

ABR と聴覚

芳川 洋

順天堂大学医学部耳鼻咽喉科学教室

1. ABR の臨床応用

1-1. ABR の特性と臨床応用

ABR の臨床応用は2つの方向に大別される。第1に聴力その他覚的検査法としての応用, 第2に脳神経学的応用である。

とくに, ABR の持つ諸性質, すなわち自覚域値と反応域値とが近いこと, 反応の安定性, 再現性の良さ, 意識状態(睡眠, 薬物投与を含め)に影響されず記録可能なこと, さらに記録が容易であることなどは, 他覚的聴力検査法として適している。これらの性質と近年のめざましいコンピュータ技術の進歩により従前から研究された SVR, MLR 等を凌駕する勢いで普及し現在に至っている。

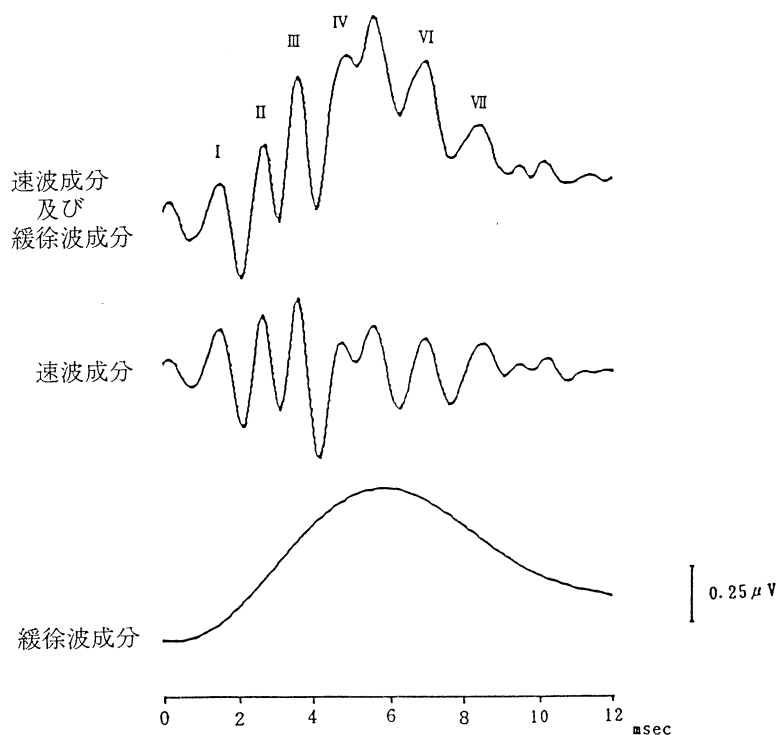


図1 ABR の反応成分 (クリック刺激, positive-up)

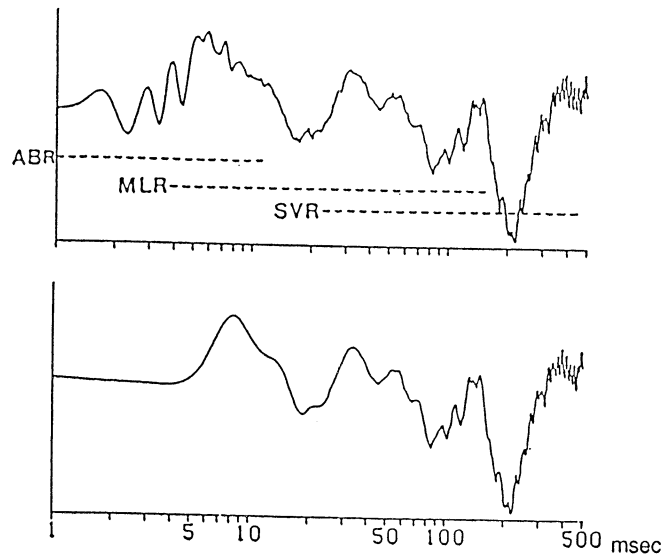


図2 聴性誘発反応と ABR (対数時間軸表示, positive-up)

1-2. ABR の反応成分と臨床応用

ABR は通常 I 波, II 波, III 波, IV 波, V 波……と呼ばれる速波成分が緩徐な陽性電位変動(陽性緩徐波成分: Slow ABR)に乗って記録される。これらの成分のうち速波成分は主として脳神経学的応用に利用され, 聴力の推定に際しては速波の V 波ならびに陽性緩徐波成分が指標とされる。(図 1)

なお, 通常 ABR は単独で記録されるが, 実際には MLR (聴性中間反応) や SVR (頭頂部緩反応) とは一連の聴性誘発反応として記録されるものであり, 各々の反応の一部が互いに重複している。(図 2)

2. ABR の域値

2-1. クリックによる検査

ABR はクリックのような立ち上がりの早い過渡音によって明瞭に記録される。さらにクリックの持つ広い周波数帯域のうち 2000~4000Hz の成分によって反応が得られるとされている。したがって, 2000Hz ないし 4000Hz 程度の周波数の聴力レベルを推定するのには適している。

聴力レベルを推定する際には, どの程度の低音圧まで反応を認めるか (反応域値: 反応が認められる最も低い音圧) が問題になる。正常聴力者での検討によると反応域値は自覚域値上約 10dB nHL である。

なお, 一般に ABR 記録に要する加算回数は 500 から 2000 回程度とされている。これは S/N 比が加算回数に比例して大きくなる (反応が明瞭になる) が, 2000 回程度がその限界でそれ以上の加算はあまり S/N 比を改善させないとの事実による。

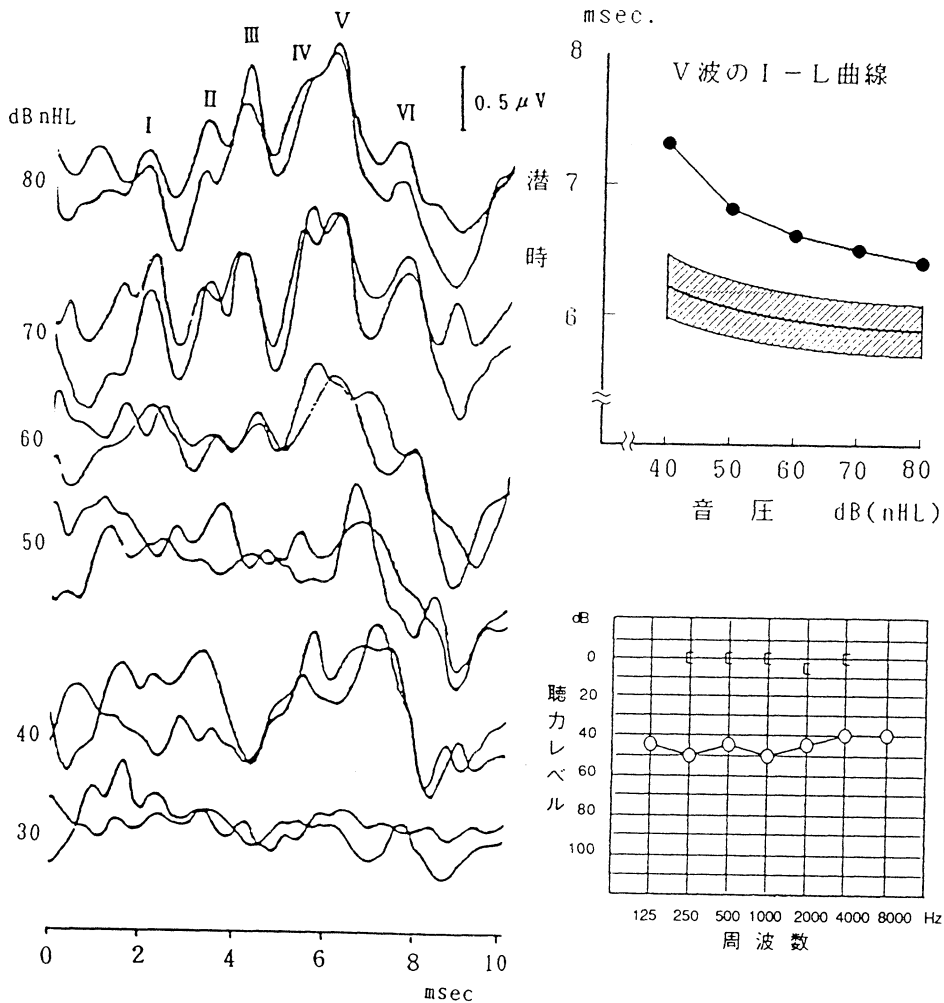


図3 伝音難聴例
伝音難聴例ではV波のI-L曲線が正常範囲(斜線領域)と平行に全体の潜時が延長することが多い。

また、V波のI-L曲線(Intensity-Latency Curve)を求めることによって伝音難聴、感音難聴の区別が推定できる。(図3、図4)

2-2. クリックによる検査の問題点(周波数特異性)

クリックは広い周波数帯域成分を持つ音であり、一般にはその内の2000~4000Hzの成分が主にABRの誘発に関与するとされている。500, 1000, 2000Hzのいわゆる会話域の聴覚域値を推定するには不向きであることを意味する。

さらに、2000~4000Hz成分のうちどれが主として誘発に関与するかについては、船井¹⁾(1991)は刺激音(クリック)と同時に各種純音を与えて、誘発されるABRと蝸牛機能との関係を調べ、正常耳と水平型感音難聴では遮蔽純音の周波数は3~4kHzであったが、高音障害型感音難聴で

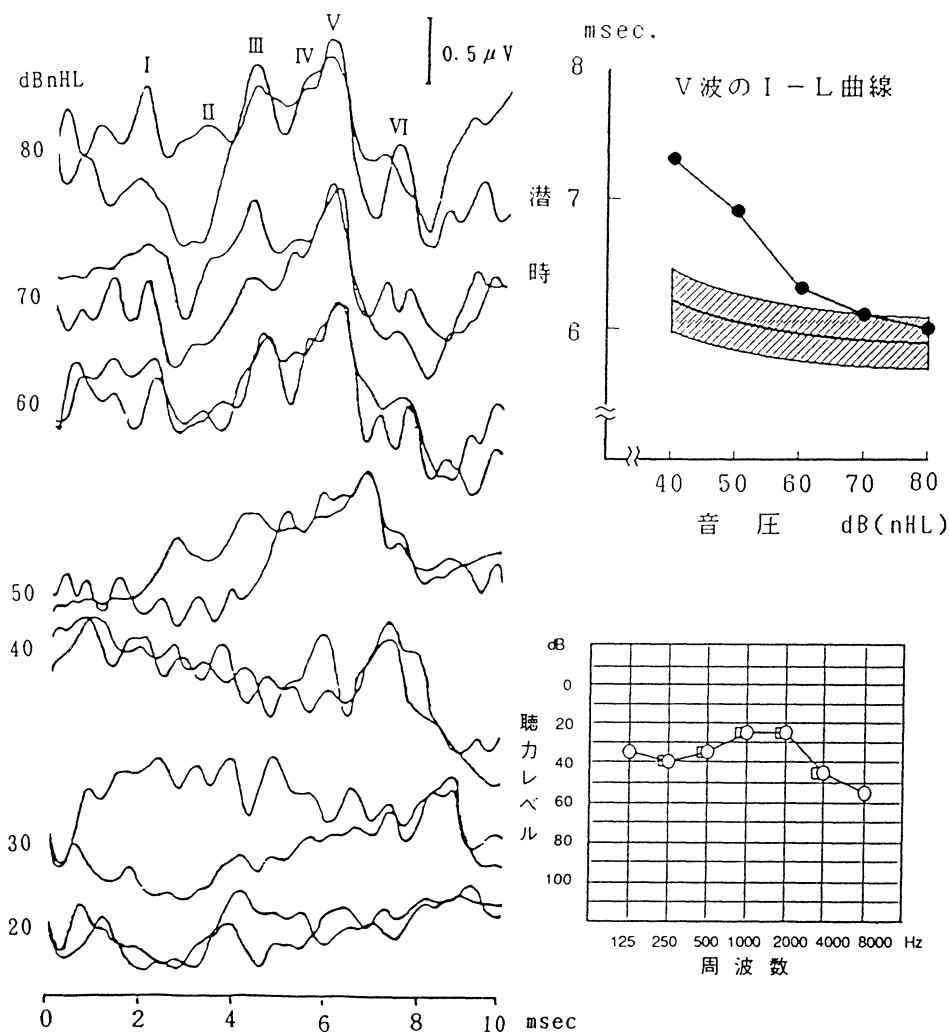


図4 感音難聴例

感音難聴例ではV波のI-L曲線は刺激音が強音圧になると正常範囲(斜線領域)に入ってくる。補充現象陽性例にこのパターンが多いとされている。

は1~2 kHzと正常より低音に分布し、低音障害型感音難聴ではチューニングカーブが急峻となったと報告している。

自覚域値不明例ではその聴力を推測することには慎重でなければならない。あくまでも補助的手段と考えるほうがよい。

3. ABRと周波数特異性

主にon-反応であるABRを明瞭に記録するにはクリックに代表される立ち上がりの早い刺激音が必要である一方、聴力検査としては周波数特異性が要求される。これら矛盾する条件を兼ね備

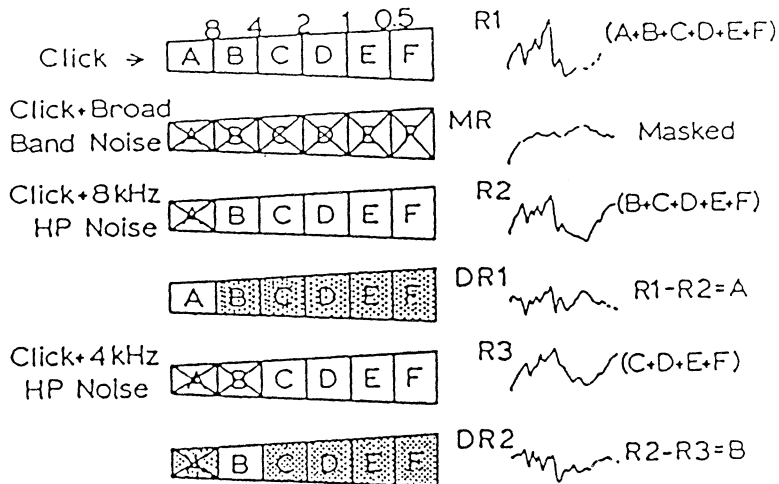


Fig. 2: A simplified schematic description of the BSER high-pass masking technique and its application for obtaining the derived BSER. No attempt has been made in the diagram to represent the actual physical relations in terms of length, width or frequency mapping of the cochlea. Section A represents the area whose maximum sensitivity is 8 kHz and above; section B represents the region from 4 to 8 kHz; section C represents the region from 2 to 4 kHz; section D, from 1 to 2 kHz; section E, from 0.5 to 1 kHz; and section F, the region below 500 Hz.

図5 high-pass masking による derived response の記録法 (Don M et al., 1979より引用)

えた刺激音に関する研究がなされてきた。主な方法はおおよそ次の2つに大別できる。

1) 刺激音自体に周波数特異性を持たせようとするもので、現在のところトーンピップ、トーンバーストが多く用いられている。とくにトーンピップについては立ち上がり立ち下がり各5 msec (Kodera³⁾, 1977), 3サイクル波 (吉江³⁾, 1980), 周波数に応じて立ち上がり立ち下がり時間を変える (堀内⁴⁾, 1989) などの報告がある。

2) 刺激音に雑音あるいは純音を混合して不要な周波数帯域をマスキング (遮蔽) しようとするもので、Don^{5), 6)} (1978, 1979), Pantev⁷⁾ (1982) などによる derived response と Picton⁸⁾ (1979), Pratt⁹⁾ (1982) らの notched noise 法がこの範疇に入る。

尚, Hoke¹⁰⁾ (1991) は, Tone-Pulse Series

Tone pulse series: Gaussian modulated pulses

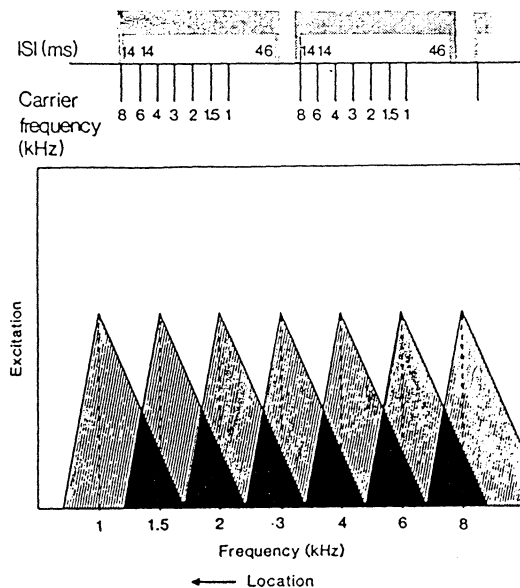


図6 TOPSTIMにおける刺激の与え方と蝸牛での興奮のパターン
黒塗り部分は先行する刺激によりマスキングされた状態を示す。
(Hoke M et al., 1991より引用)

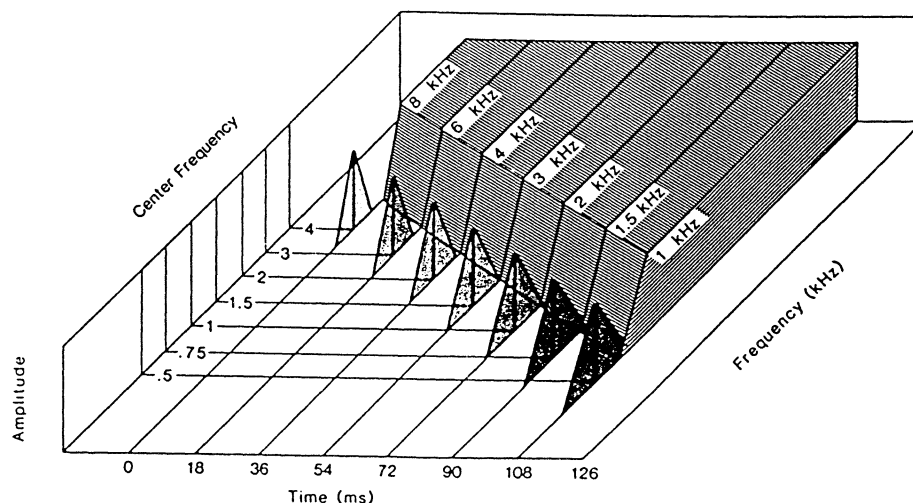


図7 TOPSTIM と同時に GHINOMA を行った場合の刺激音およびマスキ어의様式
(Hoke M et al., 1991より引用)

Stimulation (TOPSTIM) と称する一連の刺激により、1～8 kHz にわたる周波数特性を有する ABR の域値を短時間で推定する方法を報告し、さらに 1 kHz 以下の周波数に関しても Gliding High-pass Noise Masking (GHINOMA) を同時に行うことにより同様に可能であると報告した。

4. ABR の聴覚との関連

ABR はあくまでも電気生理学的現象であって“聴覚”という感覚をそのまま反映するものではない。つまり厳密には脳幹部の聴覚路まで音の信号が伝わっているか否かを示すにすぎないのである。

したがって音刺激を与えても ABR が記録できない場合は、被検者にはその音が聞こえていないか、あるいは聞こえてはいるが何らかの理由で記録できない可能性を考慮する必要がある。

一般に、聴覚路に発生した電気的興奮のうち同期化されたものが主に誘発反応として記録され、同期化されない興奮はそのまま聴皮質へ至るものと考えられている。たとえば、聴神経腫瘍症例などでは ABR にて I 波しか記録出来ず判定不可能な場合にも標準純音聴力検査にて聴力レベルを測定できることはよく経験することである。

このような点を考慮すると、より高位中枢からの反応である MLR, SVRなどを併せて検討することの重要性を再認識すべきであろう。

しかしながら、難聴の原因の大部分は中耳、内耳の障害であるため、中枢に障害が認められない場合、ABR が正常なら聴力もまず正常であろうと一応推定しているのが現状であろう。

また、ABR はなんらかの理由で一般的な聴力検査ができない、あるいは不適当な場合に用いられる。すなわち、新生児や乳幼児、精神発達遅滞者、重症身体障害者、詐聴や機能的難聴が疑わ

れる場合などがその適応と考えられる。

文 献

- 1) 船井洋光：純音遮蔽法によるクリック ABR の蝸牛機能の研究。Audiology Japan **34**；171-176, 1991.
- 2) Kodera K, Yamane H, Yamada O et al. : The effect of onset, offset and rise-decay times of tone burst on brain stem response. Scand. Audiol., **6**；205-210, 1977.
- 3) 吉江信夫, 大橋 徹, 阿瀬雄治, 他：周波数特異性刺激による AP, ABR 聴力検査。Audiology Japan, **23**；136-142, 1980.
- 4) 堀内康治：トーンピップ ABR の周波数特異性。日耳鼻, **92**；1895-1910, 1989.
- 5) Don M, Eggermont JJ : Analysis of the click-evoked brainstem potentials in man using high-pass noise masking. J. Acoust. Soc. Am. **63**；1084-1092, 1978.
- 6) Don M, Eggermont JJ, Brackmann DE : Reconstruction of the audiogram using brain stem responses and high-pass noise masking. Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. Suppl., **57**；1-20, 1979.
- 7) Pantev Ch, Pantev M : Derived brain stem responses by means of pure -tone masking. Scand Audiol **11**；15-22, 1982.
- 8) Picton TW, Quellette J, Hamel G et al. : Brainstem evoked potentials to tone pips in notched noise. J. Otolaryng., **8**；289-314, 1979.
- 9) Pratt H, Bleich N : Auditory brain stem potentials evoked by clicks in notch-filtered masking noise. Electroenceph. clin. Neurophysiol., **53**；417-426. 1982.
- 10) Hoke M, Pantev C, Ansa L et al. : A timesaving BERA technique for frequency-specific assessment of the auditory threshold through tonepulse series stimulation (TOPSTIM) with simultaneous gliding high-pass noise masking (GHINOMA). Acta Otolaryngol (Stockh) Suppl. **482**；45-56, 1991.