

# Clinical Usefulness of Electrical Promontory Test

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/8377">http://hdl.handle.net/2297/8377</a>

## 電氣的鼓室岬角検査の臨床的意義に関する研究

金沢大学医学部耳鼻咽喉科学講座 (主任: 古川 俊教授)

佐藤 達 宏

(平成4年5月27日受付)

人工内耳の最も重要な適応条件は、聴神経が活動しラセン神経節細胞が残存していることである。この神経節細胞残存の有無は、現在電氣岬角検査 (promontory test, PT) でなされる。しかし従来の報告では PT で測定される最小可聴閾値, threshold level, 最大快適閾値, comfortable level, その両者の差, dynamic range は各症例の個体差が大きく単独ではラセン神経節細胞の残存程度と一致しない。また人工内耳の術後成績とも一致しない。そこで今回従来の検査項目に加え、PT で得られた各周波数ごとの D/C を算出し、これらを合計した値 (D/C 総和値) を新たなパラメータとして難聴の種類、程度、期間との関係を検討した。対象は正常聴力例20耳を含む99例、105耳でそのうちわけは、内耳性難聴38耳、聴神経腫瘍19耳を含む神経性難聴20耳、原因不明難聴27耳であった。PT 陽性率は、正常聴力例90%、内耳性難聴例82%、神経性難聴例56%、原因不明難聴例89%であった。この結果より、PT は難聴障害部位診断に有効な検査で、特に聾患者の障害部位診断には従来良い検査法がなかっただけに有効であると考えられた。各疾患ごとの D/C 総和値は、正常聴力例 $2.70 \pm 0.72$ 、内耳性難聴例 $1.78 \pm 0.74$ 、神経性難聴例 $1.24 \pm 0.66$ 、原因不明難聴例 $1.90 \pm 0.70$ であった。内耳性難聴例、神経性難聴例は正常聴力例に比し有意な差を認めた ( $P < 0.05$ )。また内耳性難聴でもラセン神経節細胞残存が多いと言われている突発性難聴、メニエール病とラセン神経節細胞残存が少ないと言われている慢性中耳炎による細菌性迷路炎、髄膜炎による内耳炎とを比較し有意な差を認めた ( $P < 0.05$ )。この結果から D/C 総和値がラセン神経節細胞の残存程度をある程度反映していると推測された。聴力レベルと D/C 総和値との関係は聴力正常群と聴力スケールアウト群とで有意な差を認めた ( $P < 0.05$ )。失聴期間ごとの D/C 総和値は、失聴期間が長くなるほど D/C 総和値が低い値となり、1年未満群、1~10年群、11年以上群とでそれぞれに有意な差を認めた ( $P < 0.05$ )。一般的に内耳性難聴では、失聴期間が長くなるほどラセン神経節細胞および蝸牛神経ニューロンの2次的変性がすすむと言われており、この結果からも D/C 総和値は神経の変性程度を反映していると推測された。これらの結果から PT は感音性難聴の鑑別診断、感音性難聴の障害の程度、即ちラセン神経節細胞残存数の定量化に役立つものと考えられた。また人工内耳の術後成績の推定がある程度可能になるものと考えられた。

**Key words** cochlear implant, promontory test, D/C summation, spiral ganglion

音は外耳道から入り、中耳、内耳を経て聴神経の活動を促し、大脳の聴皮質に伝えられるが、この聴覚路のどこに障害が起きても難聴が生ずる。難聴は周囲の人々とのコミュニケーション障害ばかりでなく、社会に対する引っ込み思案から孤独感を抱き精神面でも影響を与え、とりわけ高度難聴や聾の場合には会話が全く不可能となり日常の社会生活に与える支障は大である。このような難聴、特に内耳に生じた高度感音性難聴や聾に対してはこれまでは、補聴器効果もなく適切な治療方法はなかった。近年、高度難聴者に対し内耳の機能、すなわち音の分析とそれに基づいた刺激電流の発生を代行するための人工内耳が開発された。これは内耳に挿入された特殊な電極を介して残存している聴神経を電氣刺激することによって音感を認知させようとするものである。Djourno ら<sup>1)</sup>は、1957年に蝸牛神経の直接電氣刺激を行い音感覚が得られたと発表した。1966年に Simmons ら<sup>2)</sup>は6個の複合電極の蝸牛内移植を行い、10~300Hz以下の電氣刺激で音感覚が得られ、刺激電流の増加に伴い自覚的な音の大きさも増大したと発表した。1970年代か

らは、欧米諸国で実用段階に入り3000例以上の臨床応用が報告され<sup>3~7)</sup>、我が国でも数年前から臨床応用が試みられており<sup>8~10)</sup>、人工内耳は聾患者に新たな喜びを与え、今世紀における耳鼻咽喉科学の最大のトピックスとして位置づけられている。

しかしながら人工内耳の適応は必ずしも広くない。現行我国における人工内耳の適応条件として、補聴器を用いても言語を判別できない両側高度難聴者であること、聴神経が活動しラセン神経節細胞が残存していること、画像診断で蝸牛内に人工内耳の電極を植え込むだけの十分なスペースがあること、言語習得後の難聴者であることとされている。最も重要な適応条件とされている、内耳ラセン神経機能の残存の有無は、現在電氣鼓室岬角検査 (promontory test, PT) でなされる。しかし、PTの臨床的意義と意味付けについては不明の点が多く、各種の難聴におけるデータも少ないのが現状である。PTの検査結果は音感覚の有無、周波数弁別能、ギャップ弁別最短時間、聴覚が得られる最小電流 (threshold level, T値)、苦痛を伴わず快適な

Abbreviations: ABR, Auditory brainstem response; COM, Chronic otitis media; C値, comfortable level; D値, dynamic range; PT, promontory test; SO, scale out; T値, threshold level

音感を得る最大電流 (comfortable level, C値), 及びその両者の差 (dynamic range, D値,  $D=C-T$ ) で表される。しかし、従来の報告ではこれらのT, C, D値は単独ではラセン神経節細胞の残存程度と相関せず、人工内耳の術後成績とも一致しない。また、難聴の種類との相関も得られていない。そこで本研究は、各種の難聴におけるPTを行い、従来用いられている音感覚の有無、周波数弁別能、ギャップ最短弁別時間に加え、難聴の種類、程度、期間とPT検査結果との関係を新たなパラメータを用いて検討を加えることにした。

対象及び方法

1. 対象

聴覚正常者として20例20耳を対象とした。年齢は28歳から73歳(平均46.5歳)で、うちわけは男性9名女性11名であった。いずれも全員両耳とも鼓膜所見は正常、聴力は純音聴力検査にて4分法による平均聴力域値(500Hz, 1KHz, 2KHzの各気導聴力域値をそれぞれa, b, cとすると  $(a+2b+c)/4$  で表した域値)が30dB以内であった。

難聴対象例として79例85耳を対象とした。そのうちわけは、感音性難聴としてその原因が臨床的に各種検査で明らかに内耳性であると診断された突発性難聴19例19耳、メニエール病2例2耳、慢性中耳炎による細菌性迷路炎10例10耳、髄膜炎による内耳炎4例4耳、内耳梅毒1例2耳、薬剤性難聴1例1耳であった。またその原因が内耳性か神経性かが不明と言われている感音性難聴として、両側先天聾3例6耳、若年性・先天性一側聾6例6耳、進行性感音性難聴14例14耳、頭部外傷1例1耳であった。感音性難聴でも神経性(後迷路性)が原因である聴神経腫瘍17例19耳(一側性15耳, 両側性4耳)、小脳橋角部腫瘍(舌下腺腫瘍転移例)1例1耳も対象とした(表1)。

II. 方法

1. 測定装置

刺激装置として、プロモントリ・スティムレータ・ユニット Z10012 (コクレア社, シドニー, 豪洲)を用いた。図1に、装置のブロックダイアグラムを示す。このユニットの回路抵抗表示器によって刺激電極の接着状態が確認できる。刺激信号として二相性パルスの電流バーストを持続時間500msecで1秒間に1バーストの割合で与えた。刺激電流は、0から500 $\mu$ Aの間で連続的に可変であり、パルスの周波数として50, 100, 200, 400, 800Hzが選択可能である。

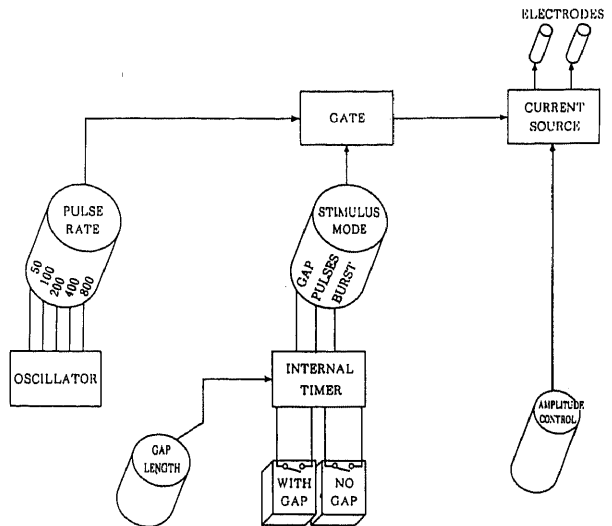


Fig. 1. The block diagram of the promontory stimulator is shown. The electrical stimuli are given from "CURRENT SOURCE" through "ELECTRODES". The current amplitude is controlled by "AMPLITUDE CONTROL" and the current wave form is controlled by "PULSE RATE" and "STIMULUS MODE", these two control units are connected to common "GATE".

Table 1. Etiology of patients

Etiology	Tested ears
Normal hearing	20
Sensory hearing loss	38
Sudden deafness	19
Bacterial labyrinthitis (COM)	10
Meningitis	4
Meniere's disease	2
Labyrinth syphilis	2
Drug induced	1
Neural hearing loss	20
Acoustic neuroma	19
Unilateral	15
Bilateral	4
Other cerebello-pontine angle tumor	1
Unknown	27
Bilateral congenital	6
Unilateral deafness	6
Progressive hearing loss	14
Head trauma	1

COM, Chronic otitis media

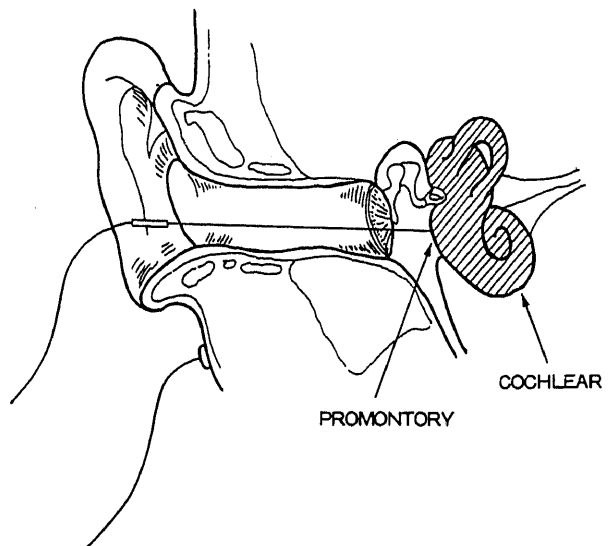


Fig. 2. The schematic drawing of the promontory test is shown. The stimulating electrode, which is electrically shielded except its tip, is inserted through the tympanic membrane and put on the promontory as close to the round window as possible. The saucer shaped non-stimulating electrode is put on the skin posterior to the auricle.

## 2. 測定方法

被検者検側鼓膜をテーカインに浸した小綿球にて約10分間表面麻酔後、刺激針電極を鼓膜に刺入し針電極の先端を岬角表面に固定する(図2)。刺入部位は、鼓膜の後下象現で鼓膜輪に近く、可及的に正円窓に近い部位である。不関電極として銀皿電極を同側乳突部に置いた。

## 3. 測定項目

## 1) 音感覚の有無

刺激周波数 50Hz で、刺激電流を徐々に増加させてゆき音感覚が得られたか、得られなかったかを検査した。音感覚が得られた例を PT 陽性、音感覚が得られず痛みだけを感じた例を PT 陰性とした。

また、音感覚が得られず痛みだけを感じた例、または振動感覚のみの例は、必ずもう一度刺激針電極の刺入部位を変えて検査した。

## 2) 最小可聴閾値 (T), 最大快適閾値 (C) の測定

PT 陽性例に対して、各周波数 (50, 100, 200, 400, 800Hz) ほどの音感覚が得られる最小電流値を最小可聴閾値 (T), 苦痛を伴わず快適な音感覚が得られる最大の電流値を最大快適閾値 (C) と定めそれぞれの閾値を測定した。

## 3) 異なる刺激周波数の弁別能

PT 陽性例に対して、50, 100Hz で測定された C 値を使ってそれぞれの周波数信号が、同一に聞こえるかそれとも違った音に聞こえるかを尋ね、周波数弁別が可能な例を陽性とし、できなかった例を陰性とした。

## 4) 2音間のギャップ最短弁別時間

PT 陽性例に対して、100Hz の C 値で 2音間のギャップ時間を 250, 200, 150, 100, 50, 40, 20msec と短くすることによって 2

音として弁別可能な最短のギャップ時間を測定した。

## 5) 音感覚の種類

PT 陽性例に対して、どのような音感覚が生じたかその種類を口頭、又は筆記にて答えてもらった。

## III. 統計学的処理

得られた数値はすべて平均値±標準偏差で示した。二群間の平均値の差の検定には Student t 検定を用い、多群間の平均値の差の検定には一元配置分散分析後 Scheffé 法を用いた。なお、危険率 5% 以下を統計学的に有意差ありとした。

## 成 績

## I. 正常聴力例のプロモントリーテスト

## 1. PT 陽性率

正常聴力例 20 耳中 PT 陽性耳は、18 耳で陽性率は 90% であった。陰性耳 2 耳は、それぞれ 30 歳女性、40 歳男性で振動感覚のみであった(表 2)。

## 2. 各刺激周波数の T, C, D 値と各刺激周波数別陽性率

表 3 に各刺激周波数の平均値と標準偏差を示した。T, C 値とも 50Hz で反応閾値が最も低く良好でそれぞれ刺激周波数の増加に伴って閾値が上昇した。そして D 値は、ほぼ一定した値をとる傾向を示した。しかし個々の値のパラツキが多くそのために標準偏差が大きい値となった。刺激周波数別陽性率(陽性耳)は、50Hz で 100% (18 耳), 100Hz でも 100% (18 耳), 200Hz で 94% (17 耳), 400Hz で 83% (15 耳), 800Hz で 56% (10 耳) で刺激周波数の増加により陽性率が低下した(図 3)。このことは、50, 100Hz で音感覚が生じたが 200Hz 以降では音感覚が生じなかった例が 1 耳、200Hz まで音感覚が生じたが 400Hz 以降は音感覚が生じなかった例が 2 耳、400Hz まで音感

Table 2. Number of the subjects who recognized auditory sensations by PT classifying into subgroups by etiology

	Auditory sensations present	Percentage	Auditory sensations uncertain	Percentage
Normal hearing	18	90	2	10
Sensory hearing loss	31	82	7	18
Sudden deafness	17	89	2	11
Bacterial labyrinthitis (COM)	7	70	3	30
Meningitis	3	75	1	15
Meniere's disease	2	100	0	0
Labyrinth syphilis	2	100	0	0
Drug induced	0	0	1	100
Neural hearing loss	10	56	8	44
Acoustic neuroma	10	59	7	41
Unitateral	6	46	7	54
Bilateral	4	100	0	0
Other cerebello-pontine angle tumor	0	0	1	100
Unknown	24	89	3	11
Bilateral congenital	6	100	0	0
Unilateral deafness	6	100	0	0
Progressive hearing loss	11	79	3	21
Head trauma	1	100	0	0

COM, Chronic otitis media

覚が生じたが 800Hz で音感覚が生じなかった例が 5 耳であることを示す。

3. D/C 総和値

新しいパラメータとして各刺激周波数ごとの D/C を算出し、これらを合計した値 (Σ D/C, D/C 総和値) を求めた。PT 陽性例 18 耳の D/C 総和値は、 $2.70 \pm 0.72$  であった (表 4)。

4. 周波数弁別陽性率とギャップ最短弁別時間

周波数弁別陽性率は、PT 陽性例 18 耳中 16 耳弁別可能で 89% であった (表 5)。ギャップ最短弁別時間は  $53 \pm 36$  msec であった (表 6)。

II. 内耳性難聴および原因不明難聴のプロモントリーテスト

1. PT 陽性率

各疾患別 PT 陽性率を表 2 に示した。内耳性難聴であるメニエール病 100%、内耳梅毒 100%、突発性難聴 89%、髄膜炎による内耳炎 75%、慢性中耳炎による細菌性迷路炎 70%、薬剤性難聴 0% で平均 82% であった。原因不明難聴では、両側先天性聾 100%、若年性・先天性一側聾 100%、進行性難聴 79%、頭部外傷 100% で平均 89% であった。

2. 各刺激周波数の T, C, D 値と各刺激周波数別陽性率

各疾患別 T, C, D 値は、正常聴力例と同じく個々のバラツキが大きいため内耳性難聴、原因不明難聴の 2 群に分けて検討した (表 3)。正常聴力例と同じく、50Hz で反応閾値が最も良好で刺激周波数の増加に伴って閾値が上昇した。そして D 値は、内耳性難聴で刺激周波数増加に伴って上昇傾向を示し、原因不明難聴で一定した値をとる傾向を示した。各刺激周波数別陽性率 (陽性耳) を、内耳性難聴、原因不明難聴とに分けて検討した (図 3)。内耳性難聴では、50Hz で 100% (31 耳)、100Hz で 94% (29 耳)、200Hz で 84% (26 耳)、400Hz で 52% (16 耳)、800Hz で 23% (7 耳) であった。原因不明難聴では、それぞれ 100% (24 耳)、100% (24 耳)、96% (23 耳)、38% (9 耳)、21% (5 耳) であった。ともに 200Hz までは高い陽性率を示したが 400、800Hz において、特に 800Hz においては低い陽性率であった。

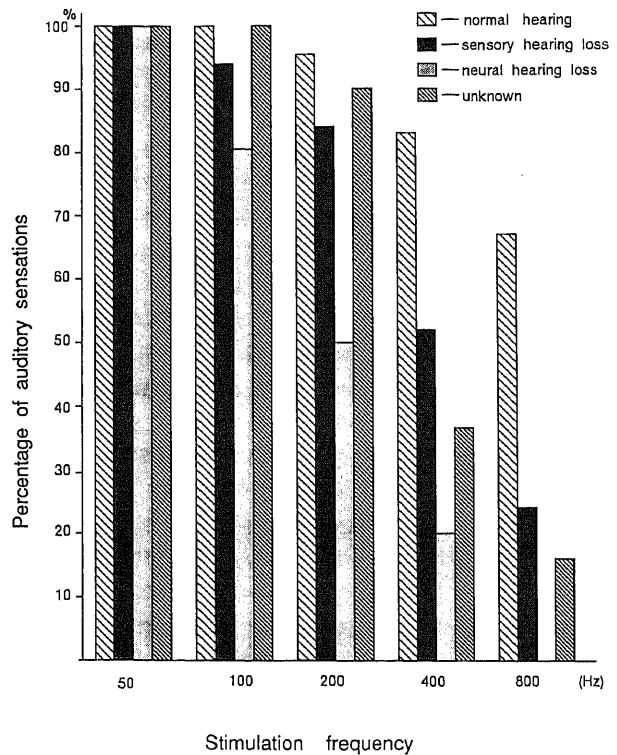


Fig. 3. The relationship between percentage of auditory sensations and stimulation frequency. Longitudinal scale indicates the percentage of subjects who reported auditory sensations caused by the electric stimuli. Horizontal scale indicates the frequency of the electric stimuli of the promontory test. The subjects were analysed dividing into four groups. In each group auditory sensations became less recognized when the stimulating frequency increased.

Table 3. Results of T, C and D-level in four subgroups with normal hearing, sensory hearing loss, neural hearing loss and unknown

		Stimulation frequency (Hz)				
		50	100	200	400	800
Normal hearing	T ( $\mu$ A)	10.7 $\pm$ 11.0	12.1 $\pm$ 13.2	18.9 $\pm$ 29.3	21.1 $\pm$ 5.8	26.8 $\pm$ 8.3
	C ( $\mu$ A)	33.5 $\pm$ 23.7	38.5 $\pm$ 28.8	43.4 $\pm$ 30.7	44.3 $\pm$ 12.5	56.5 $\pm$ 13.2
	D ( $\mu$ A)	22.8 $\pm$ 13.9	26.3 $\pm$ 17.0	24.5 $\pm$ 9.4	23.2 $\pm$ 12.0	29.7 $\pm$ 11.6
Sensory hearing loss	T	11.5 $\pm$ 9.0	14.9 $\pm$ 10.0	30.9 $\pm$ 20.3	46.8 $\pm$ 27.1	66.4 $\pm$ 38.9
	C	28.6 $\pm$ 15.0	34.2 $\pm$ 16.9	57.0 $\pm$ 23.1	78.5 $\pm$ 30.7	105.2 $\pm$ 35.9
	D	17.0 $\pm$ 10.8	19.2 $\pm$ 10.9	26.1 $\pm$ 9.5	31.7 $\pm$ 10.8	38.8 $\pm$ 18.0
Neural hearing loss	T	16.1 $\pm$ 6.9	19.3 $\pm$ 12.7	31.1 $\pm$ 22.2	14.1 $\pm$ 4.6	
	C	33.9 $\pm$ 13.4	39.6 $\pm$ 22.9	51.2 $\pm$ 28.0	35.1 $\pm$ 23.1	
	D	17.8 $\pm$ 7.5	20.4 $\pm$ 13.5	20.1 $\pm$ 8.6	21.0 $\pm$ 18.4	
Unknown	T	10.6 $\pm$ 6.9	15.8 $\pm$ 13.7	26.4 $\pm$ 22.4	28.3 $\pm$ 12.6	39.6 $\pm$ 18.3
	C	28.8 $\pm$ 16.9	36.4 $\pm$ 24.7	48.2 $\pm$ 38.2	48.3 $\pm$ 21.7	64.5 $\pm$ 19.1
	D	18.2 $\pm$ 12.4	20.6 $\pm$ 15.3	21.8 $\pm$ 19.8	20.0 $\pm$ 11.1	24.9 $\pm$ 8.6

Values are mean $\pm$ SD.

T-level, threshold level; C-level, comfortable level; D-level, dynamic range

### 3. 疾患別 D/C 総和値

各疾患ごとの D/C 総和値は、メニエール病 $2.28 \pm 0.07$ 、若年性・先天性一側聾 $2.24 \pm 1.07$ 、突発性難聴 $2.24 \pm 1.07$ 、頭部外傷 $1.83 \pm 0.00$ 、進行性難聴 $1.81 \pm 0.64$ 、内耳梅毒 $1.76 \pm 0.78$ 、両側先天聾 $1.72 \pm 0.46$ 、慢性中耳炎による細菌性迷路炎 $1.28 \pm 0.90$ 、髄膜炎による内耳炎 $1.12 \pm 0.19$ であった(表4)。各疾患とも正常聴力例より低い値で、メニエール病、突発性難聴では比較的高く慢性中耳炎による細菌性迷路炎、髄膜炎による内耳炎で低い値を示した。正常聴力例と慢性中耳炎による細菌性迷路炎では、有意な差を認めた( $P < 0.05$ )。次に内耳性難聴でも、比較的ラセン神経節細胞残存が多いと言われている突発性難聴、メニエール病の聴力スケールアウト(scale out, SO)例9耳とラセン神経節細胞残存が少ないと言われている慢性中耳炎による細菌性迷路炎、髄膜炎による内耳炎の聴力 SO 例8耳とを比較した。その結果、突発性難聴、メニエール病群は、 $1.97 \pm 0.58$ 、慢性中耳炎による細菌性迷路炎、髄膜炎による内耳炎群は、 $1.11 \pm 0.70$ で2群間で有意な差を認めた( $P < 0.05$ )。

#### 2) 聴力レベルと D/C 総和値との関係

内耳性難聴31耳、原因不明難聴24耳を平均聴力レベル(4分法)によって31~60dB, 61~90dB, 91~110dB, SO, の4群に分けそれに正常聴力例20耳(0~30dB)を加え、5群として D/C 総和値との関係を検討した(図4)。31~60dB, 61~90dB, 91~110dB 群は、それぞれ $2.13 \pm 0.43$ ,  $2.00 \pm 0.77$ ,  $2.16 \pm 0.70$ ではほぼ同じ値であった。SO 群は、 $1.69 \pm 0.75$ と他の4群に比べ低く正常聴力群との間に有意な差を認めた( $P < 0.05$ )。

#### 3) 失聴期間ごとの D/C 総和値

内耳性難聴の聴力 SO 例17耳を失聴期間別に1年未満, 1~10年, 11年以上の3群に分け検討した(図5)。1年未満群は

$2.61 \pm 0.19$ , 1~10年群は $1.65 \pm 0.47$ , 11年以上群は $0.78 \pm 0.50$ でそれぞれに有意な差を認めた( $P < 0.05$ )。

#### 4. 周波数弁別陽性率とギャップ最短弁別時間

周波数弁別陽性率は、髄膜炎による内耳炎100%, 頭部外傷

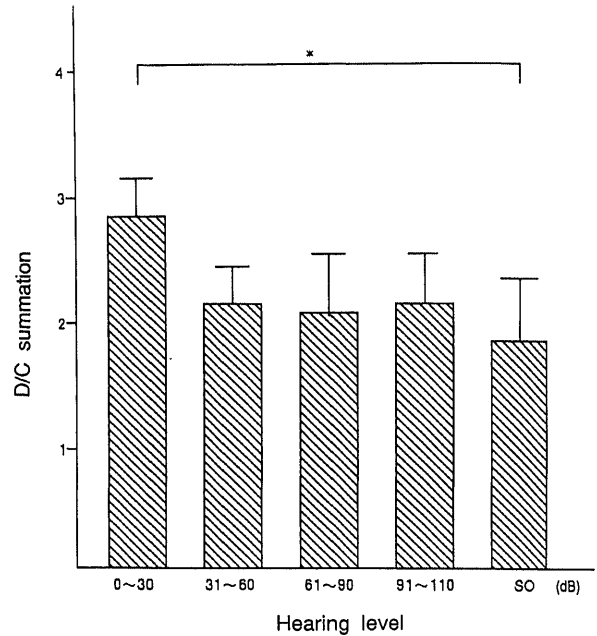


Fig. 4. Comparisons of results of D/C summation with degree of hearing loss in subjects except neural hearing loss. D/C summation differed significantly between the normal hearing group and the SO ( $P < 0.05$ ). SO: scale out (total hearing loss) hearing group

Table 4. Comparisons of the results of D/C summation with etiology of hearing loss

	D/C summation	
Normal hearing	$2.70 \pm 0.72$	
Sensory hearing loss	$1.78 \pm 0.74$	*
Sudden deafness	$2.24 \pm 1.07$	
Bacterial labyrinthitis (COM)	$1.28 \pm 0.90$	*
Meningitis	$1.12 \pm 0.19$	
Meniere's disease	$2.28 \pm 0.07$	
Labyrinth syphilis	$1.76 \pm 0.78$	
Drug induced	—	
Neural hearing loss	$1.24 \pm 0.66$	*
Acoustic neuroma	$1.24 \pm 0.66$	*
Unilateral	$1.21 \pm 0.73$	
Bilateral	$1.31 \pm 0.65$	
Other cerebello-pontine angle tumor	—	
Unknown	$1.90 \pm 0.70$	
Bilateral congenital	$1.72 \pm 0.46$	
Unilateral deafness	$2.24 \pm 1.07$	
Progressive hearing loss	$1.81 \pm 0.64$	
Head trauma	$1.83 \pm 0.00$	

COM, Chronic otitis media

Values are mean ± SD.

\*  $P < 0.05$  VS Normal hearing.

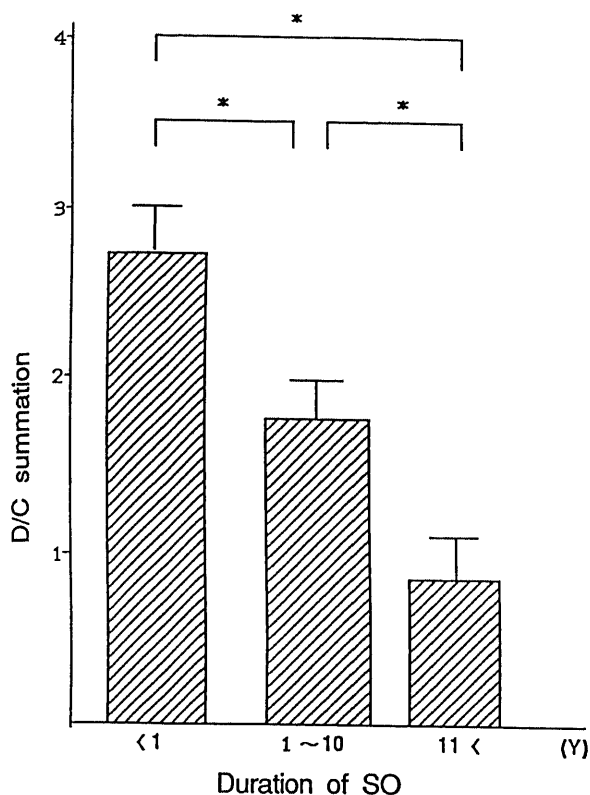


Fig. 5. Comparisons of results of D/C summation with duration of scale out in subjects of sensory hearing loss. D/C summation differed significantly between any two of the three groups classified according to the duration of SO (the below 1 year group, the 1-10 years group, the over 11 years group) ( $P < 0.05$ ). SO: scale out (total hearing loss) hearing group

Table 5. Results of stimulation frequency discrimination with etiology of hearing loss

	Percentage
Normal hearing	89
Sensory hearing loss	77
Sudden deafness	82
Bacterial labyrinthitis (COM)	60
Meningitis	100
Meniere's disease	50
Labyrinth syphilis	50
Drug induced	—
Neural hearing loss	25
Acoustic neuroma	25
Unilateral	14
Bilateral	33
Other cerebello-pontine angle tumor	—
Unknown	58
Bilateral congenital	33
Unilateral deafness	67
Progressive hearing loss	45
Head trauma	100

COM, Chronic otitis media

100%, 突発性難聴82%, 若年性・先天性一側聾67%, 慢性中耳炎による細菌性迷路炎60%, メニエール病50%, 内耳梅毒50%, 進行性難聴45%, 両側先天聾33%で特に両側先天聾が低い陽性率であった(表5)。ギャップ最短弁別時間は、頭部外傷40±0msec, 内耳梅毒50±0msec, 慢性中耳炎による細菌性迷路炎50±30msec, 進行性難聴55±38msec, 若年性・先天性一側聾57±36msec, 髄膜炎による内耳炎57±40msec, メニエール病60±58msec, 突発性難聴68±56msec, 両側先天聾100±116msecでそれぞれを正常聴力例53±32msecと比較検討しても有意な差は認めなかった( $P < 0.05$ )(表6)。

Ⅲ. 神経性難聴(後迷路性難聴)のプロモントリーテスト

1. 聴神経腫瘍

1) PT 陽性率

術前聴神経腫瘍のPT陽性率は、17耳中10耳陽性で59%であった(表2)。また、そのうち一側性が13耳中6耳陽性で46%, 両側性が4耳とも陽性で100%であった。正常聴力例90%, 内耳性難聴例82%に比べ明かに低い陽性率であった。尚、聴神経腫瘍19耳のうち2耳は術後症例で聴神経が切断されていたため当然音感覚は得られずPT陽性率の対象から除外した。さらに一側性聴神経腫瘍のPT陽性例とPT陰性例とを平均聴力(4分法)、腫瘍の大きさ、聴性脳幹反応(auditory brainstem response, ABR)、自記オージオグラム(Jergerの分類)で比較してみた(表7)。平均聴力は、それぞれ45.2±25.4dB, 70.2±30.4dBでPT陽性例のほうが良いが有意な差は認めなかった。腫瘍の大きさも1.6±1.0cm, 2.4±1.4cmとPT陽性例の方が小さいが有意な差は認めなかった。PT陽性例は、ABRで全例反応があった。また自記オージオグラムで

Table 6. Comparisons of the results of gap detection with etiology of hearing loss

	Gap detection (msec)
Normal hearing	53±36
Sensory hearing loss	60±47
Sudden deafness	68±56
Bacterial labyrinthitis (COM)	50±30
Meningitis	57±40
Meniere's disease	60±58
Labyrinth syphilis	50±0
Drug induced	—
Neural hearing loss	86±46
Acoustic neuroma	86±46
Unilateral	110±37 *
Bilateral	47±5
Other cerebello-pontine angle tumor	—
Unknown	64±63
Bilateral congenital	100±116
Unilateral deafness	57±36
Progressive hearing loss	55±38
Head trauma	40±0

COM, Chronic otitis media

Values are mean±SD.

\*  $P < 0.05$  VS Normal hearing.

は、PT 陽性例で 5 耳中 4 耳が正常または内耳性パターン (Jerger の I または II 型) を示し、PT 陰性例で 4 耳中 3 耳が神経性パターン (Jerger III または IV 型) を示した。

### 2) 各刺激周波数の T, C, D 値と刺激周波数別陽性率

T, C 値とも正常聴力例, 他難聴例と同じく 50Hz で最も反応閾値が低く良好で, 刺激周波数の増加に伴って上昇した。また正常聴力例, 他難聴例に比べ T 値が高く, D 値が小さい傾向を認めた (表 3)。刺激周波数別陽性率 (陽性耳) は, 50Hz で 100% (10 耳), 100Hz で 80% (8 耳), 200Hz で 50% (5 耳), 400Hz で 20% (2 耳), 800Hz で 0 (0 耳) であった。正常聴力例, また他難聴例に比べ 200Hz, 400Hz 800Hz で明らかに低い陽性率であった (図 3)。

### 3) D/C 総和値

聴神経腫瘍の D/C 総和値は,  $1.24 \pm 0.66$  で正常聴力例, 内耳性難聴例と比べ低い値であった (表 4)。正常聴力例とは有意な差を認めた ( $P < 0.05$ )。また, 一側性は  $1.21 \pm 0.73$ , 両側性は  $1.31 \pm 0.65$  でやや両側性が高かったが, 有意な差は認めなかった。

### 4) 周波数弁別陽性率とギャップ最短弁別時間

周波数弁別陽性率は, 25% で正常聴力例 89%, 内耳性難聴例 77% に比べ低い陽性率であった (表 5)。また一側性は 14%, 両側性は 33% であった。ギャップ最短弁別時間は,  $86 \pm 46$  msec であった。特に一側性では  $110 \pm 37$  msec で, 正常聴力例  $53 \pm 36$  msec とは有意な差を認めた ( $P < 0.05$ ) (表 6)。

### 2. 他的小脳橋角部腫瘍

聴神経腫瘍を除く他的小脳橋角部腫瘍 1 例 1 耳舌下腺腫瘍転移例では, 音感覚が得られず PT 陰性であった。

### IV. 音感覚の種類

音感覚の種類は, 「ジー」, 「ザー」, 「ゴー」, 「ブーン」などと表現されるが, 個々の症例によって感じ方が異なっていた。同一症例でも周波数の違いにより音感覚や音の高さの異なる場合があった。周波数が増すに従い自覚的に感ずる音の高さも高く

なった。また, どの周波数においても刺激電流が増すに従って自覚的に感ずる音の高さも高くなる傾向があった。

## 考 察

電気を用いて聴覚器を刺激したのは 1800 年の A. Volta<sup>11)</sup> が最初の報告者である。自分の両耳に電極を挿入して通電してみた。瞬間, 頭がグラグラして次にスプーンが煮えたぎるような音がしたという。その後, 数多くの電気聴覚理論が報告されてきた<sup>12)~17)</sup>。電気により聴覚が生ずる原因としては二つの過程が想定されている。1つは electrophonic 効果と呼ばれているもので, 電気エネルギーが機械的な振動エネルギーに置換され, 音刺激によるものと同じ機構で外リンパ液ならびに基底膜の振動を起こし, コルチ器の有毛細胞を興奮させて聴覚を生ずる現象である。もう 1つは, electrical 効果であり電気で直接に神経を刺激することによって聴覚を生ずる現象である。この electrical 効果を利用したのが人工内耳である。人工内耳が普及することにより高度難聴者, 聾患者をその主たる病変部位に対応して内耳障害を主とする内耳性難聴と聴神経の障害による神経性難聴とに鑑別する必要性が生まれてきた。この診断目的のために 1974 年に House と Brackmann<sup>18)</sup> により PT が提唱された。Clark ら<sup>19)</sup>, また Rothera ら<sup>20)</sup> は PT は, 人工内耳手術適応決定には不可欠なものであると報告した。Battmer ら<sup>21)</sup> は PT と蝸電図を組み合わせることで聾耳における障害部位の局在診断が可能であると報告した。また Brackmann ら<sup>22)</sup>, 熊川ら<sup>23)</sup> は PT は半定量的検査であると報告した。一方, PT 陰性例でも人工内耳を行ってみると音感覚を得ることが可能な例があることから必須検査ではないという報告<sup>24)</sup> もあり, また Gantz ら<sup>25)</sup> は, 人工内耳術前の PT の結果と術後の語音聴取能の間にははっきりとした相関はなかったと報告している<sup>26)27)</sup>。

そこで本研究は, PT の有用性, 臨床的意義を明確にするために従来用いられている PT 陽性率, 周波数弁別率, ギャップ最短弁別時間に加え, 新たなパラメータ D/C 総和値を用いて

Table 7. Results of PT and audiological evaluation in subjects of acoustic neuroma.

Unilateral acoustic neuroma												
PT positive							PT negative					
Case No.	Age	Sex	Average hearing level (dB)	Size (cm)	ABR	Bekesy audiometry	Case No.	Age	Sex	Average hearing level (dB)	Size (cm)	Bekesy audiometry
1	44	F	38.8	2.8	Only I wave	I	1	55	M	35	2.0	prolong. IPL I~V wave
2	47	M	15	0.5	prolong. IPL I~V wave	II	2	56	F	51.3	2.0	Only I wave
3	44	F	66	0.7	Only I wave	—	3	62	M	63.8	3.6	no response
4	66	F	77.5	1.5	Only I wave	IV	4	50	F	90	5	—
5	58	F	62	0.8	Only I wave	II	5	69	F	31.3	0.5	Only I wave
6	30	F	11	3.0	Prolong. IPL I~V wave	I	6	53	F	110	2.2	—
							7	39	M	110	1.5	—
Average	48.1		45.2±25.4	1.6±1.0			54.9		70.2±30.4	2.4±1.4		
Bilateral acoustic neuroma												
1	37	F	53.8	3.0	Only I wave	—						
2	37	F	52.5	2.0	Only I wave	—						
3	26	F	38.8	5.0	I wave prolong. IPL I~V wave	—						
4	26	F	17.5	1.5	prolong. IPL I~V wave	—						
Average	31.5		40.7±14.6	2.88±1.34								

M, male; F, female; ABR, auditory brainstem response; IPL, interpeak latency; Only I wave, Only I wave was recognized on ABR. prolong. IPL I~V wave, IPL of I~V wave was prolonged on ABR.



正常聴力例、内耳性難聴例、神経性難聴例、原因不明難聴例に PT を施行しその有用性を検討した。

PT 陽性率は、正常聴力例90%、内耳性難聴例82%、原因不明難聴例89%、神経性難聴例56%で正常聴力例が最も高い陽性率であった。神経性難聴例は、正常聴力例、内耳性難聴例に比べ明かに低い陽性率で、このことは神経性難聴(特に聴神経腫瘍)の蝸牛神経障害の存在を示していると考えられる。正常聴力例の場合、ラセン神経節と神経終末は正常に機能しており、当然陽性率100%が予想されたが20耳中2耳に PT 陰性を認めた。正常聴力例に PT 陰性例が存在することは House ら<sup>18)</sup>によっても報告されており<sup>28)29)</sup>、その機序については、蝸牛内静止電位が刺激電流に干渉しているため、或は針電極の刺激部位の問題ではないかという報告があるが、今のところはっきりとは解明されていない。内耳性難聴例の PT 陽性率82%は、他の報告とはほぼ一致していた<sup>29)30)</sup>。疾患別ではメニエール病、内耳梅毒、突発性難聴が高い陽性率を、慢性中耳炎による細菌性迷路炎、髄膜炎による内耳炎が低い陽性率を示しこの結果も他の報告とはほぼ一致していた<sup>29)</sup>。突発性難聴の陽性率は、19耳中17耳陽性で89%であった。突発性難聴の病理所見として、Schuknecht<sup>31)32)</sup>は蝸牛管、球形囊の虚脱、ラセン器、血管条の変性、蓋膜の変形、その表面の上皮細胞被覆消失などを報告した。このように突発性難聴の病理所見は、内耳病変主体のため高い PT 陽性率を示したものと考えられる。陰性例2耳は、聴力 SO で治癒しなかった例である。治癒しなかった突発性難聴例の側頭骨病理で蝸牛神経炎の所見が認められた例があったという報告がある<sup>33)</sup>。またラセン器の変性、消失に引き続いてラセン神経節細胞の減少がみられることがあるとも言われており<sup>34)</sup>、これらが陰性例の原因であると推測される。メニエール病の病理所見は、内リンパ水腫が主体の内耳病変<sup>35)36)</sup>のため PT 陽性率100%であったと考えられる。内耳梅毒の病理所見は、ラセン器、血管条、蓋膜、ラセン神経節細胞の変性が認められたと報告されている<sup>37)</sup>。今回の症例は、両耳平均聴力 50dB で症状が発現してから3年しか経過しておらず、ラセン神経節細胞変性に及んでいない症例のため PT 陽性率100%であったと考えられる。髄膜炎による内耳炎、慢性中耳炎による細菌性迷路炎は、他の内耳性難聴に比べ低い陽性率であった。この2疾患は、ラセン神経節細胞が障害されやすいと言われており<sup>38)39)</sup>、そのため低い陽性率を示したものと考えられる。また、薬剤性難聴は、一般的にはラセン神経節細胞よりラセン器の障害の方が強いと言われており<sup>40)41)</sup>。そのため高い陽性率が予測されたが、1例1耳に施行し PT 陰性で陽性率0%であった。陰性例は、聴力 SO でまた失聴期間が30年と長く、そのためラセン器の変性、消失に引き続いてラセン神経節細胞の減少がみられ、陰性結果になったものと考えられる。

その障害部位が内耳性か神経性かが不明の難聴では、進行性難聴で陰性例が3例3耳認めただけで他はすべて陽性であった。この結果から障害原因部位は、陰性例3耳を除けば他はすべて内耳性であったと考えられる。このように、PT は障害原因部位診断に有効な検査であり、特に聾患者の障害部位診断には従来良い検査法がなかっただけに有効であった。

神経性難聴例の PT 陽性率は59%で、特に一側性聴神経腫瘍例では46%と低い陽性率を示した。聴覚所見また病理学的所見から聴神経腫瘍の聴覚障害の病態は、蝸牛神経の圧迫による蝸牛神経障害、内耳動脈の圧迫による蝸牛循環障害、内耳リンパ

液の組成変化等が考えられている<sup>42)43)</sup>。しかし、聴神経腫瘍の聴覚障害は極めて複雑であり、症例によっても、また同一症例の異なる周波数によっても聴覚障害の病態には差異があると考えられている。一側性聴神経腫瘍における PT 陽性例と陰性例を比較したところ陽性例の方が平均聴力(4分法)が良く、腫瘍の大きさも小さい傾向がみられた。しかし、陽性例の中にも平均聴力 77.5dB の症例や腫瘍の大きさが3cm の症例が見られたり、陰性例の中にも平均聴力 35dB、31.3dB の症例や腫瘍の大きさが0.5cm の症例が見られ、はっきりとした相関性は認められなかった。自記オージオグラム(Jerger 分類)では、PT 陽性例5耳中4耳が正常または内耳性パターンで PT 陰性例4耳中3耳が神経性を示した。従来、自記オージオグラム等の心理学的聴覚検査では聴神経腫瘍の約50%が内耳性障害のパターンを示すと言われている<sup>46)49)</sup>。今回の結果は、自記オージオグラム等の心理学的聴覚検査において正常、内耳性パターンを示した時は PT 陽性、神経性パターンを示した時は PT 陰性になる傾向が認められた。また、今回の興味ある結果として、一側性聴神経腫瘍は陽性率46%であったが、両側性聴神経腫瘍では2例4耳とも陽性で陽性率100%であった。両側性聴神経腫瘍は聴神経腫瘍全体の約5から10%を占め、特徴ある臨床所見を示すことが知られている。すなわち、一側性聴神経腫瘍に比較すると、両側性聴神経腫瘍は周囲への浸潤傾向が強く、内耳道の骨破壊も高度であり、腫瘍が大きくなっているにもかかわらず、聴力が比較的良好に保存されていることである<sup>49)50)</sup>。今回の結果も一側性聴神経腫瘍に比べ腫瘍が大きにもかかわらず比較的聴力が保たれている傾向が認められた。従って、今回の PT 陽性率の結果からも両側性聴神経腫瘍は、蝸牛神経の機能が比較的保たれやすいことが証明された。

PT 周波数弁別陽性率は、正常聴力例89%、内耳性難聴例77%、神経性難聴例25%、原因不明難聴例58%であった。神経性難聴例、原因不明難聴例では正常聴力例、内耳性難聴例に比べ低い陽性率であった。疾患別では、特に聴神経腫瘍(一側性)14%、両側先天聾33%で低い陽性率を示した。一般に聴神経腫瘍は、聴力レベルに比べて語音明瞭度が悪いことが挙げられており<sup>48)</sup>、音は聞こえるが言葉として聞き取れないという現象がみられる。今回の聴神経腫瘍の周波数弁別能低下は、この語音明瞭度低下と同様の現象と考えられる。両側先天聾は、言語を聴覚的に体験したことがなく音に対する反応に信頼はもてないが、両側先天聾患者の人工内耳後の語音聴取能の成績が悪いという報告も見られ<sup>51)</sup>、周波数弁別能低下がこの原因の一部として考えられる。

ギャップ最短弁別時間は、正常聴力例が  $53 \pm 36$  msec と一番短く良い結果となったが、内耳性難聴例  $60 \pm 47$  msec、原因不明難聴例  $64 \pm 63$  msec とほぼ同様の結果で有意な差も認めなかった。一方、神経性難聴例では  $86 \pm 46$  msec で、特に一側性聴神経腫瘍では  $110 \pm 37$  msec で正常聴力例との間に有意な差を認めた。このことは、ある程度の蝸牛神経機能低下を示しているものと考えられる。

各刺激周波数の T、C、D 値は、正常聴力例、内耳性難聴例、神経性難聴例、原因不明難聴例ともに個々のバラツキが多く、そのため標準偏差も大きく比較検討は困難であった。刺激周波数別陽性率は、正常聴力例では、400Hz、800Hz で83%、56%、内耳性難聴例では52%、23%、原因不明難聴例では38%、21%、神経性難聴例では20%、0%であった。神経性難

聴例は正常聴力例に比べ明かに低い陽性率であった。従って、PT 陽性例の中でも特に 400Hz, 800Hz まで音感覚が生じた例の方が神経機能が良いと考えられる。

今回新しいパラメータとして各刺激周波数ごとの D/C を算出し、これらを合計した D/C 総和値を求めた。一般的には T 値が低く D 値が大きいくほどラセン神経節細胞、蝸牛神経の機能が良いと言われている。また、400Hz, 800Hz まで音感覚が生じた方が神経機能が良いと考えられることから、この D/C 総和値が高いほど神経機能が良いと考えられる。正常聴力例の D/C 総和値は  $2.70 \pm 0.72$  で、内耳性難聴例  $1.78 \pm 0.74$ 、神経性難聴例 (聴神経腫瘍)  $1.24 \pm 0.66$ 、原因不明難聴例  $1.98 \pm 0.70$  であった。特に内耳性難聴例、神経性難聴例では正常聴力例との間に有意な差を認めた。この結果から、D/C 総和値はラセン神経節細胞、蝸牛神経の機能を反映していると考えられる。高度内耳性難聴例で比較的ラセン神経節細胞残存が多いと言われている突発性難聴、メニエール病群とラセン神経節細胞残存が少ないと言われている慢性中耳炎による細菌性迷路炎、髄膜炎による内耳炎群とを D/C 総和値と比較検討した場合、2 群間で有意な差を認めた。この結果からも D/C 総和値はラセン神経節細胞残存数を反映していると考えられる。聴力レベルと D/C 総和値との関係では 31~60dB, 61~90dB, 91~110dB 群は、ほぼ同様の値で正常聴力群とは有意な差を認めなかった。一方、SO 群は正常聴力例に比べ明かに低い値で有意な差を認めた。一般的には SO 群は、ラセン神経節細胞の変性、消失に引き続いてラセン神経節細胞の減少が見られることが多いと考えられ、よってこの結果からも D/C 総和値はラセン神経節細胞残存数を反映していると考えられる。失聴期間ごとの D/C 総和値は、1 年未満群  $2.61 \pm 0.19$ 、1~10 年群  $1.65 \pm 0.47$ 、11 年以上群  $0.78 \pm 0.50$  でそれぞれに有意な差を認めた。一般的に内耳疾患による失聴例では失聴期間が長いほどラセン神経節細胞および蝸牛神経ニューロンの 2 次的変性がすすむと考えられ、よってこの結果からも D/C 総和値は神経の変性程度を反映しているものと考えられる。以上より、D/C 総和値で、ラセン神経節細胞の残存程度、機能、また蝸牛神経の機能のある程度定量化できるものと考えられる。そして、この D/C 総和値で人工内耳の術後成績の予測がある程度可能になるものと考えられる。

## 結 論

正常聴力例 20 例 20 耳を含む各種難聴例 99 例 105 耳にプロモントリーテストを施行し比較検討した。

1. PT で音感覚が得られたのは、正常聴力例 20 耳中 18 耳、内耳性難聴例 38 耳中 31 耳、神経性難聴例 18 耳中 10 耳、原因不明難聴例 27 耳中 24 耳で、PT 陽性率はそれぞれ 90%、82%、56%、89% であった。特に神経性難聴例は低い陽性率で一側性聴神経腫瘍は 46% であった。しかし両側性聴神経腫瘍は 100% で高い陽性率を示した。

2. PT 周波数弁別陽性率は、正常聴力例 89%、内耳性難聴例 77%、神経性難聴例 25%、原因不明難聴例 58% であった。疾患別では、特に聴神経腫瘍、両側先天聾で低い陽性率を示した。

3. PT ギャップ最短弁別時間は、正常聴力例は  $53 \pm 36$  msec、内耳性難聴例  $60 \pm 47$  msec、神経性難聴例  $86 \pm 46$  msec、原因不明難聴例  $64 \pm 46$  msec であった。特に一側性聴神経腫瘍

例では  $110 \pm 37$  msec で正常聴力例とで有意な差を認めた ( $P < 0.05$ )。

4. PT で測定された T, C, D 値は、個々のバラツキが多くそのため標準偏差も大きく比較検討は困難であった。刺激周波数別陽性率は各症例とも刺激周波数が増すに従って陽性率が低下する傾向が認められた。また、神経性難聴例は正常聴力例に比べ明かに低い陽性率を示した。

5. D/C 総和値は、正常聴力例  $2.70 \pm 0.72$ 、内耳性難聴例  $1.78 \pm 0.74$ 、神経性難聴例  $1.24 \pm 0.66$ 、原因不明難聴例  $1.98 \pm 0.70$  であった。特に内耳性難聴例、神経性難聴例は正常聴力例に対して有意な差を認めた ( $P < 0.05$ )。また内耳性難聴例でもラセン神経節細胞が比較的多く残存していると言われている突発性難聴、メニエール病群、とラセン神経節細胞残存が少ないと言われている慢性中耳炎による細菌性迷路炎、髄膜炎による内耳炎群とを D/C 総和値と比較検討し有意な差を認めた ( $P < 0.05$ )。聴力レベルごとの D/C 総和値は、正常聴力群と SO 群とで有意な差を認めた ( $P < 0.05$ )。失聴期間ごとの D/C 総和値は失聴期間が長くなるに従って低い値となった。1 年未満群、1~11 年群、11 年以上群でそれぞれに有意な差を認めた ( $P < 0.05$ )。

以上より、PT は聾耳の障害部位別診断に有効な検査であり、また D/C 総和値によりラセン神経節細胞、蝸牛神経機能の定量化がある程度可能になると考えられる。

## 謝 辞

稿を終るにあたり、御指導、御校閲を賜りました恩師古川 俊教授に深甚なる謝意を捧げます。また、終始直接御指導下さいました岡部陽三博士、および御協力と御助言をいただきました佐藤喜一博士 (羽咋病院) に心より感謝いたします。さらに、統計学的処理につき貴重な御助言を賜りました金沢大学医学部衛生学講座橋本和夫教授、本研究遂行にあたり御協力を頂いた耳鼻咽喉科学講座諸兄に厚く御礼申し上げます。尚、本論文の一部は第 45 回北陸医学会総会において発表した。

## 文 献

- 1) Djourno, A. & Eyries, C.: Prothese auditive par excitation électrique a laide dun bobinage inclcs a demeure. Presse Med., 14, 14-17 (1957).
- 2) Simmons, F. B.: Electrical stimulation of the auditory nerve in man. Arch. Otolaryngol., 84, 24-76 (1966).
- 3) House, W. F. & Urban, J.: Long term results of electrode implantation and electronic stimulation of the cochlea in man. Ann. Otol. Rinol. Laryngol., 82, 504-517 (1973).
- 4) Clark, G. M., Tong, Y. C. & Bailley, Q. R.: A Multiple electrode cochlear implant. J. Otolaryngol. Soc., 4, 208-212 (1978).
- 5) Eddington, D. K.: Speech Recognition in deaf subjects with multichannel intracochlear electrodes. Ann. N. Y. Acad. Sci., 405, 241-258 (1983).
- 6) Hochmair-Desoer, I. J., Hochmair, E. S. & Burian, K.: Percepts from the Vienna cochlear prosthesis. Ann. N. Y. Acad. Sci., 405, 387-411 (1983).
- 7) Chouard, C. H., Fugain, C. & Meyer, B.: Longterm results of the multiple channel cochlear implants. Ann. N. Y. Acad. Sci., 405, 387-411 (1983).

- 8) 神尾友和, 八木聡明, 関根修二, 小林 謙, 恩地 豊: Cochlear Implant の 1 例. *Audiol. Japan*, **24**, 475-476 (1981).
- 9) 船坂宗太郎, 細谷 睦, 林原成子, 高橋 整, 湯川久美子, 初鹿信一: 22 channel Cochlear Implant の 1 例. *日耳鼻*, **89**, 1070-1076 (1986).
- 10) 伊藤壽一, 土師知行, 川野通夫, 竹内真理子, 本庄 巖: 人工内耳手術とリハビリテーション. *耳鼻臨床*, **81**, 1563-1568 (1988).
- 11) A. Volta.: On the electricity excited by mere contact of conducting substances of different kinds. *Trans. R. Soc. Phil.*, **90**, 403-410 (1800).
- 12) Gerusuni, G. V. & Volokhor, A. A.: On the electrical of auditory organ. *J. Exp. Psychol.*, **19**, 370 (1936).
- 13) Stevens, S. S. & Jones, R. C.: The mechanism of hearing by electrical stimulation. *J. Acoust. Soc. Am.*, **10**, 261-269 (1939).
- 14) Stevens, S. S., Jones, R. C. & Lurie, M. H.: Three mechanisms of hearing by electrical stimulation. *J. Acoust. Soc. Am.*, **12**, 281-290 (1940).
- 15) 佐藤信也: 電気刺激による聴覚に対する研究. *大日耳鼻*, **46**, 881-891 (1940).
- 16) 渡辺武之助: 電気刺激による聴覚について. *慶応医学*, **22**, 507-523 (1942).
- 17) 船石 彩: 電気聴覚に対する研究. *日本生理学*, **10**, 278 (1947).
- 18) House, W. F. & Brackmann, D. E.: Electrical promontory testing in differential diagnosis of sensori-neural hearing impairment. *Laryngoscope*, **84**, 2162-2171 (1974).
- 19) Clark, G. M., Blamey, P. J. & Brown, A. M.: The University of Melbourne-nucleus multi-electrode cochlear implant. *Adv. Otorhinolaryngol.*, **38**, 85-92 (1987).
- 20) Rothera, M., Conway, M. & Brightwell, A.: Evaluation of patient for cochlear implant by promontory stimulation. *Br. J. Audiol.*, **20**, 25-28 (1986).
- 21) Battmer, R. D., Lehnhardt, E. & Lazig, R.: Overview of the Hannover program using the Nucleus device. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, **96**, Suppl. 128, 129-132 (1987).
- 22) Brackmann, D. E. & Selters, W. A.: Sensori-neural hearing impairment; clinical differentiation. *Otolaryngol. Clin. North Am.*, **11**, 195-199 (1978).
- 23) 熊川孝三, 湯川久美子, 高橋 整, 船坂宗太郎: Cochlear implant と蝸牛電気刺激装置. *耳鼻臨床*, **83**, 537-547 (1990).
- 24) Schindler, R. A. & Merzenich, M. M.: Cochlear implants, 1st ed., p395-402, Raven Press, New York, 1985.
- 25) Gantz, B. J., McCabe, B. F. & Tyler, R. S.: Use of multichannel cochlear implants in obstructed and obliterated cochleas. *Otolaryngol. Head Neck Surg.*, **98**, 72-81 (1988).
- 26) 伊藤真郎, 高橋 整, 城間將江, 鄭 正舟, 間三千夫, 船坂宗太郎: 人工内耳の Mapping および言語聴取能と Promontory test との関係についての考察. *Audiol. Japan*, **32**, 643-645 (1989).
- 27) 辻 純, 森福孝之, 中村 一, 伊藤壽一, 本庄 巖: 人工内耳における Promontory test の問題点. *耳鼻臨床*, **82**, 353-356 (1989).
- 28) Liard, P., Pelizzone, M. & Rohr, A.: Noninvasive extratympanic electrical stimulation of the auditory nerve. *ORL*, **50**, 156-161 (1988).
- 29) 原田康夫, 鈴木 衛, 川真田聖一, 平川勝洋, 山下敏夫, 松井博史: 難聴症例の Electrical promontory testing について. *耳喉*, **50**, 1065-1069 (1978).
- 30) Gibson, W. P. R., Game, C. J. A. & Pauka, C. K.: Trans-tympanic electrically evoked auditory sensations. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, **128**, 92-93 (1987).
- 31) Schuknecht, H. F.: The pathology of sudden deafness. *Laryngoscope*, **72**, 1142-1157 (1962).
- 32) Schuknecht, H. F.: The pathology of sudden deafness. *Acta Otolaryngol.*, **76**, 75-97 (1973).
- 33) 浅野恵美子, 王 娜亜, 鳥山 稔: 急性高度難聴の側頭骨病理. *耳喉頭頸*, **62**, 577-582 (1990).
- 34) 野村恭也, 平出文久: 突発性難聴の病変について. *耳鼻*, **22**, 950-956 (1976).
- 35) Hallpike, C. S. & Cairns, H.: Observations on the pathology of Meniere's syndrome. *J. Laryngol. Otol.*, **53**, 625-655 (1938).
- 36) Williams, H. L.: The present status of the diagnosis and treatment of endolymphatic hydrops. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, **54**, 614-646 (1947).
- 37) Karmody, C. S. & Schuknecht, H. F.: Deafness in congenital syphilis. *Arch. Otolaryngol.*, **83**, 18-27 (1966).
- 38) Otte, J., Schuknecht, H. F. & Kerr, A. G.: Ganglion cell populations in normal and pathological human cochlea; implications for cochlear implant. *Laryngoscope*, **88**, 1231-1246 (1978).
- 39) Davis, L. E., Shurin, S. & Johnson, R. T.: Experimental viral labyrinthitis. *Nature*, **254**, 329-340 (1975).
- 40) Kohonen, A.: Effect of some ototoxic drugs upon the pattern and innervation of cochlear sensory cells in guinea pigs. *Acta Otolaryngol. suppl.*, **326**, 1-62 (1974).
- 41) 牧本一男, 武田 郎: カナマイシンの聴毒性について. *耳鼻臨床*, **59**, 851-863 (1966).
- 42) Johnsson, L. G., Hawkins, J. E. Jr. & Rouse, R. C.: Sensorineural and vascular changes in an ear with acoustic neurinoma. *Am. J. Otolaryngol.*, **5**, 49-59 (1984).
- 43) Nager, G. T.: Acoustic neurinomas pathology and differential diagnosis. *Arch. Otolaryngol.*, **89**, 252-279 (1969).
- 44) Perez De Moura, L. F.: Inner ear pathology in acoustic neurinoma. *Arch. Otolaryngol.*, **85**, 125-133 (1967).
- 45) Suga, F. & Lindsay, J. R.: Inner ear degeneration in acoustic neurinoma. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, **85**, 343-358 (1976).
- 46) Johnson, E. W.: Auditory findings in 200 cases of acoustic neuromas. *Arch. Otolaryngol.*, **88**, 598-603 (1968).
- 47) Johnson, E. W.: Auditory test results in 500 cases of acoustic neuromas. *Arch. Otolaryngol.*, **103**, 152-158 (1977).
- 48) 神崎 仁, 大内利昭: 聴神経腫瘍の他覚的聴覚検査—一耳小骨筋反射と聴性脳幹反応—. *耳展*, **25**, 13-24 (1982).

- 49) 喜多村健, 小松崎篤: 両側聴神経腫瘍の臨床的考察. その  
 (2). 聴力所見. 耳鼻臨床, 72, 1897-1908 (1977).  
 50) Linthicum, F. H. Jr.: unusual audiometric and  
 histologic findings in bilateral acoustic neurinoma. Ann. Otol.

Rhinol. Laryngol., 81, 433-437 (1972).

- 51) Clark, G. M.: Preliminary results for the Cochlear  
 Corporation multielectrode intracochlear implant in six  
 prelingually deaf patints. Am. J. Otol., 83, 234-239 (1987).

**Clinical Usefulness of Electrical Promontory Test** Tatsuhiro Sato, Department of Otolaryngology, School of  
 Medicine, Kanazawa University, Kanazawa 920—J. Juzen Med Soc., 101, 638—648 (1992)

**Key words** promontory test, cochlear implant, D/C summation, spiral ganglion

#### Abstract

One of the essential requisites for cochlear implant surgery is the residual function of spiral ganglion cells in the cochlear. This function is assessed by the promontory test (PT). According to most reports, individual differences exist in values of the minimum hearing threshold (T-level), the maximum comfortable threshold (C-level) and the difference between T-level and C-level (D-level). Therefore, the results of PT coincide neither with the number of residual spiral ganglion cells in the cochlear, nor the effect of the cochlear implant after surgery. The author established a new parameter of PT, which can be obtained by totaling the D/C for each frequency (D/C summation). The value of D/C summation in normal hearing cases was  $2.70 \pm 0.72$ ,  $1.78 \pm 0.74$  in cases of sensory hearing loss,  $1.24 \pm 0.66$  in cases of neural hearing loss, and  $1.90 \pm 0.70$  in cases where the cause of hearing loss is unknown. There was a significant difference in D/C summation between cases of sensory hearing loss and normal hearing cases, and also between cases of neural hearing loss and normal hearing cases ( $P < 0.05$ ). There was a significant difference between the following two groups of cases of sensory hearing loss: (1) patients with sudden deafness and Meniere's disease and (2) patients with bacterial labyrinthitis and meningitis. It has been considered that many residual spiral ganglion cells exist alive in the first group but few cells in the second. As for the relation between hearing level and D/C summation, D/C summation was significantly small in the cases of total hearing loss (scale out). Furthermore, the longer the duration of scale out, the smaller the value of D/C summation. The number of spiral ganglion cells has been believed to decrease gradually over time. From these observations, the author has reached the following conclusion: D/C summation reflects the number of residual spiral ganglion cells in the cochlear; PT is useful for determining etiologic sites of hearing loss, and may also predict the postoperative results of cochlear implants.