked otoacoustic emissions: Indicators of cochlear pathology? *Hearing Research* 10: 283-300, 1983.
-
- 本論文の趣旨は Effects of Noise on Hearing: Vth International Symposium (Gothenburg), XXII International Congress of Audiology (Halifax), 第56回耳鼻咽喉科臨床学会, 第39回日本聴覚医学会, 第4回日本耳科学会, 第57回耳鼻咽喉科臨床学会において, 研究段階にしたがい分割して発表した。
- なお, 本研究は文部省科学研究費補助金(課題番号 06671730)に負うところが多く, ここに付記して謝意を表します。
-
- (1995年11月8日受稿 1996年2月1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 井上良江

A 99-0445-20588

日耳鼻

話速変換装置による話速遅延の高齢難聴者に対する効果

渡部一雄 (東医大)

NHK と東京医科歯科大学耳鼻咽喉科学教室で開発した「高品質リアルタイム話速変換装置」は、話声の品質を損なうことなく、緩徐な話速に変換できる。この装置で処理した日本語音が、高齢難聴者にとって聴き取り易いものかどうかについて検討した。日常会話短文および無意味短文を、原音と延長処理した音声で、高齢難聴者に聴かせたところ、この装置で処理した文の正答率は、有意味文、無意味文とも、原音に比べて有意に高かった。さらに、同内容の文を話速を換えて再度聴かせて検討したところ、延長処理した文の方が印象に残る度合いが大きく、理解されやすいことが示唆された。本装置は高齢難聴者の補聴システムとして期待できるものである。

A 99-0454-32860

日耳鼻

卵白アルブミン感作マウスによる鼻アレルギー病態の解析

——肥満細胞欠損型マウスおよび免疫抑制剤

投与後の変化について——

渡辺雅子・朝倉光司・斎藤博子・形浦昭克

(札幌大)

WBBF16-+/+マウス (+/+) およびその肥満細胞欠損マウス WBBF16-W/W^v (W/W^v) に対して、卵白アルブミンによる全身および点鼻感作を行った。両マウスとも同程度の PCA 抗体価を認めたのに対し、W/W^v マウスでは+/+マウスに比して抗原誘発後の好酸球浸潤は少なく、鼻症状およびヒスタミン過敏性はやや亢進していた。+/+マウスにおける鼻腔灌流液中ヒスタミンおよび IL-5 は、抗原誘発後有意に上昇した。CsA を前投与すると、両マウスでの抗原誘発後の鼻症状は抑制され、PCA 抗体価は抑制されなかった。+/+マウスでの好酸球浸潤およびヒスタミン、IL-5 の上昇は CsA で有意に抑制された。

A 99-0417-51010

日耳鼻

上咽頭の粘膜上皮分布の組織学的検討

——剖検10症例について——

永井浩巳 (北里大)

上咽頭は、鼻腔と中咽頭の境界に位置し、耳管により中耳腔と交通し、粘膜上皮は線毛上皮、移行上皮、扁平上皮から構成される。今回、剖検10症例を用いてその上皮分布を検討した。個々の症例では、各部位ごとで各上皮の出現頻度が異なり、個体差も大きく、上皮の分布における左右の対称性も認められなかった。そこで、10例を重ね合わせて、上皮分布が全体として規則性があるかを検討した。鼻腔側で線毛上皮が、咽頭側で扁平上皮が多くを占め、移行上皮が両者の間にモザイク様に分布する傾向を認めたが、Ali が報告したような整然とした直線的区画をもつ模式図化された分布ではなかった。

A 99-0432-23572

日耳鼻

高校生における自記オーディオグラム上の

小ディップに関する研究

井上良江・井上庸夫・田中康夫 (獨協医大越谷)

地域の異なる2つの高等学校のクラブ活動の教部、すなわち剣道部、蹴球部、庭球部、管弦楽部、吹奏楽部、茶道部の聴覚検査および耳音響放射の測定を行った。自記オーディオグラム上の小ディップは比較的高頻度で認められ、小ディップを持つ耳の頻度はすべての部で30%~53%の間であった。茶道部員の小ディップはほとんどすべてが10dB から15dB の間の大ききであった。茶道部以外の部員の小ディップは高音域に分布していた。問診結果のイヤホン使用と小ディップのある耳との間には関係があるとは言えなかった。自発耳音響放射の周波数分布は低域に偏っており、小ディップの分布との対応は少なかった。持続性の耳音響放射のある耳と小ディップのある耳の関連度は高かった。