

40Hz ERP (Event Related Potential) の潜時に及ぼす 刺激音周波数の影響 ——MLR (Middle latency response) との関係から——

原島 恒夫* 江口 実美* 吉野 公喜**

本研究ではトーンピップを使用し、聴力正常被検者10名を対象に、40HzERPおよびMLRを同一刺激音及び同一濾波条件にて記録し、両反応を比較した。トーンピップは、0.5, 1, 2, 4 KHz, 50dBnHLとした。

得られた40HzERPおよびMLRのピーク潜時について比較した結果、刺激音周波数の増大にともなう、両反応ピーク潜時の縮小傾向が認められた。これらのことから、40HzERPの潜時変化にはMLRの潜時が関係していることが示唆された。

キーワード：40HzERP MLR 刺激音周波数 潜時

1 目 的

1981年、Galambosらは、音刺激開始後8-80msの間にみられる聴性誘発中間反応 (middle latency response, 以下MLR) の波形が40Hzサイン波に似ていることから、刺激音の頻度を40/secにして加算操作を行なうことにより、顕著な振幅の増大を来すことを見いだした。

MLRは、聴性脳幹反応 (Auditory evoked Brain stem Response, 以下ABR) を広帯域濾波条件で記録した場合に出現する緩徐陽性成分Po (この陽性成分は聴性脳幹反応のV波とそのピークをほぼ同じくする), Na, Pa, Nbからなる。そしてこのMLRを記録する条件において刺激間隔のみを25msecとした場合、一つ前或は二つ前の刺激により誘発された電位がMLRを干渉することとなる。すなわち異なる起源を持つ遠隔場電位が同一電極において加算されることとなり、特に40Hzの刺激頻度ではPoと一つ前に惹起されたPaが重なり、Naと一つ前に惹起されたNbとが重なり合うこととなる。Galambosらは、40Hzの刺激頻度がその振幅増大効果を最大にすることを発見

したのである (Fig. 1.)。そこでこの操作によって求められた合成波形を40Hz event related potential (以下40HzERP) と命名し、この反応が低周波数域の音に対しても再現性が高く出現することから、誘発電気反応聴力検査の有用な手段になり得るものと報告した。

このように、40HzERPがMLRの複合反応であ

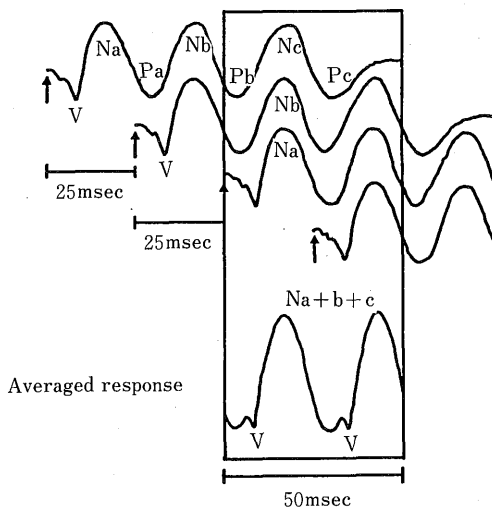


Fig. 1. 40Hz事象関連電位の原理 (Galambos, 1981)

* 心身障害学研究科
** 心身障害学系

ることから、40HzERPの潜時は、MLRの潜時を反映したものであることが予想される。すなわち、MLRにおいてMcFarland (1977) らや Beattie (1984) らが報告しているような、刺激音周波数の増加に伴う潜時の短縮傾向が40HzERPについても存在する可能性がある。

そこで本研究では、刺激音周波数の増加に伴うMLR潜時の短縮傾向を確認すると同時に、同一波検者、同一条件の40HzERPの潜時の変化を調べることによって、40HzERPの潜時に及ぼす刺激音周波数の影響を明らかにすることを目的とした。

2 方法

Fig. 2. に実験装置のブロックダイアグラムを示した。

被検者は、聴力正常の18—33歳、10名で、電気的および音響的にシールドされた無響室内のベッド上で仰臥位となり、自然睡眠下（入眠後5分以内）の2名の他はすべて覚醒時に反応を記録した。

脳波用血電極は、被検者の前額部正中及び右側耳垂に固定し、右側耳垂に対して前額部正中の電位が正となるときに波形の振れが上向きとなるようにした。接地電極は、鼻根部とした。

刺激音は、発振器（日電三栄測器3G26）によるトーンピップ（立ち上がり、立ち下がり4 msec, 持続時間2 msec）0.5KHz, 1 KHz, 2 KHz, 4 KHzを用い、刺激間隔は、MLRの場合、125msec, 40HzERPの場合、25msec, 音圧は50dBnHLとし、一回毎に位相を逆転させ、受話器を通して被検者の両耳に与えた。

反応は、8 Hz—1.5KHz帯域濾波を行い、増幅器（日電三栄測器3G26）によって増幅し、データレコーダ（SONY FC14）に記録した後、シグナルプロセッサ（日電三栄測器7T08）を使用して、MLR, 40HzERPともに解析時間102.4msecで1000回の平均加算波形を作成した。さらに同一装置にて高速フーリエ変換を行い、逆フーリエ変換によって20—70Hz帯域濾波波形を作成した。40HzERPの陽性波ピーク潜時及び陰性波ピーク潜時は、短いものからそれぞれP1, P2, P3, P4及びN1, N2, N3, N4とし、

$$P = \{P1 + (P2 - 25) + (P3 - 50) + (P4 - 75)\} / 4$$

$$N = \{N1 + (N2 - 25) + (N3 - 50) + (N4 - 75)\} / 4$$

として定義されるP及びNをその波形の平均潜時とした（Fig. 3.）。

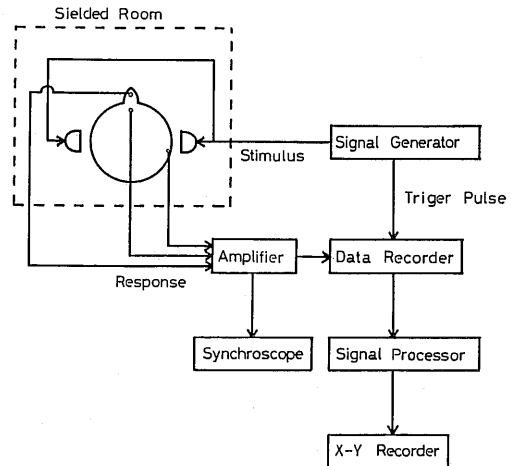


Fig. 2. 実験装置のブロックダイアグラム

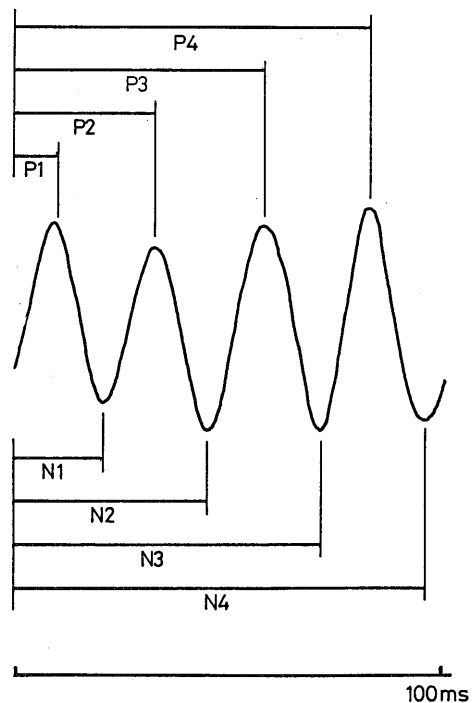


Fig. 3. 40Hz ERPの潜時の求め方

$$P = \frac{P1 + (P2 - 25) + (P3 - 50) + (P4 - 75)}{4}$$

$$N = \frac{N1 + (N2 - 25) + (N3 - 50) + (N4 - 75)}{4}$$

3 結果

Fig. 4. にMLRの代表例を示した。どの刺激音周波数についてもPo, Na, Paが安定して認められるが、Nb以降は、潜時、出現性ともに不安定であった。Table 1., Fig. 5. に各刺激音周波数における

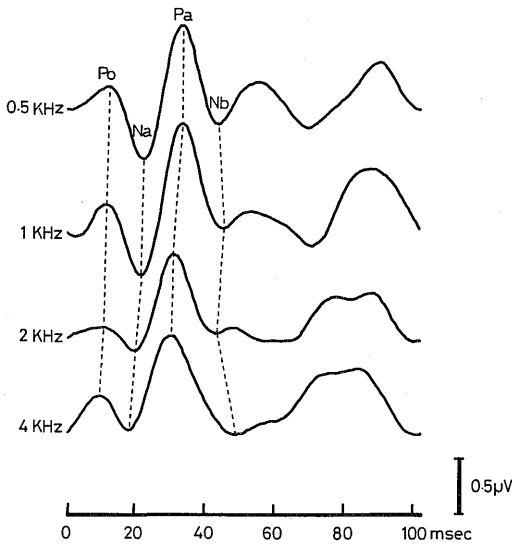


Fig. 4. MLRの波形の代表例
 上から順に刺激音周波数0.5KHz, 1 KHz, 2 KHz, 4 KHzによって得られた波形を示す。

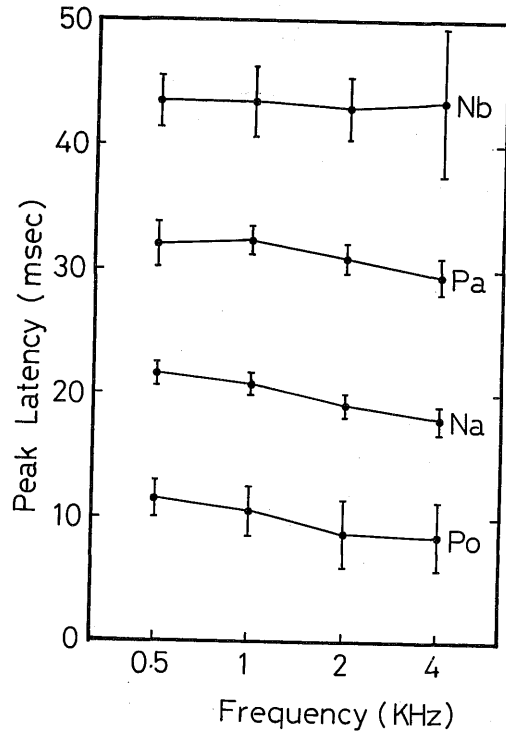


Fig. 5. 各刺激音周波数におけるMLRの各波潜時

Table 1. 各刺激音周波数におけるMLRの各波潜時

	Po ms (SD)	Na ms (SD)	Pa ms (SD)	Nb ms (SD)
0.5KHz	11.4 (1.6)	21.4 (1.0)	32.1 (1.8)	43.5 (2.2)
1 KHz	10.5 (2.0)	20.7 (0.8)	32.4 (1.1)	43.6 (2.8)
2 KHz	8.8 (2.8)	19.0 (1.0)	31.0 (1.2)	43.1 (2.5)
4 KHz	8.5 (2.7)	17.8 (1.3)	29.6 (1.5)	43.5 (5.8)

各波潜時の平均および標準偏差を示した。また t 検定によると, Po, Na, Paについては, 0.5KHzと4 KHzとの間で有意差(1%水準)を認め, 刺激音周波数の増加に伴う潜時の短縮傾向を示したが, 0.5KHzと1 KHzの間では有意差を認めなかった (Table 3.)。またNbにおいてはいずれの周波数間においても有意差を認めなかった。

Fig. 6. には40HzERPの代表例を示し, Table 2., Fig. 7. には40HzERPの各刺激音周波数における陽性波潜時及び陰性波潜時の平均および標準偏差を示した。また t 検定によると, P, Nとも0.5KHzと4 KHzとの間で有意差(1%水準)を認

め, 刺激音周波数の増加に伴う潜時の短縮傾向を示したが, 0.5KHzと1 KHzの間では有意差を認めなかった (Table 3.)。

4 考 察

近年, 40HzERPの他覚的聴力検査への応用に関する研究が注目を浴びてきた理由には, 反応波形が単純で判別しやすいこと, 反応域値の低いこと, 再現性が良いことなどが挙げられる。

しかし原田ら(1983)は, 40HzERPの正常波形のパラツキについて言及している。彼らによれば, 40HzERPは刺激音周波数によって反応の位相の

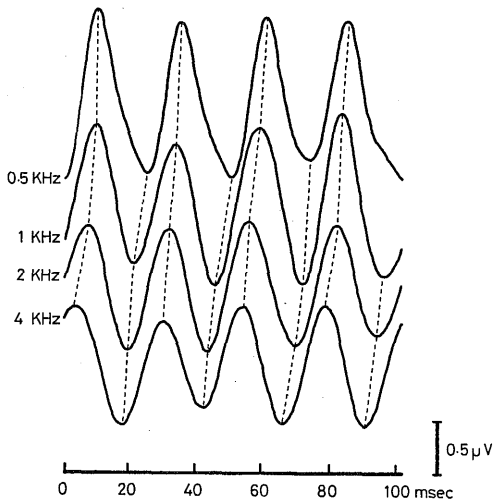


Fig. 6. 40Hz ERP波形の代表例

上から順に刺激音周波数0.5KHz, 1 KHz, 2 KHz, 4 KHzによって得られた波形を示す。

ズレを生ずることがあるとし、この点についての検討が必要であるとしている。このような位相のズレが生じる原因は40HzERPの成因にあると筆者らは考え、本研究を行なった。

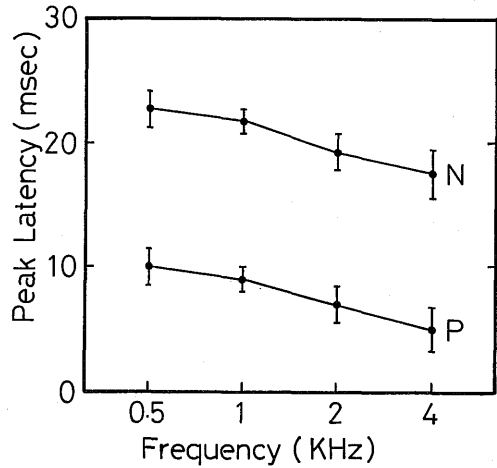


Fig. 7. 各刺激音周波数における40Hz ERPの各波潜時

Table 2. 各刺激音周波数における40Hz ERPの各波潜時

	P ms (SD)	N ms (SD)
0.5KHz	10.0 (1.5)	22.8 (1.7)
1 KHz	9.1 (1.0)	21.7 (1.2)
2 KHz	6.9 (1.3)	19.3 (1.4)
4 KHz	4.9 (1.8)	17.4 (1.9)

Table 3. MLRおよび40HzERPの各刺激音周波数間の各波平均潜時の有意差 (t検定による)

-は有意差なし, +は有意差あり, 括弧内は有意水準

		1 KHz	2 KHz	4 KHz
MLR-Po	0.5KHz	-	+ (5%)	+ (1%)
	1 KHz		-	+ (5%)
	2 KHz			
MLR-Na	0.5KHz	-	+ (1%)	+ (1%)
	1 KHz		+ (1%)	+ (1%)
	2 KHz			+ (5%)
MLR-Pa	0.5KHz	-	+ (1%)	+ (1%)
	1 KHz		+ (1%)	+ (1%)
	2 KHz			+ (5%)
MLR-Nb	0.5KHz	-	-	-
	1 KHz		-	-
	2 KHz			-
40HzERP-P	0.5KHz	-	+ (1%)	+ (1%)
	1 KHz		+ (1%)	+ (1%)
	2 KHz			+ (1%)
40HzERP-N	0.5KHz	-	+ (1%)	+ (1%)
	1 KHz		+ (1%)	+ (1%)
	2 KHz			+ (5%)

本研究結果では、MLRにおいて、刺激音周波数の増加に伴う潜時の短縮傾向がPo, Na, Paについて認められ、40HzERPのP, Nにおいても同様の傾向が認められた。このことは、MLRが刺激音周波数の増加に伴ってその潜時を短縮するという過去の報告(McFarland; 1977, 小寺; 1977, 平井; 1978, 原田; 1983, Beattie; 1984)を検討すれば、40HzERPの成因を考慮することより、予測できることでもある。但し、本実験結果を詳しく検討すると0.5KHzから1 KHzの間には有意差はなく、またNbに関しては結果のばらつきも大きく、有意差もない等不明な点もある。これらの点は、今後の研究によって解明されなければならないだろう。

MLRにおける刺激音周波数の潜時に対する影響については、Beattie (1984) がいっているように、蝸牛基底膜において進行波が最大振幅に達するまでの所要時間が周波数により異なることも一因であると考えられる。彼によれば、2 KHzにおいて0.6ms, 0.5KHzにおいて2.4msであり、その差が1.8msecである。本実験における0.5KHz, 2 KHzの差は、Po=2.6msec, Na=2.4msec, Pa=1.1msec, Nb=0.4msec, P=3.1msec, N=3.5msecでありBeattieの結果とは異なっている。Nbについてはそのばらつきの大きさによるものかもしれないが、その他についての説明は、今後の研究に待たなければならないだろう。

とはいえ、本研究結果から、40HzERPの潜時(或は位相)は、MLRと同様に刺激音周波数の増加に伴って短縮することが示唆された。このことは40Hz-ERPの潜時短縮傾向の一因としてMLRの潜時短縮傾向が関わっていることを示唆するものである。

以上のことから、40HzERPの臨床応用上注意すべきことは、本反応波形の潜時が、MLRを反映したものであり、刺激音周波数の増加に伴い、短縮する傾向にあるということである。

文 献

- 1) Beattie, R.C., Morettie, M. and Warren, V.: Effects of rise-fall time, frequency, and intensity on the early/middle evoked response. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 49; 114-127, 1984.
- 2) Galambos, R., Makeig, S. and Talmachoff, P.J.: A 40-Hz auditory potential recorded from the human scalp. *Proc Natl Acad Sci USA*, 78 (4); 2643-2647, 1981.
- 3) 原田克己, 河村正三, 市川銀一郎, 芳川洋, 福田正弘: 40Hz事象関連電位 (event related potential, ERP) の聴力検査への応用。日耳鼻, 86; 1447-1454, 1983.
- 4) 原島恒夫, 江口実美, 吉野公喜: 40Hz-ERPの潜時におよぼす刺激音周波数の影響: MLRとの関係から。Audiology Japan, 28 (4); 347-348, 1985.
- 5) 原島恒夫, 江口実美, 吉野公喜: 音刺激による40HzERP (event related potential): その年齢的变化と成因。心身障害学研究, 13(2); 71-79, 1989.
- 6) 平井靖人: 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: 第一報 正常耳における検討。日耳鼻, 81; 477-486, 1978.
- 7) 小寺一興, 山根仁, 山田修: Tone burstで誘発されるヒトの聴性脳幹反応: 立ち上がり時間と周波数の影響。Audiology Japan, 20; 151-157, 1977.
- 8) McFarland, W.H., Vivion, M.C. and Goldstein, R.: Middle components of the AER to tone-pips in normal-hearing and hearing-impaired subjects. *Journal of Speech and Hearing Research*, 20; 781-798, 1977.
- 9) Mendel, M.I. and Goldstein, R.: The effect of test conditions on the early components of the averaged electroencephalic response. *Journal of Speech and Hearing Research*, 12; 344-350, 1969a.
- 10) Picton, T.W., Hillyard, S.A., Krausz, H.I. and Galambos, R.: Human auditory evoked potentials I: evaluation of components. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 36; 179-190, 1974.
- 11) 鈴木篤郎, 堀内潔子: 聴性脳幹反応の潜時に及ぼす刺激音立ち上がり時間の影響。Audiology Japan, 22; 496-501, 1979.
- 12) Takagi, N., Suzuki, T. and Kobayashi, K.: Effect of tone-burst frequency on fast and slow components of auditory brain-stem response. *Scandinavian Audiology*, 14; 75-79, 1985.
- 13) Vivion, M.C., Hirsch, J.E., Frye-Osier, J.L. and Goldstein, R.: Effects of stimulus rise-fall time and equivalent duration on middle components of AER. *Scandinavian Audiology*, 9; 223-232, 1980.

Summary

Effect of tone-pip frequency on the latency of the 40Hz event related potential —relation to middle latency response—

Tsuneo Harashima Sanetomi Eguchi Tomoyoshi Yoshino

In this study, auditory evoked 40HzERP (Event Related Potential) and MLR (Middle Latency Response) to tone pips were recorded on 10 normally hearing adults using same filtering condition and stimulus. Tone pips centered at 0.5, 1, 2 and 4 KHz were presented at a intensity of 50 dB nHL.

40HzERP and MLR were analyzed in terms of peak latencies.

The reduction in latencies with increasing stimulus frequency was observed in both 40HzERP and MLR.

The results indicated that the latencies of 40HzERP were related to the latencies of MLR.

Key word : 40HzERP MLR stimulus frequency peak latency