STIMULATION METHOD ON FAST RESPONSE AUDIOMETRY

KAZUOKI KODERA, M. D., OSAMU YAMADA, M. D.,
ROBERT F. HINK, Ph. D., JUN-ICHI SUZUKI, M. D.

Department of Otolaryngology Teikyo University School of Medicine, Tokyo
(Director: J. Suzuki, M. D.)

Effects of stimulus rise-time, duration, number and interstimulus interval of 1000Hz tone bursts on the auditory-evoked fast responses were studied in order to find appropriate stimulation methods for objective audiometry. Increase in rise-time of the tone bursts from 5 to 20 msec resulted in increased peak latencies for all of the components (BSR, Na, Pa). The increase in rise-time also was associated with smaller peak-to-peak amplitudes (BSR-Na, Na-Pa, Pa-Nb). On the other hand, increase in duration of the tone bursts with the same rise-time (5 msec) affected neither the peak latencies nor the peak-to-peak amplitudes. These results indicated that there is little difference of frequency specificity among the various components of fast responses. The BSR-Na amplitude was not significantly influenced by increasing the number of stimuli from 500 to 4000. The Na-Pa and Pa-Nb amplitudes decreased as the number of stimuli was increased to 1000. The noise levels also decreased as the number of stimuli was increased, and this effect was greater than for either the Na-Pa or Pa-Nb amplitudes. Thus response identifiability was improved with increase of stimulus number. The BSR-Na amplitude did not decrease as the interstimulus interval was decreased from 104 to 32 msec. On the other hand, the Na-Pa and Pa-Nb amplitudes significantly decreased as the interstimulus interval was decreased. Therefore, to decrease test time, a better method is not to decrease the number of stimuli but to decrease interstimulus interval. In conclusion, our data indicated that among the fast auditory-evoked responses the BSR-Na measurement was very suitable for use as a clinical audiometric index.

A82—0470—13522

聴性速反応による聴力検査の刺激法

帝京大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：鈴木淳一教授）
小寺 一興，山田 修，ロバート ヒンク，鈴木 淳一

は し め に

聴性速反応（脳幹反応：BSR と中間潜時反応：Na, Pa, Nb）は、緩反応にくらべて睡眠相の変化にともなう反応波形や域値の変化が少ないことで、睡眠下の検査を要する幼児の他覚的聴力検査として優れている。一方聴性誘発反応の周波数選択性（純音聴力検査に対応する周波数別の聴力を測定する能力）については、潜時の遅い反応ほど優れていると考えられており、とくにBSR

については低音域の聴力検査は困難と考えられていた。しかし、BSR によっても、500Hz, 1000Hz, 2000Hz の各周波数の聴力を別個に測定できることが、最近明らかになった¹⁾²⁾。難聴児の聴力を周波数別に測定することは、補聴器の適合のためには必須であるので、聴性速反応の臨床上の有用性はさらに高まってきた。

聴性速反応による他覚的聴力検査では、周波数選択性のよい反応を指標とすることと、一つの反応記録に要す

る時間を短くすることが、臨床上必須である。本研究では、これらの条件を満たす刺激法を求めることを目的として、2つの実験を行なった。実験1では、BSRと中間潜時反応のあいだに周波数選択性の差があるか否かを調べるために、刺激音の立上り時間と持続時間の、反応潜時とピーク間振幅への影響を検討した。実験2では、聴性速反応記録に要する時間を短くするための刺激法を求めるために、反応のピーク間振幅にたいする、加算平均回数と刺激間隔の影響を検討した。

実験1 方法

正常聴力者8例を対象とした。反応の記録は、シールドした防音室内で読書中に行なった。電極は、脳波用血電極を使用し、頭頂部電極を陰極へ、検査側乳突部電極を陽極へ導き、非検査側乳突部電極を接地した。

生体からの信号を増幅したもの(日本光電RB-45030)、データレコーダー(TEAC R-410)に記録した、これ

をのちに再生しコンピューター(三栄測器 7T07)で加算平均して誘発反応を記録した。記録系全体のフィルタ

図1 立上り時間と持続時間の異なる刺激音による聴性速反応。反応の左に、刺激音の立上り時間—平坦部—立下り時間を示す26歳男性

図2 立上り時間の変化による速反応のピーク潜時(左)とピーク間振幅(右)の変化。8例の平均値を示す(縦線は標準誤差を示す)

一条件は、24-1000Hz の band pass である。

刺激音は、ゼロスタートする 1000Hz の tone burst で、1 回毎に位相を逆転させ、イヤホン (TDH 39) を通じて与えた。刺激音の立上りー平坦部ー立下り時間の組合せとして、5-32-5msec、10-22-10msec、20-2-20 msec および 5-2-5msec の 4 種を用いた。この 4 種の刺激音の平坦部の振幅は、同一とした。刺激音強度は、5-32-5msec の tone burst にたいする各被検者の自覚域値を基準にして 60dBSL とした。この条件では 5-2-5 msec の tone burst の音強度は各被検者で 50 ± 2 dBSL であった。刺激間隔 500msec で 1000 回の加算平均を行ない反応を記録し、ピーク間振幅を測定し比較した。

実験 1 結果

立上り時間が 5msec、10msec、20msec の刺激音による反応のピーク潜時の平均値と標準誤差を図 2 の左に示し、ピーク間振幅の平均値と標準誤差を図 2 の右に示した。典型的な症例の記録 (図 1) にも示すように、立上り時間を延長すると、BSR、Na、Pa の各ピーク潜時は延長し、BSR-Na、Na-Pa、Pa-Nb の各ピーク間振幅は減少した。立上り時間 5msec と 20msec の条件間における、それぞれの潜時とそれぞれの振幅の差は、すべて統計的に有意であった (t 検定, $p < 0.05$)。立上り時間の延長による潜時の延長と振幅の減少の程度は、各ピーク間に統計的有意差はなかった (F 検定)。

立上り時間が 5msec で同一であって、持続時間が異なる 2 種の刺激音 (5-2-5msec、5-32-5msec) による反応の、ピーク潜時の平均値と標準誤差を表 1 に示し、ピーク間振幅の平均値と標準誤差を表 2 に示した。典型的な症例の記録 (図 1) にも示すように、持続時間を延長

表 1 刺激音の持続時間と反応潜時
(平均値と標準誤差)

持続時間	BSR	Na	Pa
12 msec	9.1 ± 0.3	20.8 ± 0.7	29.3 ± 0.8
42 msec	9.1 ± 0.3	20.4 ± 0.7	29.3 ± 0.7

表 2 刺激音の持続時間とピーク間振幅
(平均値と標準誤差)

持続時間	BSR-Na	Na-Pa	Pa-Nb
12 msec	0.79 ± 0.07	0.83 ± 0.07	0.53 ± 0.06
42 msec	0.74 ± 0.06	0.76 ± 0.02	0.53 ± 0.06

しても、各ピーク潜時と各ピーク振幅は変化しなかった。

実験 2 方法

正常聴力者 6 例を対象とし、睡眠下で記録を行なった記録装置は、実験 1 と同一である。電極は、前頭部 (毛髪のはえぎわ) の電極を陽極へ検査側乳突部電極を陰極へ導き非検査側乳突部電極を接地した。

刺激音は、立上り立下り各 5msec で、平坦部のない 1000Hz の tone pip とした。刺激音強度は、刺激間隔 104msec における各被検者の自覚域値を規準とし 50dB SL とした。刺激間隔は、104msec、73msec、42msec および 32msec の 4 種を用いた。4000 回の刺激にたいする生体からの信号をデーターレコーダーに記録し、のちに再生して誘発反応を記録した。

最初に、刺激間隔 104msec における生体からの信号を再生し、500回、1000回、2000回、4000回の加算平均による聴性速反応を記録し、各ピーク間振幅を測定した。ついで、同一の生体からの信号を刺激音と同期させないで加算平均し、500回、1000回、2000回、4000回の加算平均の記録で、任意の 30msec の間に認められる最大の電位差を求め、これをノイズレベルの指標とした。

最後に、104msec、73msec、42msec、32msec の刺激間隔における、2000回刺激にたいする聴性速反応を 2 回記録した。各被検者のピーク間振幅として、2 つの記録の平均値を用いて、4 種の刺激間隔における各ピーク間振幅を比較した。

実験 2 結果

1. 加算平均回数の聴性速反応への影響

500回、1000回、2000回、4000回の加算平均における、各ピーク間振幅とノイズレベルの平均値と標準誤差を、図 3 に示した。BSR-Na 振幅は、加算平均回数の影響を受けなかった。Na-Pa 振幅は、1000回加算まで振幅が減少した (t 検定, $p < 0.01$)。Pa-Nb 振幅は、2000回加算まで振幅が減少した (t 検定, $p < 0.05$)。ノイズレベルは、2000回加算まで減少した (t 検定, $p < 0.01$)。2000 回と 4000 回の間には、統計的有意差を認めなかった。加算平均回数の増加にともなう振幅減少は、ノイズレベルが最大であったので、各反応の S/N 比は、加算平均回数が多いほど改善した。標準誤差に示される被検者間のバラツキは、Na-Pa で最大であり、BSR-Na で最小であった。

2. 刺激間隔の聴性速反応への影響

図 4 に、典型的症例の聴性速反応の記録を示す。刺激

図 3 加算平均回数の増加による速反応のピーク間振幅とノイズレベルの変化。
6 例の平均値と標準誤差を示す

図 4 刺激間隔の異なる刺激法による聴性速反応。反応の左に刺激間隔を示す 26歳男性

間隔は、104msec, 73msec, 42msec, 32msec で、解析時間は、それぞれ 102.4msec, 71.7msec, 41.0msec, 30.7msec である。刺激間隔が反応潜時より短くなる

ので、42msec では Nb が、32msec では Pa と Nb が記録されない。

4 種の刺激間隔における、各ピーク間振幅の平均値と標準誤差を図 5 に示す。BSR-Na 振幅は、刺激間隔を短縮しても減少せず、43msec よりも 32msec で振幅が増加した (t 検定, $p < 0.01$)。Na-Pa 振幅は、104msec から 42msec に短縮すると減少した (t 検定, $p < 0.05$)。Pa-Nb 振幅は、104msec から 73msec に短縮すると減少した (t 検定, $p < 0.01$)。

考 察

幼小児を対象とする他覚的聴力検査に望ましい誘発反応の性質として、1. 周波数選択性が良いこと、2. 短時間で記録できること、3. 反応の出現率に個体差が少なく安定して記録できること、があげられる。今回の実験結果は、上述の 1, 2 の項目については、BSR-Na 成分を指標にして、刺激間隔を短かくすることが良いこと

図5 刺激間隔の変化による速反応のピーク間振幅の変化。6例の平均値と標準誤差を示す

を示した。

周波数選択性（純音聴力検査に対応する、周波数別の聴力を測定する能力）の直接的な検討法は、聴力検査が可能な正常および難聴者を対象に誘発反応域値を求めて純音域値と比較することである。著者らは、この方法によって、BSR-Naを指標とする誘発反応が500Hz, 1000Hz, 2000Hzにおいて、臨床上十分に良好な周波数選択性を備えていることを報告した¹⁾。一方、聴性緩反応の周波数選択性については、音開始から30msec以内の刺激音は、その平坦部も反応誘発に有効であることから、よりよい周波数選択性があると考えられている³⁾。

中間潜時反応は、BSRと緩反応の中間に位置することから、BSRにくらべてより良い周波数選択性を備えているとの仮説があった。しかし、実験1の結果では、刺激音の立上り時間を延長した場合にBSRと中間潜時反応に起る変化は同様であった。また、刺激音の平坦部

を延長しても、BSRと中間潜時反応はともに変化しなかった。これらの結果は、BSR-Naと、それ以降のNa-Pa, Pa-Nbの間に周波数選択性の差がないことを示すものである。

反応記録に要する時間を短縮するには、1. 加算平均回数を減少させること、2. 刺激間隔を短かくすること、の2つの方法が考えられる。加算回数を減少させることは、図3の結果に示すように、S/N比を悪くするので反応判定の信頼性を損なうこととなり適切ではない。とくに、tone pipを刺激音として周波数別の聴力を測定する場合には、自覚域値に近い音強度における反応の記録が必須である。その理由は、刺激音強度が弱いほど蝸牛基底板の刺激される範囲は狭くなり、得られた反応の周波数選択性が良くなるからである。実験2では、記録は睡眠下で行なっているので生体からのノイズは少ない条件であるが、背景脳波などによるノイズレベルの減少は、2000回の加算平均まで有意に減少した。したがって、とくに反応域値付近では、2000回位の加算平均が必要である。

刺激間隔を短かくすることは、検査時間短縮のために有効であった。実験2の結果では、BSR-Na振幅は刺激間隔を32msecにしても振幅は減少しなかった。クリックを刺激音とする場合には、BSRとそれにつづく頭頂部陰性の電位との間の振幅は、刺激間隔を短かくしても変化が小さい⁴⁾⁵⁾。今回の実験は、周波数選択性のあるtone pipによる速反応においても、BSR-Na成分は同様の性質を持つことを示した。刺激間隔を短かくすると、潜時の遅い反応が潜時の早い反応と重複して記録される可能性がある。図4に示した刺激間隔32msecの方が42msecにくらべてBSR-Na振幅が増加する現象は、刺激間隔32msecの条件ではNaとNbが重複して記録されることによると推論できる。しかし、このような重複は潜時の遅い反応の振幅が刺激間隔の短縮にともない減少するので、反応判定の障害にはならない。

反応の出現率や安定性については、堀内ら⁶⁾や沖津ら⁷⁾によって報告されている。睡眠幼児では、BSRとNaの出現性は良好であるが、Paの出現性は低下する。したがって、この点からもBSR-Naを指標とすることが良いと考えられる。

結 論

1. 聴性速反応の各成分の間には(BSR, Na, Pa), 周波数選択性の差はない。

2. 聴性速反応を用いた周波数選択性のある他覚的聴力検査では、検査時間短縮のために、BSR-Na 成分を指標として、刺激間隔を短かく (32-40msec) することが臨床上有用である。

参 考 文 献

- 1) *Kodera K, Yamane H, Yamada O and Suzuki J-I*: Brain stem response audiometry at speech frequencies. *Audiology* 16: 469-479 (1977)
- 2) *Suzuki T, Hirai Y and Horiuchi K*: Auditory brain stem responses to pure tone stimuli. *Scand. Audiol.* 6: 51-55 (1977)
- 3) *Onishi S and Davis H*: Effects of duration and rise time of tone bursts on evoked V potentials. *J. Acoust. Soc. Amer.* 44: 582-591 (1968)
- 4) *Goldstein R, Rodman L B and Karlovich R S*: Effects of stimulus rate and number on the early components of the averaged electroencephalic response. *J Speech and Hearing Res.* 15: 559-566 (1972)
- 5) *Terkildsen K, Osterhammel P and Veld H*: Far-field electrocochleography. Adaptation. *Scand. Audiol.* 4: 215-220 (1975)
- 6) 堀内潔子: 聴性誘発反応の middle latency response の検討, *日耳鼻* 79: 1549-1558 (1976)
- 7) 沖津卓二, 小林俊光, 河本和友, 広瀬富美子: 頭頂部中間反応 (Middle Latency Response) について *Audiology Jap.* 20: 171-179 (1977)

(原稿受付 昭和53. 12. 6日)

別刷請求先 〒 173 東京都板橋区加賀 2-11-1

帝京大学医学部耳鼻咽喉科学教室 小寺 一興