聴性脳幹反応 (ABR) における両耳相互作用

——ABR・AP 同時記録による検討. その1: 振幅の変化を指標として——

山内 盛雄・山本 悦生
岩永 迪孝・岩崎 博

Binaural Interaction in Human Auditory Brainstem Responses

Morio Yamauchi, Etsuo Yamamoto, Michitaka Iwanaga
and Hiroshi Iwasaki

(Kyoto University)

Auditory brainstem responses (ABR) were first recorded in humans by Jewett *et al.* (1971), having been shown to reflect activities in both peripheral and central auditory systems. Data from single unit studies, lesion studies and clinical studies obtained by many authors suggest that waves I and II reflect synchronous activities in the eighth nerve and cochlear nuclei ipsilateral to the ear stimulated, respectively.

These data also suggest that waves III, IV, V and VI are dependent on the integrity of activities of the higher brainstem auditory nuclei, i.e., superior olivary complex, nuclei of the lateral lemniscus, and inferior colliculus, etc. Identification of the sources of these later waves (III–VI) is, however, less precise than that of early waves (I and II) because of neuro-anatomical and neurophysiological complexities of the upper brainstem auditory nuclei to access. Fortunately, binaurally innervated neurons are present in the higher brainstem auditory nuclei, and binaural interaction is known to occur at most levels of these higher brainstem auditory nuclei.

This fact can present valuable information if studied from the standpoint of binaural interaction where the phenomenon seems to take place in ABR. This paper deals with binaural interaction in ABR to reveal the level of wave where binaural interaction takes place. Binaural interaction in ABR is defined in this paper as any deviation in latency and amplitude of the components of ABR from those of properly masked ABR.

Auditory brainstem responses and electrocochleogram were recorded in response to monaural click stimuli with or without a continuous white noise to the contralateral ear in 24 subjects who were all normal hearing adults. The results were as follows.

- 1) Neither latency or amplitude of ABR-wave I and EcochG-AP (N1) evoked by clicks at 90 dBHL with masking noise at 50 dB were altered or degraded by a continuous white noise at 70 dB or at silent presented to the contralateral ear ($p < 0.05$). This data implied that a transcranial masking phenomenon did not attribute to the degradation of ABR-wave I and EcochG-AP (N1) up to the noise level of 70 dB.

- 2) Contrary to the stability of ABR-wave I and EcochG-AP (N1) depicted as above, the amplitudes of ABR-waves II and VI decreased as the intensity of a continuous noise to contralateral ear increased ($P < 0.05$).
- 3) Latency of ABR-wave IV showed a statistically significant prolongation with the increase of the intensity of the noise ($P < 0.05$).
- 4) Both latency and amplitude of ABR-wave V were the most stable to the noise loaded to the contralateral ear.
- 5) The method of binaural interaction in ABR defined in this paper is concluded to be clinically useful in the detection of brainstem pathologic conditions where a clear distinction between ABR-wave V and the other waves is difficult.

は じ め に

聴性脳幹反応（以下、ABR と略）は、音刺激に対する聴神経および脳幹部聴覚中継核に由来する反応電位であり、他覚的聴力検査や後迷路性難聴の部位診断などに应用価値があると評価されてきている。しかしながら、他覚的聴力検査法としては各周波数別の聴力域値を正確に求めることは困難であること、また、後迷路性難聴の部位診断法としては聴覚中枢路における交叉性と ABR 異常検出側との乖離が認められること、など未解決点が残されている。

この両者を解決する際の前提条件として、1) 同側あるいは対側耳に雑音を適当なフィルターを通して負荷する方法においてその負荷雑音の ABR への影響を明らかにする必要がある。2) 聴覚中枢路における交叉性あるいは両側性支配によって生じる諸現象が ABR でも検出できるか、の 2 点を解明する必要がある。そこで、著者らは、一側耳へクリック音、対側耳へ白色雑音を負荷する両耳刺激方法を考案し、その方法で得られる所見を両耳相互作用と仮称し、検討を加えてきた^{1,2)}。

今回、ABR と蝸電図を同時に記録する方法で、対側耳負荷雑音の影響を聴覚の末梢レベルおよび中枢レベルでの両反応で検討を加えたので報告する。

方 法

聴性脳幹反応（ABR）検査システムの概略を図 1 に、音刺激方法を図 2 に示した。

(1). 防音・電気シールド室（iac 103483）内にて、被検者を安静・仰臥位にして測定を行なった。

(2). ABR 誘導方法は、頭頂部を陽極、クリック音刺激側耳垂を陰極とする差働増巾、蝸電図（EcochG）誘導方法は、クリック音刺激側鼓膜表面を陰極、同側耳垂を陽極とする差働増巾方法で、生体増幅器（日本光電社製、AVB-8）を用い、フィルター帯域 150~3,000Hz にて増幅を行なった。

(3). 誘導された原波形は on-line でデータ処理装置（日本光電社製、ATAC-350）にて加算処理を行なった。解析時間：10.24 msec，加算回数：2,000回，サンプリング間隔：20 μ sec。

(4). 加算結果を X-Y レコーダ（RIKADE NKI 社製）

以上の方法を用いて、両側聴力正常の成人 24 名を対象に検査を行なった。今回は、ABR、EcochG とともに振幅の変化について検討するが、データ集計にあたって振巾の計測方法は図 3 に示すように各ピークの前後の谷を結ぶ線からピークまでの距離をとった。

図 1 ABR検査システム

図 2 音刺激方法

図 3 振幅計測方法

成

ABR 検査に際して、一側耳にクリック音を聴取させて、同時に対側耳へ種々の強さの雑音を負荷すると、つぎに述べる 2 現象を検討することができる。すなわち、1) 一般の聴力検査の場合と同様に、強大音刺激時に対側耳に生じる陰影聴取現象、2) 聴覚中枢路に存在する両側性あるいは交叉性支配神経核群に生じる両耳相互作用現象、の 2 現象に関する情報が得られるものと考えられる。これを図 4 に示す代表例で検討するとつぎのような概略が得られた。

績

まず、1) の事項を検討する方法として、
 ①: 対側耳へ雑音を負荷しない、所謂、マスキングなしでの ABR 各波 (ABR・①) と、
 ②: 対側耳へ白色雑音 50 dB を負荷し、仮りに“適正にマスキング”した ABR 各波 (ABR・②) との間 (ABR・①, ABR・②) に有意の差異が認められるか否か、すなわち、陰影聴取が認められるかどうかを検討すると、つぎのような結果となった。

聴覚系の末梢レベルの反応を反映する ABR

(1) 対側耳へ白色雑音負荷(ー) (2) 対側耳へ白色雑音 50 dB 負荷 (3) 対側耳へ白色雑音 70 dB 負荷
 図 4 右 ABR, AP—右耳をクリック (90 dBHL=126 dBpeSPL) で刺激した場合の左耳負荷白色雑音の影響

第 I 波 (ABR・WI) で検討すると, 対側耳へ雑音を負荷しない場合の振幅 $ABR \cdot \textcircled{a} \cdot WI = 1.90 \times 0.5 \mu V$ で, これに対して対側耳へ白色雑音 50 dB 負荷した場合の振幅 $ABR \cdot \textcircled{b} \cdot WI = 1.75 \times 0.5 \mu V$ となり, したがって, 本例の第 I 波では対側耳への白色雑音 50 dB 負荷の有無によって振幅に軽度の相互変化が認められることになった. すなわち, 相互変化の量を D とすれば, $D = ABR \cdot \textcircled{a} \cdot WI - ABR \cdot \textcircled{b} \cdot WI = 0.15 \times 0.5 \mu V$ となる. ここで, 相互変化の程度を比率〔適正にマスキングした ABR (⑥) に対する“マスキングなし”の ABR (⑤) の比率, $ABR \cdot \textcircled{a} / ABR \cdot \textcircled{b} = DR$ 〕でみると, $DR = ABR \cdot \textcircled{a} \cdot WI / ABR \cdot \textcircled{b} \cdot WI = 1.75 \times 0.5 \mu V / 1.90 \times 0.5 \mu V = 0.92$ となる.

つぎに, ABR 第 I 波 (ABR・WI) の潜時について検討すると, 雑音を負荷しない ABR・⑤・WI=1.25 msec で, 白色雑音 50 dB 負荷した ABR・⑥・WI=1.30 msec, したがって $D = -0.05 \text{ msec}$ となり, 一方, $DR = 1.25 \text{ msec} / 1.30 \text{ msec} = 0.96$ となる. また, ABR 第 I 波 (ABR・WI) と同じく聴覚末梢レベルの反応を反映する Ecoch G の AP (N_1) の振幅についても D , DR を求めると, $D = -0.55 \times 1 \mu V$, $DR = 0.91$, 一方, 潜時では, $D = 0 \text{ msec}$, $DR = 1.00$ となった. つぎに, 中枢側での反応を反映するといわれる, 本図中で矢印で示す ABR 第 VI 波 (ABR・WVI) について検討を加

えると, 振幅では, $D = -0.95 \times 0.5 \mu V$, $DR = 0.39$, 潜時では, $D = -0.25 \text{ msec}$, $DR = 0.96$ となり, 振幅における $DR = 0.39$ の値が, 著明に小さい比率を示すことになった. したがって, 対側耳への白色雑音負荷の有無による相互変化は, ABR・WI と ABR・WVI で代表される聴覚系末梢側と中枢側のそれぞれの反応のうち, 後者の振幅に大きく出現することになる.

つぎに, 2) の事項について検討する方法として, ⑥: 対側耳へ白色雑音 50 dB を負荷した ABR 各波 (ABR・⑥) と, ⑦: 対側耳へ白色雑音 70 dB を負荷した ABR 各波 (ABR・⑦) との間 (ABR・⑥, ABR・⑦) に有意の差異が認められるか否か, すなわち, 対側耳へ負荷する雑音が聴覚末梢レベルの反応に大きな影響を与えない範囲内において雑音の強さを増量することによって聴覚中枢レベルでの反応に変化が検出できるか否か, を検討する. まず, ABR 第 I 波の振幅についてみると, $ABR \cdot \textcircled{b} \cdot WI = 1.75 \times 0.5 \mu V$, $ABR \cdot \textcircled{c} \cdot WI = 1.65 \times 0.5 \mu V$ で, $D = 0.1 \times 0.5 \mu V$, $DR = 0.94$ となった. Ecoch G の AP (N_1) の振幅では, $D = 0.20 \times 1 \mu V$, $DR = 0.97$ となった. これらの潜時についてみると, ABR・WI では $D = 0 \mu V$, $DR = 1.00$ となり, Ecoch G, AP (N_1) では $D = 0 \mu V$, $DR = 1.00$ となった. 以上のように, 聴覚末梢レベルの反応〔ABR・WI, Ecoch G・AP (N_1)〕に対側耳負荷雑音の強さの増量にと

表1 ABR, AP 各波振幅の平均値

	クリック	ノイズ	I 波(S.D.)	II 波(S.D.)	III 波(S.D.)	IV 波(S.D.)	V 波(S.D.)	VI 波(S.D.)
頭頂耳垂誘導 ABR	90dB	NM	1.26 (0.554)	0.78 (0.519)	1.46 (0.671)	0.78 (0.617)	1.12 (0.563)	0.92 (0.249)
		50dB	1.26 (0.514)	0.77 (0.514)	1.45 (0.606)	0.83 (0.657)	1.11 (0.478)	1.17 (0.480)
		70dB	1.21 (0.476)	0.59 (0.264)	1.25 (0.537)	0.70 (0.617)	0.98 (0.390)	0.53 (0.215)
	70dB	NM	0.77 (0.344)	0.55 (0.332)	0.97 (0.453)	0.52 (0.416)	0.75 (0.371)	1.10 (0.341)
		50dB	0.78 (0.328)	0.56 (0.291)	0.95 (0.501)	0.48 (0.406)	0.85 (0.375)	0.76 (0.280)
		60dB	0.76 (0.340)	0.48 (0.222)	0.83 (0.359)	0.34 (0.256)	0.80 (0.377)	0.52 (0.256)
		70dB	0.64 (0.287)	0.32 (0.138)	0.65 (0.312)	0.28 (0.201)	0.82 (0.435)	0.36 (0.153)
	クリック	ノイズ	AP(N ₁)	AP(N ₂)	N=24			
鼓膜表面誘導 Ecoch G	90dB	NM	5.19 (1.557)	0.93 (0.507)	↑ (×0.5 μV)			
		50dB	5.13 (1.481)	1.19 (0.636)				
		70dB	5.03 (1.464)	0.82 (0.611)				
	70dB	NM	4.05 (0.940)	1.23 (0.437)				
		50dB	3.99 (1.051)	1.38 (0.560)				
		60dB	3.39 (0.968)	1.09 (0.556)				
		70dB	2.53 (0.731)	0.68 (0.397)				
					← (×1 μV)			

NM : 対側耳へ白色雑音を負荷しない・a
50dB : 対側耳へ白色雑音を 50dB 負荷・b
60dB : 対側耳へ白色雑音を 60dB 負荷・d
70dB : 対側耳へ白色雑音を 70dB 負荷・c
S.D. : 標準偏差

もなう振幅の変化が認められるが、その変化の程度は小さい。これに対して、中枢例の反応を反映する ABR 第 VI 波では、振幅については $D=0.7 \times 0.5 \mu V$, $DR \div 0.55$, 潜時については $D=0.4 \text{ msec}$, $DR \div 1.06$ となり、振幅、潜時とも対側耳負荷雑音の強さの増量にもなう変化が大きいことになった。したがって、本代表例において、対側耳へ負荷する白色雑音の強さを増量することによる相互変化は、ABR・WI および Ecoch G・AP (N₁) の末梢レベルの反応に比べて ABR・WVI の中枢レベルの反応において大きいことになる。

そこで、以上の所見を詳細に検討するために、全対象24名で得られた振幅のデータを集計し、

平均値（表1）を求めるとともに個々の被検者における対側耳負荷雑音の強さを変化することに伴う変化分に対して t-検定を施し統計的処理を行なった。そして、表1に掲載した平均値にもとづいて各比率（DR）を求め、その結果を図5にグラフで表わした。すなわち、A) 各波の振幅における対側耳負荷雑音の有無の変化に伴う変化分について比率（DR）を表1をもとに求めると、(1) クリック音 90 dBHL で誘発した ABR の場合、第 I 波は $a/b \div 1.0$, 第 II 波は $a/b \div 1.01$, 第 III 波は $a/b \div 1.01$, 第 IV 波は $a/b \div 0.94$, 第 V 波は $a/b \div 1.01$, そして第 VI 波は $a/b \div 0.79$ となり、図5上の ○—○ で示した曲線となった。したがって、対

側耳負荷雑音の有無による変化は第VI波に大きく現われることになった。また, A)-(2): クリック音 70 dB HL で誘発した ABR の場合でも, 第I波 $\text{a}/\text{b} \div 0.99$, 第II波 $\text{a}/\text{b} \div 0.98$, 第III波 $\text{a}/\text{b} \div 1.02$, 第IV波 $\text{a}/\text{b} \div 1.08$, 第V波 $\text{a}/\text{b} \div 0.88$, そして第VI波 $\text{a}/\text{b} \div 1.45$ となり, 図5下の○—○で示した曲線となり, この条件においても対側耳負荷雑音の有無による変化は第VI波に大きく現われることになった。

以上のように, 各波の平均値をもとにした比率 (DR) による比較方法で, 対側耳雑音負荷の有無による変化は第VI波に大きく出現することが判明したが, これを別の観点から, すなわち, 個々の被検者の各波について代表例の検討で記述した相互変化の量 (D) を求め, この個々の被検者の相互変化の量 (D) が全対象 24 例で統計的 (t-検定) 有意差が認められるか否かを

検討した。

その結果, 第VI波で $t_0 = 2.406$ (クリック音 90 dB HL), $t_0 = 5.428$ (クリック音 70 dB HL) の値となり両者とも 5% 水準で有意の差を示し, これに対して第I波から第V波には有意差が認められなかった。

つぎに, B)-(1): 各波の振幅における対側耳負荷雑音の強さの変化 (50 dB→70 dB) に伴う変化分についての平均値の比率 (DR) および個々の被検者の相互変化の量 (D) についての t-検定を施し検討を加えた。その結果, 平均値の比率 ($\text{DR} = \text{c}/\text{d}$) の値は図5の△—△で示した曲線で示されるものになり, 第I波を除く波で比率が小さくなり, 特に第VI波では大きな相互変化を示している。以上の所見は, 相互変化の量 (D) についての t-検定でも, 第I波には有意の差がない雑音の影響であるのに対して第II波以降の各波の変化量は 5% 水準で有意差が認められた。…クリック音 90 dB HL。

B)-(2): クリック音 70 dB HL の場合は, 対側耳負荷雑音の強さが 70 dB (△—△) では ABR 第I波および Ecoch G の AP (N_1) レベルですでに過剰遮蔽現象が認められたために, 対側耳負荷雑音の強さが 60 dB (×…×) の場合の成績について検討を加えた。すなわち, 平均値の比率 (DR) は d/b の値を求めることになり, その結果は図5の ×…× で示した曲線となった。ここでも, 第I波には対側耳負荷雑音の強さの変化 (50 dB→60 dB) による影響はほとんど認められないのに対して第II波, 第III波, 第IV波および第VI波では大きな影響を受ける成績が得られた (相互変化の量 D においても $P < 0.05$ で有意差があった)。しかし, 本条件では, 第V波に関しては相互変化の比率 (DR) および相互変化の量の両者とも大きな変化はなく, 有意の差は認められなかった。

小括: 今回の研究で得られた成績を要約すると, ABR 検査に際して対側耳へ雑音を負荷すると ABR 各波形の振幅に影響 (主に振幅の抑制) を与える。その影響を受ける度合は波によ

図5 ABR (及び AP) 各波振幅: 対側耳負荷雑音の影響

- : 対側耳負荷雑音 50 dB (b) に対する
対側耳負荷雑音なし (a) の比率— a/b
- ×…×: 対側耳負荷雑音 50 dB (b) に対する
対側耳負荷雑音 60 dB (d) の比率— d/b
- △—△: 対側耳負荷雑音 50 dB (b) に対する
対側耳負荷雑音 70 dB (c) の比率— c/b

って差異がみられるが、最も大きな影響を受ける波は第Ⅵ波であり、ついで第Ⅱ波、Ⅳ波、第Ⅲ波の順に影響を受け、第Ⅴ波は影響を受けることが少なく比較的安定した振幅を維持するこ

とが判明した。以上の所見は、図6に示すような ABR で、第Ⅴ波の確定が困難である場合に一部刺激条件を修正すると有益な判定手段として用いられる応用価値をもつものと考えられる。

図6 患側(左)耳 ABR—対側耳(右)への白色雑音負荷による第Ⅴ波の確認方法
左小脳橋角部腫瘍症例の患側耳刺激で誘発した ABR であるが、第Ⅴ波の確定が対側耳に雑音を負荷しない場合では困難であった。

考 按

聴性脳幹反応 (ABR) を聴神経腫瘍や脳幹部病変を有する症例の聴覚検査として臨床応用する場合には、正常聴力および内耳性難聴のそれぞれの被検者群で ABR 波形のパターンおよび各波の振幅、潜時について正確な認識が前提条件となる。Chiappa ら (1979)³⁾ は、聴力正常の50名の被検者を対象に ABR 検査を行ない、これら正常聴力者の ABR 各波に種々のバリエーションが認められることを指摘している。すなわち、ABR 第Ⅲ波には2種類の波パターンがあり、また ABR Ⅳ～Ⅴ波には6種類のパターンが認められる事実をあげており、中枢性病変の診断には慎重な態度が求められると述べている。われわれの実験成績は、ABR 各波における対側耳負荷雑音の影響の受け方が波によって比較的特色があり、特に第Ⅴ波とその前後のⅣ波、Ⅵ波との間には大きな差異があることを示している。したがって、後迷路性、中枢性病変の診断に ABR を応用する場合、小括で述べたように有益な応用価値が認められる。そして、応用価値をさらに高いものにするために、ABR 各波の潜時に対する対側耳負荷雑音の影響について検討中であり、紙面を改めて報告する。

参 考 文 献

- 1) 山内盛雄, 他: 聴性脳幹反応 (ABR) における両耳相互作用. *Audiology Japan*, 24: 4; 195-199, 1981.
- 2) 山内盛雄, 他: 聴性脳幹反応 (ABR) における両耳刺激効果. *耳鼻臨床* 74: 10; 2263-2273, 1981.
- 3) Chiappa, K. H. et al.: Brainstem auditory

evoked reponses. Studies of waveform variations in 50 normal human subjects. *Arch Neurol.*, 36: Feb; 81-87, 1979.

(別刷請求先: 山内盛雄
〒427 静岡県島田市野田1200-5
島田市民病院耳鼻咽喉科)