脳幹電位よりみた重症頭部外傷の脳幹損傷

西本 博・坪川 孝志・築山 節・山本 隆充
北村 守彦・片山 容一・森安 信雄

Evaluation of Brain Stem Damage in Severe Head Injury by Far Field Acoustic Response

HIROSHI NISHIMOTO, TAKASHI TSUBOKAWA, TAKASHI TSUKIYAMA,
TAKAMITSU YAMAMOTO, MORIHIKO KITAMURA,
YOICHI KATAYAMA and NOBUO MORIYASU

Department of Neurological Surgery, Nihon University, Tokyo 173

Summary

Far field acoustic responses (FARs) were recorded at the vertex in 104 cases suffering from severe head injury. Alterations in the responses were compared with Glasgow coma scale scores, CT findings and outcome. In 30 cases, FARs elicited by bilateral monoaural stimulations and binaural stimulations were recorded for evaluation of the asymmetrical abnormalities. These results may be summarized as follows:

Two different types of alterations in the responses were recognized in the acute stage of severe head injury. These two types were (i) prolonged latency or disappearance of the 5th waves and (ii) disappearance of the 1st to 5th waves. The former type is suggesting damage to the midbrain improved within two weeks after the trauma. In contrast, the latter type indicates the dysfunction of the pons and medulla remained. These alterations in the responses were correlated with the outcome three months after the trauma. In 73% of 22 cases whose severity were less than seven on the Glasgow coma scale, abnormalities of FARs indicating the dysfunction of the brain stem were shown. Asymmetrical abnormalities of 5th waves were found in 30% of 30 cases suffering from severe head injury. However, this lateralization of the upper brain stem lesions by FARs were not significant for predicting the outcome three months after the trauma.

Based on these results, it was concluded that the FAR is a useful indicator and predictor concerning the function of the brain stem in patients with severe head injury.

Key words: far field acoustic response, brain stem auditory response, head injury, brain stem injury, Glasgow coma scale

I はじめに

重症頭部外傷例の診断に CT scanが応用されるようになり、脳実質外血腫の有無に加えて、脳挫傷、外傷性脳内血腫などの脳実質内病変の状態をより明確に捉えることができるようになった⁸⁾¹⁰⁾¹⁶⁾。このような神経放射線

学的診断法の進歩に加えて、持続的頭蓋内圧測定法が改良され、より容易に頭蓋内圧のモニタリングが施行され、頭蓋内病態に即応した治療方針がとられるようになっている¹¹⁾¹⁸⁾。

しかし、CT 診断や持続頭蓋内圧測定法を駆使しても、合併する1次的あるいは2次的な脳幹損傷の程度

日本大学脳神経外科

〔連絡先：〒173 東京都板橋区大谷口上町30, 日本大学脳神経外科, 西本 博〕

1981年5月1日 受稿

をより早期に、しかも客観的に捉えることができれば、正確な手術適応の決定や予後判定は不可能といわねばならない。このような脳幹損傷の客観的診断法として、聴性脳幹反応 (far field acoustic response, FAR) を応用することが有用であることは、すでに Greenberg ら (1977)^{3,4)}, Uziel ら (1978)²⁰⁾, 西本ら (1980)¹²⁾, Tsubokawa ら (1980)¹⁶⁾, 加我ら (1981)⁸⁾ により報告されている。

FAR を脳幹損傷の客観的診断法として応用することにより、1 次的あるいは 2 次的な脳幹損傷の程度を明確に捉えることが可能となり、すでに不可逆的な脳幹損傷の合併する症例を手術適応から除外し⁸⁾、より正確な生命予後の判定も急性期にできるようになっている^{12,18)}。

ところが、FAR を重症頭部外傷における脳幹損傷の客観的診断法として応用する際に、まだいくつかの問題点が残されている。その第 1 は記録症例の選択である。重症頭部外傷の初期治療にあたり、どの程度の重症度であれば FAR を応用し、経時的に脳幹機能をモニタリングすることが不可欠であるかを明確にしておく必要がある。第 2 は、FAR を用いて脳幹機能を経時的にモニタリングする場合、どの程度の期間はモニタリングが必要となるかである。急性期に FAR を経時的に記録検討してみると、その所見が改善あるいは増悪する症例が多数認められ、どの時点まで経時的に記録する必要があるかが問題である。第 3 には、FAR の主成分である第 II ~ V 波が両側の聴覚求心系の活動を反映する複合反応⁸⁾とされているにもかかわらず、刺激耳側によりその所見の異なる症例のあることである。このような場合に FAR 所見の判定をいかにすべきかが問題となってくる。

そこで今回は、現在までの記録結果をまとめるとともに、以上の問題点についても明らかにしえたと思えるので報告したい。

II 検索対象ならびに方法

検索対象は、1980 年 6 月までに日本大学脳神経外科にて治療を受けた重症頭部外傷例のうちで、急性期より FAR を記録してある 104 例である。1978 年 12 月以前の 74 例については、両耳同時刺激による FAR のみを、1979 年 1 月以降の 30 例については、左右片側耳および両耳同時刺激による FAR を記録分析している。左右片側耳刺激による FAR を比較検討する際には、記録された FAR の第 I 波の潜時、振幅などに問題のある記録例は検索対象より除外した。

以上の検索対象例について、患者の臨床症状、重症度、CT 所見、予後、剖検所見などと FAR 所見との比

較検討を行っている。

患者の重症度の評価は、予後判定に最適とされている²⁾入院時より 6 時間後での Glasgow coma scale (GCS) にて判定し、予後の判定は Glasgow outcome scale に従い、外傷後 3 カ月の時点で追跡調査している。

FAR は、被検者に headphone を介して、audiogenerator (DANA JAPAN 502-A) にて作製された click 音 (3 kHz sine 波 1 周期, 80 ~ 100 dB SL) を左右片側および両側耳に聞かせ、導出している。導出方法は、vertex (Cz) と刺激側耳 (Ai)、および vertex (Cz) と刺激対側耳 (Ac) の 2 種類を用いて同時に記録している。導出された FAR は増幅後、分析時間 10 ~ 25 ms とし、2,000 回平均加算し、その結果を X-Y recorder にて記録した。

FAR 所見の判定に当っては、すでに報告^{12,16,18)}してある各波の正常値に基づいて判定し、第 V 波の振幅は第 I 波との振幅比が逆転した場合を第 V 波の振幅低下としている。

III 検索結果

1. 重症頭部外傷例における FAR 所見と生命予後との関連

両側耳同時刺激による FAR を記録してある 74 例について、その FAR 所見と生命予後との関連をみたのが Table 1 である。重症頭部外傷 74 例のうちで、FAR 上異常が認められた症例は 41 例存在した。このうちで、CT および剖検所見より primary brain stem injury と考えられる症例が 3 例、その他は secondary brain stem injury である。Primary brain stem injury と考えられる 3 症例では、FAR は第 I ~ V 波が消失しており、すべて死亡している。Secondary brain stem injury 例における FAR 所見は、3 種類の pattern が認められ、FAR 上の異常が第 V 波のみに限局している症例では、その生命予後は良好であった。第 III ~ V 波が消失し、第 I、II 波のみが残存していた 2 例でも、同様にその生命予後は不良であった。しかし、後頭蓋窩急性硬膜外血腫の 1 例で、初回記録時に第 I、II 波のみ残存していた FAR が、1 週間後には第 III、IV、V 波が回復した症例があり、その生命予後は良好であった。第 I ~ V 波がすでに消失しており、下部脳幹までの障害が証明された症例では、FAR を経時的に記録しても所見が改善することはなく、すべて死亡するか、植物状態へ移行した。

2. GCS と FAR 所見との関連

患者がどの程度の重症度であれば FAR をモニタリングすることが不可欠であるかを検討するために、重症度あるいは予後判定法として高く評価されている GCS と

Table 1 Alterations in the FARs recorded from patients with severe head injury

FAR	Cases	Brain stem injury		Prognosis	
		Primary	Secondary	Good (survived)	Vegetative or dead
Normal	33	—	—	33	—
Prolongation of latency or disappearance of 5th wave	14	—	14	11	3
Disappearance of 3rd-5th waves	2	—	2	—	2
Disappearance of 1st-5th waves	25	3	22	—	25

Table 2 Incidence of abnormalities in the FARs in relation to Glasgow coma scale scores

FAR	GCS		
	3~4	5~7	8~10
Normal	1	5	6
Prolongation of latency or disappearance of 5th wave	4	7	2
Disappearance of 3rd-5th waves or 1st-5th waves	5	—	—

FAR所見とを、入院時より6時間後に比較検討した。入院時より6時間後のGCSの記載が明確な30例を選び出し、検討した結果がTable 2である。30例のGCSの内訳は、GCS 3~4を示すもの10例、5~7を示すもの12例、8~10を示すものが8例であった。予後不良とされている7以下を示した症例は30例中73%であった。GCS 8~10の症例では、FARが正常であったのが6例、第V波のみの異常が認められた例が2例である。GCS 5~7の症例では、FAR所見は正常5例、第V波のみの異常が7例に認められた。GCSが3~4となると、第V波のみの異常が4例、第I、II、III波まで異常のある例が5例であり、正常であったものは1例のみであった。

なお、これらの症例におけるFARの経時的記録結果をみると、GCS 7以下の症例では、6時間後のFAR所見の異常が第V波に限局していたり、正常であっても、3日間以内にFAR上下部脳幹までに障害が波及する例が多かった。

3. FARの経時的記録結果

第1病日に記録されたFAR上、第I~V波が消失していた症例では、経時的に記録しても第V波が出現した症例はなく、改善されても第I、II波のみであった。

また第1病日にFAR上の異常が第V波に限局しており、経過に従ってFAR所見の増悪する症例では、大部分が3日以内に第I~V波までが消失するに至った。

経過に従ってFAR所見の改善される症例は、第1病日に記録されたFAR上第V波の潜時延長のみを認める

Fig. 1 Changes of III-V interpeak latency in the FARs for 1 to 40 days after neurosurgical treatment. Three different types of latency changes are demonstrated. In most cases illustrated in this figure, III-V interpeak latencies are normalized within 10 days.

例であった (Fig. 1)。これらの症例にて経時的に記録した結果を、III-V interpeak latency を指標として検討してみると、大部分の症例では第10病日前後で正常化していた。その際に、意識障害の改善と FAR 所見の改善とを対比してみると、意識障害の改善に先立って FAR が正常化していた。

4. 刺激耳側により FAR 所見の異なる症例

左右片側刺激および両耳同時刺激による FAR を記録してある30症例において、FAR上の左右差について検討した。その際に、FARの第I、II波の潜時や振幅に正常範囲以上の左右差のある記録は除外している。

第I、II波の潜時や振幅に左右差がないにもかかわらず、第III、V波の潜時や第V波の振幅に左右差のあるFARが、経過中に1回以上記録された症例は30例中10例(33%)に認められた。その左右差所見としては、一側耳刺激時のみに第V波の消失や振幅低下が認められた例が10例中5例、一側耳刺激時のみにIII-V interpeak latencyの延長があった例が10例中4例、一側耳刺激時のみに第III、IV、V波が消失していた例が10例中1例あっ

Fig. 2 Examples of asymmetrical abnormalities in the FAR recorded in a patient with contusional hematoma. Note that 3rd to 5th waves are absent in the FAR by left-monoaural stimulation, but all waves are normally present in the FAR by right-monoaural stimulation. FARs demonstrated in this figure were recorded on the 1st day. Left and right-monoaural stimulations were at 100 dB SL.

Table 3 Relationship between abnormalities in the FARs and the outcome of severe head injury

FAR	Good recovery		Moderate disability		Severe disability		Vegetative		Dead		Total
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
Asymmetrical abnormalities (—)											
Normal	4	57	1	14	2	29	—	—	—	—	7
Prolongation of latency or disappearance of 5th wave	3	43	2	29	1	14	1	14	—	—	7
Disappearance of 1st-5th waves	—	—	—	—	—	—	—	—	6	100	6
Asymmetrical abnormalities (+)											
Prolongation of latency or disappearance of 5th wave	3	33	2	22	2	22	1	11	1	11	9
Disappearance of 3rd-5th waves	—	—	—	—	1	100	—	—	—	—	1

た。したがって、一側耳刺激時にのみ第V波に異常のある例が大部分であるといえる。

Fig. 2 は contusional hematoma の症例で、第1病日に記録された FAR 所見である。FAR 記録時の GCS は 6 であった。左耳刺激時の FAR では、第 I、II 波のみが認められ、第 III ~ V 波が消失していた。右耳刺激時の FAR では第 I ~ V 波が認められ、その潜時には異常が認められなかった。本症例の生命予後は良好であったが機能予後は悪く、見当識障害、左片麻痺などを残した。

次に、このような一側耳を刺激したときのみに第V波に異常の認められる症例と、両耳を同時に刺激しても第V波に異常の認められる症例との間で、3ヵ月後の生命

予後に差が存在するかどうかを検討してみた。その結果は Table 3 に示すように、両群の間で生命予後に有意の差は認めがたく、ほぼ同様であった (Table 3)。

IV 考 按

1. 重症頭部外傷における FAR 所見

重症頭部外傷における FAR 所見は、正常、第V波のみの異常、第 I ~ V 波あるいは第 II ~ V 波の消失と、3型に分類することができる。これらの FAR 所見の示す生命予後診断上の意義については、すでに報告⁽¹²⁾⁽¹⁶⁾したごとくである。しかし、後頭蓋窩血腫例については、天幕上病変例とは異なる経過が FAR 上認められ、FAR の第 I、II 波のみが認められる場合でも、経時的に記録す

ると、第Ⅲ～Ⅴ波が改善される例が存在した。このことは、高血圧性脳出血において、putaminal hemorrhageと小脳出血とでは、FARに及ぼす障害 patternが異なることが報告¹⁷⁾されている事実とよく一致していた。したがって、後頭蓋窩血腫例については、今後別に検討を要すると考える。

2. GCS と FAR 所見

GCS と FAR所見とを比較検討してみると、GCS が7以下となると FAR 上も脳幹損傷を合併している症例が多く、下部脳幹までの損傷が存在している症例はすべて GCS 3～4 を示していた。GCS 3～4 を示す症例では、その予後不良因子として、非可逆的な脳幹損傷が大きく関与していると考えられる。また GCS が5～7 を示す症例では、FAR所見上、上部脳幹損傷が認められる例が多く、この脳幹損傷がさらに進行するかどうかを、FAR をモニタリングして捉えることが重要である。

したがって、呼吸や循環に対する処置が施され、shock などの影響が取り除かれた段階で、GCS 7以下を示す症例では、治療方針の決定上 FAR を記録分析することが不可欠であり、すでに下部脳幹までの損傷を合併している症例は手術適応から除外すべきである。

3. FAR の経時的モニタリング

FAR を経時的に記録した結果よりみると、FAR 所見が増悪する場合は3日以内に、改善される場合には第10病日前後で正常化する症例が多いので、最低10日から2週間のモニタリングをする必要があると考える。改善されてくる場合には、意識障害などの臨床症状に先立って正常化するの、より早期に生命予後を判定することが可能である。

4. 刺激耳側により FAR 所見の異なる症例の診断

聴覚求心路には非交叉性および交叉性の線維があり、FAR の第Ⅱ～Ⅴ波はその両者の複合反応と考えられるにもかかわらず、脳幹部腫瘍などの脳幹の一部に限局した病変では、刺激耳側により左右差の認められることが報告されている¹⁹⁾。今回重症頭部外傷例において検索してみると、第Ⅰ、Ⅱ波の潜時や振幅に左右差がないにもかかわらず、第Ⅴ波に左右差の認められる例が33%に存在した。

このような左右差を検討するに当たっては、各波の反応閾値が問題となってくるが、第Ⅰ、Ⅱ波には左右差が認められなくても、第Ⅴ波には左右差の出現することがあるので、反応閾値による差とは考えられない。

Achor ら(1980)¹⁾は脳幹の損傷の局在によっては左右差の出現することを実験的に証明しており、Buchwald ら(1975)²⁾は、第Ⅴ波は主として交叉性線維により活動

した下丘の反応であるとしている。したがって、上部脳幹の損傷の局在によっては、刺激耳側により FAR の第Ⅴ波に左右差の出現することが考えられる。

しかし、Thornton(1975)¹⁸⁾ら、Hashimoto ら(1979)⁹⁾、Shin ら (1981)¹⁴⁾の指摘するような記録側による左右差所見は、今回の重症頭部外傷例における検討では認められなかった。

以上のような刺激側による第Ⅴ波の左右差のある症例とない症例とで、その生命予後を比較検討した結果では、両者に有意差は認められなかった。したがって、重症頭部外傷における脳幹損傷の客観的診断法として FAR を応用する際には、脳幹部腫瘍の診断に用いる場合と異なり、両耳刺激時の FAR のみでも十分診断的価値があると考えられる。

Ⅴ 結 語

1. 重症頭部外傷例における FAR 所見は、正常、第Ⅴ波のみの異常、第Ⅰ～Ⅴ波あるいは第Ⅱ～Ⅴ波の消失と3型に分類することができ、これらの FAR 所見は、その患者の生命予後と密接な関連が認められた。

2. 入院後6時間目での GCS が7以下を示す症例では、FARを記録分析し、脳幹損傷の合併の有無およびその経過を捉えることが治療方針の決定上有用である。

3. 重症頭部外傷例においては、第10病日前後まで、経時的に FAR を記録分析する必要がある。

4. FAR を重症頭部外傷における脳幹損傷の客観的診断法として応用する際には、脳幹部腫瘍の診断に用いる場合と異なり、両側耳同時刺激による FAR のみで十分診断的価値があると考えられる。

以上の事実より、重症頭部外傷における脳幹損傷の客観的診断法、生命予後の判定法として、FARを臨床応用することが有用であると考えられるので報告した。

本論文の要旨は、第39回日本脳神経外科学会総会(1980、金沢)において発表した。

文 献

- 1) ACHOR, J. & STARR, A.: Auditory brainstem responses in the cat. II Effects of lesions. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 48: 174-190, 1980
- 2) BUCHWALD, J. S. & HUNG, C. M.: Far-field acoustic response; Origins in the cat. *Science* 189: 382-384, 1975
- 3) GREENBERG, R. P., MAYER, D. J. BECKER, D. P., et al.: Evaluation of brain function in severe human head trauma with multimodality

- evoked potentials. Part I: Evoked brain-injury potentials, methods and analysis. *J Neurosurg* 47: 150-162, 1977
- 4) GREENBERG, R. P., MAYER, D. J., BECKER, D. P., et al.: Evaluation of brain function in severe head trauma with multimodality evoked potentials. Part II: Localization of brain dysfunction and correlation with post traumatic neurological conditions. *J Neurosurg* 45: 515-524, 1977
 - 5) HASHIMOTO, I., ISHIYAMA, Y. & TOZUKA, G.: Bilateral recorded brainstem auditory evoked responses. Their asymmetric abnormalities and lesions of the brainstem. *Arch Neurol* 36: 161-167, 1979
 - 6) 市川銀一郎: 聴性脳幹反応の成因. 神経研究の進歩23: 308-335, 1979
 - 7) JENNETT, B., TEASDALE, G., GALBRAITH, S., et al.: Severe head injuries in three countries. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 40: 291-298, 1977
 - 8) 北村守彦, 菅原武仁, 田熊能方 他: 遅発性外傷性脳血腫—その診断基準と手術適応—. 日本災害医学会雑誌 (投稿中)
 - 9) 加我君孝, 長井犬二, 高森晶裕 他: 急性脳損傷による意識障害時の聴性脳幹反応と温度眼振反応. 脳神経33: 171-179, 1981
 - 10) LANKSCH, W., GRUMME, T. & KAZNER, E.: Computed tomography in head injuries. Springer-Verlag, Berlin, 1979
 - 11) MILLER, J. D., BECKER, D. P., WARD, J. D., et al.: Significant of intracranial hypertension in severe head injury. *J Neurosurg* 47: 503-516, 1977
 - 12) 西本 博, 坪川孝志, 山本隆充 他: 重症頭部外傷における脳幹損傷. 脳幹損傷の客観的診断法としての Far Field Acoustic Response の意義. 脳外8: 355-362, 1980
 - 13) PAPO, I., CARUSELLI, G., LUONG, A., et al.: Traumatic cerebral mass lesions; Correlations between clinical, intracranial pressure and computed tomographic data. *Neurosurg* 7: 337-346, 1980
 - 14) SHIN, J., KUBO, T., SOYER, A., et al.: Lateralization of brainstem lesions by brainstem auditory evoked potentials. *Neurol* 31: 14-18, 1981
 - 15) 坪川孝志, 片山容一, 上野裕孝 他: 外傷性脳内血腫の出血機序—とくに遅発性血腫について—. 神経外傷3: 147-153, 1980
 - 16) TSUBOKAWA, T., NISHIMOTO, H., YAMAMOTO, T., et al.: Assessment of brainstem damage by the auditory brainstem response in acute severe head injury. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 43: 1005-1011, 1980
 - 17) 坪川孝志, 築山 節, 上野裕孝 他: 高血圧性脳出血における脳幹電位の検討—とくにputaminal hemorrhage と小脳出血の差異について—. 第6回日本脳卒中学会総会, 1981
 - 18) THORNTON, A.: Bilaterally recorded early acoustic responses. *Scand Audiol* 4: 173-181, 1975
 - 19) 山本隆充, 北村守彦, 片山容一 他: Far Field Acoustic Response の脳幹腫瘍に対する診断価値. 臨床脳波23: 105-113, 1981
 - 20) UZIEL, A. & BENEZECH, J.: Auditory brainstem responses in comatose patients. Relationship with brain-stem reflexes and level of coma. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 45: 515-524, 1978