AUDITORY BRAIN STEM RESPONSE AND MIDDLE LATENCY RESPONSE
IN HEARING TEST

(I) INVESTIGATIONS IN NORMAL ADULT SUBJECTS

YASUHITO HIRAI

*Department of Otolaryngology, Faculty of Medicine, Shinshu University, Matsumoto**(Director: T. Suzuki, M.D.)*

The auditory brain stem response (BSR) and middle latency response (MLR) were recorded in 22 adult subjects with normal hearing and the possibility of their clinical application in objective audiometry was studied.

Tone pips at 250, 500, 1000, 2000 and 4000 Hz with 2-cycle rise-decay time and one-cycle peak were delivered to the subjects with the intensity of 0, 10, 20 and 30 dB above the threshold.

It has been known that BSR is less sensitive to low frequency stimuli below 500 Hz. Most investigators applied a high-pass filter with cut-off frequencies of 150–500 Hz to the recording system. The high-pass filter reduces, or completely eliminates the low frequency components of the BSR and makes the judgement of the waves rather difficult. For the purpose of investigating the frequency characteristics, a high-pass filter was not used in the present study.

Our results on the mean latency suggested that the BSR was evoked through the pertinent regions on the basilar membrane as a response to 500 Hz tone pips as sensitively as to the stimuli of higher frequencies.

In addition, it was clearly demonstrated that no significant difference was found in the response detectability of Po, Na and Pa between four different frequencies in the range from 500 to 4000 Hz and the threshold for these components was 10 to 20 dB SL.

For 250 Hz tone pips, definite responses were obtained, with the threshold ranging from 20 to 30 dB SL. The question whether these responses are definitely concerned with the constant 250 Hz tone pip stimulation requires further investigations.

These results indicate that BSR (Po) and MLR (Na, Pa) would be clinically useful as a reliable response index for objective threshold audiometry.

A81—0477—13522

聴性脳幹反応及び中間反応による聴力検査に関する研究

——第1報 正常耳における検討——*

信州大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：鈴木篤郎教授）

平井靖人

I. 緒言

聴性電気反応の臨床応用の最終目的の一つは、被検者

* 聴器機能検査法研究 第110報

の聴力を測定し、これらの反応によって、完全な域値オーディオグラムを作成することにある。数年前までは、頭頂部緩反応 slow vertex response が上述の目的に沿う

唯一の電気反応であるとされていたが、これには判定の信頼性などに問題があることがわかり、その後他の反応が探究されている。1970年に Sohmer & Feinmesser¹⁸⁾や Jewett ら⁶⁾がピーク潜時 2~7 msec の間に出現する一連の聴性反応を頭皮上より得たと報告し、さらに Jewett & Williston⁷⁾ (1971) が本反応について詳述して以来、この反応に大きな注目が払われるようになってきている。本反応はわが国では聴性脳幹反応（以下 BSR と略称）と呼ばれているが、この反応の場合、緩反応と違って、反応の周波数特異性に問題があり、どのような純音刺激を用いて、どのような反応成分を指標にすれば、域値測定の目的を達することができるかという点については、まだはっきりした結論は得られていない。

一方、中間反応（以下 MLR と略称）は BSR と異なり、1958年にすでに Geisler ら³³⁾によって報告されている。その後 BSR が報告されるまで、聴性電気反応の early component として、主として Goldstein, Mendel 一派によって他覚的聴力検査の指標としての有用性が主張されて来ているが、現在なお広く利用されるまでには至っていない。純音刺激による測定成績に関しては、Zerlin ら²⁸⁾は 500 Hz と 2,000 Hz の filtered click および立上り 5 msec、持続 100 msec の短音で 20 dB と 50 dB で反応を記録し、Kupperman & Mendel³⁾は 250, 1,000, 4,000 Hz の tone pip で正常成人の反応域値は、それぞれ 20, 10, 10 dB、であったとしている。しかし、これら BSR と MLR の両者は従来全く別個のものとして取扱われ、その記録に当たっても、前者では多くの場合 150~500 Hz の高域フィルタで低域部分を除去しているのに対し、後者では逆に 200~300 Hz 程度の低域フィルタを使って高域部分を除去しており、両者の間の関連性については全く顧慮されていなかった。鈴木ら²²⁾は域値測定を目的とする場合には、BSR と MLR を別々に取扱うよりはむしろ潜時 50 msec までの頭皮上よりの聴性反応を一つの反応系として取扱った方がよいと述べているが、われわれもこの立場に立って、tone pip 刺激により潜時 50 msec までの聴性電気反応を、増幅器の通過帯域を広くとってできるだけ忠実な形で記録し、その間に出現する反応各成分の聴力域値検査の指標としての有用性を検討した。本報においては、主として正常成人についての成績について述べる。

II. 方 法

1. 被検者

男 8 名、女 14 名の計 22 名で、21~36 才の聴力正常の成

図 1 装置のブロックダイアグラム
点線内は防音室

人である。

2. 記録方法

図 1 に測定装置の簡単なブロックダイアグラムを示す。被検者をシールドされた防音室内に仰臥させた。測定には脳波用 disc 電極を用い、探査電極を頭頂部、基準電極を一側耳垂、接地電極を鼻根上部に接着した。頭皮電極から得られた反応は、検査室の前増幅器（日本光電 AVB-8）、通過帯域 0.5~3,000 Hz で 500 倍増幅された後、万能分析器（リオン SA-33D）の増幅部でさらに 30dB 増幅され、コンピュータ（日本光電 ATAC-201）に導かれ、加算平均された。同時にこの反応はデータレコーダ（TEAC R-200）に記録され、必要により再生できるようにした。加算回数は 2,000 回、解析時間は 50 msec とし、得られた反応は X-Y レコーダ（横河 3077）で書き出した。なお原波形をシンクロスコープ（岩崎 SS-5022）で観察し、雑音の多い時点では、手動で随時記録を中断した。反応は睡眠により、その波形・潜時・振幅に著しい影響を受けないことが知られているので、検査は覚醒時・睡眠時を問わず行なわれた。しかし、一般的には睡眠時の方が雑音が少なく、はっきりした反応が得られ易かった。

3. 音刺激方法

刺激信号発生装置（ダナジャパン DA-505）から、250, 500 Hz, 1, 2, 4 kHz の tone pip（立上り、立下り 2 周期、最大振幅 1 周期）を交互位相で発振させ、受話器 TDH-49 を通し、75 msec の間隔で被検者の両耳に与えた。あらかじめ各被検者の両耳総合自覚域値を各周波数 tone pip ごとに 5 dB step で測定し、その強さを 0 dB とし、0, 10, 20, 30 dB SL の 4 種の強さで与えた。TDH-49 および 6 cc カプラを使用し、分析された各刺激音のパワースペクトルを見ると、音響エネルギーは各刺激とも、その固有周波数の両側 1 オクターフ離れた周波数帯域において 30 dB 以上減衰していることがわかる。なお潜時の測定は発生装置 out put における tone pip の開始時点を基準に行なった。

図 2 1, 2, 4 kHz tone pip に対する典型的反応波形 頭頂部電極陰性変動が上向きに記録されている

図 3 500 Hz tone pip に対する典型的反応波形

Ⅲ. 成 績

1 反応波形

図 2 に、1, 2, 4 kHz の tone pip に対する典型的反応波形を示した。1~4 kHz における反応波形は大体よく類似しており、ピーク潜時 8~10 msec のところに著明な陽性変動が認められる。これは Jewett & Williston⁷⁾ (1971) が、BSR の V 波として記載し、現在、Jewett V、あるいは単に JV と呼ばれているものであるが、しかし鈴木ら¹⁰⁾はこの波はそれ以前すでに Mendel ら¹²⁾ (1969) が MLR の Po と記載したものと一致するものと考えており、その意味でこの陽性変動を以下 Po と呼称することにする。Po に続く大きい 3 つの成分が MLR の Na, Pa, Nb に相当する。Po は 1 kHz ではやや幅広くなり、反応ピークの急峻さが減少しているのがわかる。この図の 1 kHz 刺激音に対する反応波形に著明に認められるように、Na に相当する部分に 2 つの陰性波が見られる。この 2 峰性 Na ピークはしばしば認められたが、この Na の 2 峰性についてはすでに Mendel ら¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾が記載しているが、われわれが行った成人における成績では一般的に後峰の方が高く、後峰を Na として検討した。

図 3 に 500 Hz 刺激音に対する典型的反応波形を示した。500 Hz における反応波形は、波形そのものは 1 kHz

図 4 500 Hz 刺激音に対する音圧に応じた反応波形

以上に見られたものとよく似ているが、Poが1kHz以上のものに比べて一般に緩かな傾斜をもつ陽性変動となっていることが特徴的である。またPoピークも鋭さが

減少し、丸みを帯びていることが少なくない。図4に500Hz刺激音に対する反応波形を刺激音強度ごとに示したが、この例では反応は10 dBSL以上に見出される。図5に250 Hz刺激音に対する典型的反応波形を示したが、500Hzまでの場合に認められたPoに相当する陽性変動は、特定のピークを持たない谷状または皿状の変動となることが多く、しばしば不明瞭で、また時には小鋸歯状波の重畳が認められた。

2. 高域フィルタによる波形の変化

図6は減衰率6 dB/オクターブ、遮断周波数50, 100, 200 Hzの高域フィルタを増幅系に挿入して、低域をカットした場合の500 Hzおよび2 kHzの反応波形の変化を示している。両者とも50 Hzのフィルタの使用ですでに反応各成分の振幅の減少が認められ、遮断周波数を高くするにつれその変化は著明になっているが、影響の受け方が500 Hzの反応波形の方が強いことがわかる。表1は7例についてこれら3種のフィルタによるPo振幅の平均減衰度と刺激音周波数の関係を示したものである。2~4 kHzの高周波音刺激による反応波形は、200 Hzの高域フィルタにより平均5.5~6.5 dBの振幅減少を来すが、500 Hz音刺激による反応波形は同じ200 Hz

図5 250 Hz tone pip に対する典型的反応波形

図6 高域フィルタによる波形の変化

表 1 高域フィルタによる反応 (Po) の振幅減衰
(7 例平均)

高域 フィルタ 遮断周波数	(dB)			
	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
50 Hz	3.28	2.22	0.20	0.78
100 Hz	7.11	4.93	2.93	3.30
200 Hz	10.57	8.49	5.46	6.48

表 2 BSR および MLR の平均ピーク潜時

		(ms)				
	域値 上 (dB)	周波数				
		250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Po	10	25.3	16.3	13.1	10.2	9.0
	20	21.6	14.6	11.8	9.8	8.5
	30	19.4	13.3	10.7	9.0	8.1
Na	10	35.3	30.1	26.4	23.8	21.6
	20	33.1	29.2	25.1	23.4	21.7
	30	29.6	27.1	24.0	22.8	21.5
Pa	10	42.8	39.7	36.9	34.3	32.3
	20	41.5	39.0	35.2	33.4	31.4
	30	39.0	37.5	34.2	32.9	32.0

フィルタの挿入によって平均 10.6 dB とほぼ 2 倍の振幅減衰を来たしていることが注目される。

3. 反応潜時

表 2 に Po, Na, Pa 各ピークの平均潜時を、250, 500 Hz, 1, 2, 4 kHz の 5 周波数刺激音について刺激音強度別に示した。各ピークともに刺激音が小さくなるにつれて潜時は延長しており、刺激音が低周波数になるほど潜時の延長が著明なことがわかる。殊に Po の潜時は 250 Hz 刺激音は他の周波数刺激音に比較して、その潜時において大きな差が認められる。

4. Po 潜時と検査音周波数との関係

図 7 に Po の平均ピーク潜時と検査音周波数との関係を各検査音強度ごとに示した。Po の存在を確認できて、ピーク潜時の決定が困難な症例は除外してある。

この場合、図の横軸には 1 周波当りの持続時間を単位にしてとり、4~0.25 kHz における Po 潜時の平均値を検査音強度ごとにプロットすると、図に示すようにほぼ直線的になり、平均潜時 (y) と刺激音 1 周波当りの時

(Y)

図 7 反応の平均潜時と周波数との関係

表 3 Po-Na, Na-Pa 間の潜時差

		(ms)			
	域値 上 (dB)	周波数			
		500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Po-Na	10	13.8	13.3	13.6	12.6
	20	14.6	13.3	13.6	13.2
	30	13.8	13.3	13.8	13.4
Na-Po	10	9.6	10.5	10.5	10.7
	20	9.8	10.1	10.0	9.7
	30	10.4	10.2	10.1	10.5

間 (x) とが、回帰式 $y = ax + \beta$ で表現できそうである。3つの検査音強度における回帰係数を計算し、その計算値によって回帰線を引くと、図 7 のようになる。統計的検査により計測データの直線への回帰は有意であることがわかった ($p < 0.01$)。

5. Po-Na, Na-Pa 間の潜時差

Po-Na, Na-Pa 間の各々の平均潜時差を各周波数ごとに 10~30 dB の各刺激音強度レベルで表 3 に示した。0.5~4 kHz の全周波数で Po-Na 間の平均潜時差は、12.6~14.6 msec の間にあり、Na-Pa のそれは、9.6~10.7 msec の間にあった。Po-Na 間の潜時差にも、Na-Pa 間のそれにも、Po 潜時に見られたような刺激音強度に伴う短縮や、刺激音周波数による差などの定型的なパターンは認められず、刺激音強度の強弱にかかわらず、ま

図 8 反応各成分の出現率と検査音強度との関係

図 9 反応域値の分布

た周波数に関係なく、ほぼ一定の潜時差を保っていることが注目される。

6. 反応出現率

各周波数の検査音に対する反応出現率との関係を図 8

に示す。図に示されたように反応出現率は 250 Hz を除くと、かなり接近している。最も差があるのは 10 dB 段階で、例えば Po では 37, 50, 56, 77% と周波数が高いほど出現率もよくなっている。しかし 20 dB 以上の音

刺激では 500 Hz 以上の各周波数間の反応出現率には、ほとんど差が認められていない。250 Hz 検査音に対する出現率は他の周波数に比べて不良で、他の周波数音の約 10 dB 弱い刺激音強度に対応している。

図 9 は各反応成分の反応域値の分布を示したものである。図 9 より推測されるように、250 Hz を除いてその大部分が 10~20 dBSL の間にある。

Ⅳ. 考 察

1. BSR の波形および BSR と MLR の Po 成分との関係

現在 BSR の波形について論ずる場合、Jewett & Williston⁷⁾ の報告に準拠することが多い。彼らは記録された波形に頭頂部電極から見て、連続した 7 個の陽性変動を認め、そのなかでは V 波が最も大きく、恒常的であるとし、Ⅳ波とⅤ波はそれぞれ V 波の上行脚および下行脚に認められる小変動であるとしている。Jewett ら⁷⁾ はⅣ-Ⅴ波にかけて出現する大きい陽性変動そのものを V 波と称している。現在この見解に従ってこの変動を Jewett V または JV などと記載されることもある。一方この見解とは別に、Ⅳ-Ⅴ波にかけて出現する上述の大きい陽性変動と V 波とを区別して考えようとする見方もある。大西ら¹⁶⁾ は正常成人の BSR について「BSR にはⅠ-Ⅴ波の 7 相性のピークがあり、音圧が低くなると V 波が最後まで残る。さらに BSR には上記の約 1 kHz の周期をもつ反応のほかに、Ⅳ-Ⅴ波にかけて大きい波があり、これは増幅器の周波数帯域を低い方に延長すると明らかになる」と記載し、Davis ら¹³⁾ も「BSR においては、pseudorhythmic な連続波の上に 1 つの緩かな頭頂部陽性変動が重畳する」と述べている。鈴木ら¹⁹⁾ も「BSR はほぼ 1 msec 程度の間隔で連続出現する数個の変動と、これよりかなり緩かな、ピーク潜時 5~7 msec 程度（クリック音の場合）の 1 個の陽性変動から成立する」としている。

Sohmer 一派の行なっているように遮断周波数 250~500 Hz の高域フィルタを増幅器に挿入すれば、この大きい陽性変動は消失し、Ⅰ-Ⅴ波は V 波を含め平坦な基線の上に並列するようになるので、この操作によって V 波とこの陽性波とを区別することができる。しかし今回のわれわれの記録方法のように広い周波数帯域の増幅器による場合には、この陽性変動と V 波とは重畳した形で出現するので、この重畳した形のまゝを反応の指標として採用するのが最も現実的である。

さてこの BSR の大きい陽性変動が MLR の Po 成

分と同一のものではないかとしているのは鈴木ら¹⁹⁾ が最初であろう。MLR の命名については Goldstein & Rodman⁴⁾ (1967) が Pa, Na, Pb を区分し、さらに Mendel & Goldstein¹¹⁾ (1969) がその前に No, Po の 2 成分を追加している。しかしその後の報告では No 成分は記載されず、MLR では、Po, Na, Pa, Nb の 4 成分が区分されるとされている。比較的新しい McFarland ら¹⁰⁾ の報告を見ると、平均潜時は Po=10 msec, Na=16 msec, Pa=25 msec, Nb=46 msec であるとしている。Picton ら¹⁷⁾ (1974) は Po は BSR の大きい陽性変動と Pa との中間に見られる小さい陽性変動であるとしているが、鈴木ら¹⁹⁾ は「この小さいピークは恒常性に欠けるので、その大きさと使用フィルタの影響を考慮した上での潜時を考えると、BSR の陽性変動と Po とは同一であるとした方がより妥当である」としている。この見解は横山ら²⁶⁾ によっても支持されており、われわれもこの見解に従い、BSR の大きい陽性変動あるいは Jewett の V 波を MLR の Po とは同一であるとし、便宜上これを Po と記載して検討して来たのである。

2. BSR の V 波（あるいは Po）の周波数特異性について

ある反応を他覚的聴力検査の指標として使用しようとする時には、その反応がどの周波数範囲の音刺激に対して最もよく誘発されるかという、反応の周波数特異性（あるいは選択性）について検討しておく必要がある。

BSR の V 波の周波数特異性については従来いくつかの報告があり、この反応が 2 kHz 以上の高周波数音に対して高い感受性を持っている点に関しては意見は一致している。これに反し、500 Hz などの低周波音刺激に対する応答性については、高周波音刺激に比べて著しく劣るとするものと、それほど劣らないとするものがあった。見解の一致を見ていない Hecox⁹⁾ (1974) は正常耳に band pass noise によるマスキングを施して、クリック音刺激の BSR の潜時と振幅を観察した結果、BSR は 2 kHz 以上の高周波数の神経線維に由来する反応と結論した。また竹内ら²³⁾ (1975) も 3~6 kHz のマスキングがクリック刺激による V 波に大きい影響を与えることから、BSR は 4 kHz の純音聴力と関係が深いと述べている。Terkildsen ら²⁴⁾ (1975) は 1, 2, 4 kHz の short tone burst による BSR の V 波は刺激音周波数を中心周波数とする band noise のマスキングによって最も強く影響されることから、1 kHz までの反応はそれぞれの周波数に対応する反応であるとしている。真

鍋⁹⁾ (1976) も 500 Hz から 8 kHz までの tone pip 刺激に band stop noise によるマスキングを行い、AP と BSR の周波数特異性について検討をして、BSR の V 波は 1 kHz 以上の高周波数の神経線維から得られるものとしている。また Davis & Hirsh¹⁾ (1976) は 2 kHz 以上の高周波数では、BSR 聴力測定は優れているが、500 Hz 以下では実用的ではないであろうと結論している。

これに対してわれわれ²⁰⁾²¹⁾²²⁾は、成人における tone pip による BSR の大きい陽性変動は弱音刺激では 500 Hz～4 kHz でほぼ同等の応答性があると述べた。山根ら²³⁾は band noise による選択的マスキング法で 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz の tone pip によって出現する BSR の V 波の域値を測定すると、tone pip の周波数と一致する中心周波数の band noise で著明な域値上昇を認め、500 Hz～2 kHz の tone pip を刺激音とする BSR の V 波は周波数選択性のある反応だとしている。今回のわれわれの結果でも、500 Hz tone pip 刺激による BSR は 1 kHz 以上の高周波数刺激音によるものと同じように誘発された。

ところでこの研究における 500 Hz tone pip に対する反応が、はたして基底膜の固有部位を通じて誘発され、また与えられた周波数に対応するものであるかどうかということが問題になると思われる。その答えとして、第 1 にこの研究に使用した tone pip のパワースペクトルの分析結果からすると、今回用いたような 0～30 dBSL という低い音圧では、他の周波数成分の混入は見られないであろうと推測される。第 2 に反応のピーク潜時が刺激周波数の逆数すなわち 1 サイクル当りの時間の 1 次関数をなすと見なされる点である。すなわち潜時は、刺激音 1 サイクルの時間に比例する部分 (αx) と、これに無関係の成分 (β) とから成立している。前者には刺激音が onset 後に可聴振幅に達するまでの時間が含まれていることは間違いないが、それぞれの刺激音が基底板上のそれぞれの固有の最大振動点に達するまでの時間、いわゆる travel time が含まれているかどうかの問題となる。今回使用した tone pip が最大振幅に達するまでの時間は 3 サイクルであり、その後は直ちに減衰しているのだから、可聴振幅に達する時間は 3 サイクル以上にはならないものと考えてよいであろう。図 7 に示された回帰係数 α の値は 10 dBSL で 4.14 であり、刺激音が最大振幅に達する 3 サイクルに比べてさらに 1.14 サイクル分長い。基底板上の travel time として 1～1.2 サイ

クル当りの時間を要するものとされているが (Davis 1976), 上記の 1.14 サイクルという数値はこの値とよく見合っており、従って反応潜時の αx の部分には基底板上の travel time が含まれているものと考えた方が妥当である。

一方、周波数に無関係の成分の主なるものは、蝸牛、聴神経、聴覚中枢におけるインパルスの発生・伝導時間であり、この係数 β の計算値は 7.49 msec (30 dBSL) ～8.27 msec (10 dBSL) にある。Elberling²²⁾ (1976) によれば、AP と BSR の間の潜時の相違は、ほぼ常に 4.2～4.4 msec にあるという。一方フィルタを通さないクリックに対する AP の潜時は正常耳の域値付近の音圧強度では 3.5～4 msec であるという (Yoshie et al.²⁷⁾ 1967)。両者の数値を加えた 7.7 msec～8.4 msec という値は、前述した β の値によく近似することになる。これらの潜時についての検討結果から、今回われわれの記録した反応は、それぞれの刺激音が基底板上のそれぞれの固有部位を通っての刺激によって得られたもの、すなわち 250 Hz～4 kHz のそれぞれの周波数に対応する反応であると結論してよいように思われる。但し、250 Hz tone pip による Po 成分については、500 Hz 以上の高周波数音の場合と反応波形が著しく異なっており、その反応出現率も他の周波数に比べてかなり悪い。このような反応の出現性が不安定なことで、波形が一定していないことから考えて、250 Hz による反応の周波数特異性についてはさらに検討の必要があるものと思われる。

3. Na, Pa について

Zerlin ら²⁸⁾ (1973), Kupperman & Mendel⁹⁾ (1974) は tone pip による middle latency response (MLR) を報告しているが、今回のわれわれの記録でも同様の波形が見られた。今回の成績中注目すべき点は、表 3 に示されているように各成分間の平均潜時の差が 500 Hz 以上の刺激音周波数の場合、刺激音周波数や刺激音強度にかかわらず、かなり一定しているということである。すなわち Po-Na 間の平均潜時差は、10 dB で 12.6～13.8 msec, 20 dB で 13.2～14.6 msec, 30 dB で 13.3～13.8 msec となっており、Na-Pa 間の平均潜時差は、10 dB で 9.6～10.7 msec, 20 dB で 9.7～10.1 msec, 30 dB で 10.1～10.5 msec であり、低周波音刺激の場合や、弱い音刺激の場合に長くなるというような一定の傾向は認められなかった。このことは前項において述べた Po (BSR の V 波) の潜時の分析から当然予想されるところであるが、Po 出現後、Na-Pa を惹起する機構が刺激音周波数や刺

刺激強度に関係せずほぼ一定であることを示している。250 Hz 刺激の場合にも Na, Pa は他の周波数の刺激の場合と似た波形で検出されるが、ただその場合の Po-Na, Na-Pa 潜時差は他の周波数の場合よりもやや短い。250 Hz では Po ピークの判定そのものに問題があるためとも考えられるが、理由は不明である。今後なお検討を要する事項と考えられる。

4. 反応の出現率および高域フィルタの影響

反応の出現率について今回の成績を見ると、Po, Na, Pa ともに 500 Hz 刺激音の場合、10 dB 段階では 1 kHz 以上の刺激音の場合に比べてやや劣るが、20 dB 段階では 500 Hz～4 kHz の間にほとんど差が認められていない。このような成績からすれば、Po (BSR の V 波) の出現率が特に 500 Hz 刺激音では 2 kHz 以上の高周波音の場合に比べて著しく劣るとする真鍋⁹⁾や、Davis & Hirsh¹⁾ の見解には同調し難いものがある。かれらの成績とわれわれの成績との相違の原因に関し、鈴木ら²²⁾は増幅器に挿入された高域フィルタの特性による影響が関係しているのではないかと推測している。表 1 に示されているように、200 Hz の遮断周波数を持つ 6 dB/オクタの高域フィルタを増幅器に挿入すると、500 Hz の刺激音による Po では、平均 10.57 dB の減衰を示すのに対し、2 kHz の刺激音の場合は平均 5.46 dB と、500 Hz の場合の約 1/2 の減衰を示すにすぎない。このことから、増幅系に 150 Hz (Davis et al.) や 300 Hz (真鍋) の高域フィルタが挿入される場合、特に 500 Hz の刺激音による Po の振幅が減衰し、出現率を低下せしめることは容易に推測できる。従って 500 Hz を含む音刺激で反応を記録しようとする場合には増幅器の帯域はなるべく広い方がよく、高域フィルタによる低域遮断は慎重に行なうべきものと考えられる。

250 Hz 刺激音に対する反応出現率は各成分とも 500 Hz 以上の場合に比べて劣り、同一出現率に達するのに約 10 dB 強い音刺激を必要とした。さらに 250 Hz 刺激音の場合には反応判定にも問題があるので、他覚的域値測定のための刺激音としては、少なくとも現在の段階では、適当でないといえる。

5. 臨床応用上の問題点

今回のわれわれの成績からすると、500 Hz～4 kHz の tone pip を刺激音として使用した場合、反応として、Po, Na, Pa を指標とし、これらを総合的に判定する場合有効な他覚的聴力測定法になりうるものと考えられる。しかし今回の成績は成人正常耳から得られたもので

あり、これがはたして自覚域値の高い難聴耳に対してそのまま適用されるかどうか、さらには幼児の場合はどうかなどに関しては、残された課題として今後検討して行かねばならない。

V 結 語

正常成人 22 名の被検者に対し、立上り、立下り 2 周期、最大振幅 1 周期の tone pip 5 種 (250, 500 Hz, 1, 2, 4 kHz) を各被検者の自覚域値上、0, 10, 30 dBSL の強さで与えた。その結果、500 Hz, 1, 2, 4 kHz 刺激音に対しては、それぞれの刺激音周波数に対応する反応が得られ、その反応域値は 10～20 dBSL であった。250 Hz でも一応反応は得られたが、反応域値は 20～30 dBSL で、これが 250 Hz に対応したものであるかどうかについては今後の検討が必要と考えた。従って 500 Hz 以上の周波数音刺激で、Po, Na, Pa を指標として総合判定をすれば、臨床的に有効な他覚的聴力測定法を構成しうるであろうと推論した。

文 献

- 1) Davis, H. and Hirsh, S.K.: The audiometric utility of brain stem responses to low frequency sounds. *Audiology*, 15; 181-195, 1976.
- 2) Elberling, C.: Action potentials recorded from the promontory and the surface, compared with recordings from the ear canal in man. *Scand. Audiol.*, 5; 69-78, 1976.
- 3) Geisler, C.D., Frishkopf, L.S. and Rosenbluth, W.A.: Extracranial responses to acoustic clicks in man. *Science*, 128; 1210-1211, 1958.
- 4) Goldstein, R. and Rodman, L.B.: Early components of averaged evoked responses to rapidly repeated auditory stimuli. *J. Speech & Hearing Res.*, 10; 697-705, 1967.
- 5) Hecox, K.: Frequency specificity of brainstem evoked responses in man. *J. acoust. Soc. Amer.*, 56; S63, 1974.
- 6) Jewett, D.L., Romano, M.N. and Williston, J.S.: Human auditory evoked potentials: Possible brain stem components detected on the scalp. *Science*, N.Y., 167; 1517-1518, 1970.
- 7) Jewett, D.L. and Williston, J.S.: Auditory evoked far field averaged from the scalp of human. *Brain*, 94; 581-596, 1971.

- 8) *Kupperman, G.L. and Mendel, M.I.*: Threshold of the early components of the averaged electroencephalic response determined with tone pips and clicks during drug-induced sleep. *Audiology*, 13; 379-390, 1974.
- 9) 真鍋敏毅: 聴性速反応 (Auditory fast response) の周波数特異性の研究. *Audiology Japan*, 19; 129-141, 1976.
- 10) *McFarland, W.H., Vivion, M.C., Wolf, K.E. and Goldstein, R.*: Reexamination of effects of stimulus rate and number on the middle components of the averaged electroencephalic response. *Audiology*, 14; 456-465, 1975.
- 11) *Mendel, M.I. and Goldstein, R.*: The effect of test conditions on the early components of the averaged electroencephalic response. *J. Speech & Hearing Res.*, 12; 344-350, 1969.
- 12) *Mendel, M.I. and Goldstein, R.*: Stability of the early components of the averaged electroencephalic response. *J. Speech & Hearing Res.*, 12; 351-361, 1969.
- 13) *Mendel, M.I. and Goldstein, R.*: Early components of the averaged electroencephalic response to constant level clicks during all night sleep. *J. Speech & Hearing Res.*, 14; 829-840, 1971.
- 14) *Mendel, M.I.*: Influence of stimulus level and sleep stage on the early components of the averaged electroencephalic response to clicks during all-night sleep. *J. Speech & Hearing Res.*, 17; 5-17, 1974.
- 15) *Mendel, M.I. and Kupperman, G.L.*: Early components of the averaged electroencephalic response to constant level clicks during rapid eye movement sleep. *Audiology*, 13; 23-32, 1974.
- 16) 大西信治郎, 真鍋敏毅: ERA＝他覚的聴覚検査の手引. 金芳堂, 京都, p 87-94, 1976.
- 17) *Picton, T.W., Willyard, S.A., Krausz, H.I. and Galambos, R.*: Human auditory evoked potentials. I: Evaluation of components. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 36; 179-190, 1974.
- 18) *Sohmer, H. and Feinmesser, M.*: Cochlear and cortical audiometry. *Israel J. Med. Sci.*, 6; 219-223, 1970.
- 19) 鈴木篤郎, 堀内潔子, 小泉 智: 聴性脳幹反応の波形に関する1考察. *Audiology Japan*, 19; 159-162, 1976.
- 20) 鈴木篤郎, 平井靖人, 堀内潔子, 小泉 智: 純音刺激による聴性電気反応 (I) 聴性脳幹反応の周波数特異性. *Audiology Japan*, 19; 365-366, 1976.
- 21) *Suzuki, T., Hirai, Y. and Horiuchi, K.*: Auditory brain stem responses to pure tone stimuli. *Scand. Audiol.*, 6; 51-56, 1977.
- 22) 鈴木篤郎, 平井靖人, 堀内潔子, 小泉 智: 聴性脳幹反応および頭頂部中間反応による他覚的聴力測定法の検討. 耳喉, 49; 105-112, 1977.
- 23) 竹内義夫, 細川 智: 選択的マスキングによるBSRの検討. *Audiology Japan*, 18; 403-404, 1975.
- 24) *Terkildsen, K., Osterhammel, P. and Huris in't Veld, F.*: Far field electrocochleography. Frequency specificity of the response. *Scand. Audiol.*, 4; 167-172, 1975.
- 25) 山根 仁, 小寺一興, 山田 修: Tone Pip による聴性脳幹反応の周波数選択性・選択的マスキングによる検討, *Audiology Japan*, 20; 143-150, 1977.
- 26) 横山俊彦, 糸本清博, 岡田いく代: 頭頂部中間反応の脳幹反応, 緩反応との関連性(その1). *Audiology Japan*, 20; 425-426, 1977.
- 27) *Yoshie, N., Ohashi, T. and Suzuki, T.*: Non surgical recording of auditory nerve action potentials in man. *Laryngoscope*, 77; 76-85, 1967.
- 28) *Zerlin, S., Naunton, R.F. and Mowry, H.J.*: The early evoked cortical response to third-octave clicks and tones. *Audiology*, 12; 242-249, 1973.

稿を終るに臨み、御懇篤なる御指導と御校閲を賜りました恩師鈴木篤郎教授に深甚なる謝意を表します。また御協力をいただきました教室の先生方に感謝いたします。

なお本論文の要旨は第21回オージオロジー学会総会において発表した。

(原稿受付 昭和53.2.23日急載)

別刷請求先 〒390 長野県松本市旭 3-1-1 信州大学
医学部耳鼻咽喉科学教室 平井靖人