

· 临床研究 ·

新生儿窒息后最大长度序列脑干听觉诱发电位的检查及意义

王瑾¹, 陈超¹, 邵肖梅¹, 蒋泽栋^{1,2}

(1. 复旦大学附属儿科医院新生儿科, 上海 200032; 2. 英国牛津大学 John Radcliffe 医院新生儿室)

〔摘要〕 **目的** 探讨最大长度序列(maximum length sequences)脑干听觉诱发电位(以下简称MLS BAEP), 对窒息新生儿早期检查判断其缺氧缺血性脑病(HIE)及程度的意义。**方法** 对26例正常新生儿和103例窒息新生儿于出生后3 d内分别行常规脑干听觉诱发电位(常规BAEP)和MLS BAEP检查。将103例窒息患儿, 分组为无HIE组17例, 轻度HIE组37例, 中度HIE组31例, 重度HIE组18例。所得检查波形定位分析后取I, III, V波潜伏期及振幅, I-III, III-V, I-V峰间期作为评价指标。**结果** 在常规BAEP和MLS BAEP中, V波潜伏期, I-III, III-V, I-V峰间期随HIE程度的加重逐渐延长的差异较明显, 尤其在MLS BAEP中随声刺激速度的加快这种差异也越显著。各亚组与正常组两两比较中, 轻度和/或中度HIE组的I-III, III-V峰间期在常规BAEP无差异, 而在MLS BAEP中差别有统计学意义, 并随声刺激速度增加统计学差异越显著。**结论** MLS BAEP通过提高声刺激速度加大对听觉神经的负荷, 为窒息缺氧后脑损伤的电生理检查提供了一个更敏感的方法, 并对判断这种脑功能障碍有一定量化意义。

〔关键词〕 脑干听觉诱发电位; 最大长度序列; 缺氧缺血性脑病; 窒息; 新生儿
〔中图分类号〕 R722 **〔文献标识码〕** A **〔文章编号〕** 1008-8830(2008)02-0110-05

Value of maximum length sequences brainstem auditory evoked potential in neonatal asphyxia

WANG Jin, CHEN Chao, SHAO Xiao-Mei, JIANG Ze-Dong. Division of Neonatology, Children's Hospital of Fudan University, Shanghai 200032, China (drwangjin@hotmail.com)

Abstract: Objective To study the value of a new technique, maximum length sequences brainstem auditory evoked potential (MLS BAEP), in the assessment of the severity of brain damage following asphyxia in term neonates. **Methods** One hundred and three neonates with perinatal asphyxia and 26 normal term neonates were eligible for the study. Conventional and MLS BAEP examinations were performed within three days after birth. Of the 103 neonates with asphyxia, 17 did not suffer from HIE, 37 had mild HIE, 31 had moderate HIE, and 18 had severe HIE. The latencies and amplitudes of waves I, III and V, and the inter-peak intervals of I-III, III-V, and I-V were analyzed. **Results** The latencies of wave V and the inter-peak intervals of I-III, III-V and I-V prolonged gradually with the more severe HIE in both the MLS and the conventional BAEP ($P < 0.05$ or 0.01). The differences among groups were more significant with the increasing repetition rate of click in the MLS BAEP. Compared with the normal controls, conventional BAEP did not show prolonged intervals of I-III and III-V in the mild HIE subgroup, and a prolonged inter-peak interval of III-V in the moderate HIE subgroup, while the MLS BAEP showed significantly prolonged inter-peak intervals of I-III and III-V in the three HIE subgroups and the differences were more and more significant as an increase in the repetition rate of click from 91 to 910 times/seconds. **Conclusions** MLS BAEP is more sensitive and valuable than the conventional one in detecting hypoxic-ischemic brain damage following asphyxia by increasing the repetition rate of click. MLS BAEP provides a new measurement in quantity to assess the severity of HIE in neonates with perinatal asphyxia.

〔Chin J Contemp Pediatr, 2008, 10 (2):110-114〕
Key words: Brainstem auditory evoked potential; Maximum length sequences; Hypoxic-ischemic encephalopathy; Asphyxia; Neonate

新生儿缺氧缺血性脑病(hypoxic-ischemic encephalopathy, HIE)是新生儿窒息缺氧后导致的脑损伤, 临床可出现一系列脑病的表现, 部分HIE病例可产生永久性神经功能障碍, 有不同程度神经系统后遗症。早期明确HIE脑损伤严重程度对于治疗及预后评价非常重要, 目前对HIE程度的判断主要

〔收稿日期〕2007-08-25;〔修回日期〕2007-10-08
〔作者简介〕王瑾, 女, 硕士, 主治医师。主攻方向: 新生儿专业。

通过临床观察和影像学检查。缺氧缺血后,由于脑细胞受损,脑功能发生迅速改变先于脑形态结构的变化,对脑功能状态的检查监测,较影像学检查能更早、更精确地了解脑损伤的情况^[1]。脑电图(EEG)是目前最常应用的脑电生理检查方法,但对早期检查和HIE程度判断仍有一定的不足。常规脑干听觉诱发电位(brainstem auditory evoked potential, BAEP)已被证实可用于反映新生儿窒息后脑功能障碍的手段之一^[2,3],但有一定局限性^[4]。

目前一种新的脑干听觉诱发电位,称为最大长度序列(maximum length sequences,MLS)脑干听觉诱发电位,简称MLS BAEP。最大长度序列是一种数学模式,即部分随机二进制序列,将其应用于常规脑干听觉诱发电位,声刺激速度可达1 000次/s,甚至更高,加大了对听觉神经的负荷,可提高BAEP检测神经功能障碍的敏感度^[5],对检出高危新生儿脑损伤更有意义^[6],且可床旁应用。本文用MLS BAEP检测窒息后不同程度HIE脑损伤情况,并将MLS BAEP检测结果和常规BAEP进行比较。

1 对象和方法

1.1 对象

窒息组:2001年12月~2004年10月我院新生儿科收治的103例足月窒息新生儿,其中男67例,女36例,胎龄37~43(39.40±1.47)周,出生体重2 250~4 510(3 298.1±551.4)g。窒息诊断采用国内公认的Apgar评分法,取1分钟和/或5分钟评分≤7分者为诊断标准。103例窒息患儿中明确诊断为HIE 86例,无HIE 17例,将86例患儿分为轻度HIE组37例,中度HIE组31例,重度HIE组18例。新生儿缺氧缺血性脑病的诊断和临床分度严格按照2005年新生儿缺氧缺血性脑病的诊断标准进行^[7]。所有患儿均除外了围生期其他严重疾患,如先天性畸形、遗传性疾病、顽固性低血糖、病理性高胆红素血症和宫内感染等。

正常对照组:我院及上海第一妇婴保健院共26例健康足月新生儿,男12例,女14例,胎龄37~41(39.45±1.62)周;出生体重2 633~4 539(3537.9±552.7)g。并按各诊断标准除外了围生期各种疾患,无窒息抢救史,Apgar评分于1分钟、5分钟均≥8分。

1.2 方法

采用美国Nicolet生物医学公司生产的Bravo诱发电位仪,分别进行常规BAEP和MLS BAEP检测

及数据定位分析。配以外置TDH39耳机,并用金属盘状电极以三导联接法将受试者与诱发电位仪相连。三个电极分别置于双耳乳突和前额中点,受试耳乳突接阳性电极,对侧为接地电极,前额接阴性电极。

所有患儿均于出生后3 d内进行检查,一般为48~72 h,左耳为受检耳。患儿取平卧位,进奶后30 min自然睡眠下进行检查。声刺激采用短声刺激,波宽0.1 ms,带通100~3 KHz。常规BAEP中声刺激速度为21次/s,记录时间12 ms,每条波形叠加2 048次。MLS BAEP声刺激速度分别为91次/s,227次/s,455次/s,910次/s,记录时间24 ms,叠加1 500个序列^[8]。操作过程中注意波形起伏变化,起伏过大暂停波形叠加,仪器本身对起伏>50微伏的电活动会作为干扰波自动排除。先进行常规BAEP检查并测定听阈,对正常听力的患儿,即听阈≤20 dB nHL(normal hearing level)者,通常在60 dB nHL的声强下进行常规BAEP和各刺激速度的MLS BAEP检查。对听力损伤听阈提高的患儿选用高强度声刺激70~80 dB nHL进行。这样定位分析的波形,均在听阈上40 dB所测得,以减少因听阈不同产生个体差异所致的误差。

1.3 数据分析

各波形均扫描记录2次,定位后分别记录各波潜伏期,振幅及峰间期并计算得出2次的平均值。由于I,III,V波出波率高且稳定易辨析,故以这三波的值作为分析指标,具体为:I,III,V波潜伏期,I,III,V波振幅,I-III,III-V,I-V峰间期。窒息组及正常对照组的常规BAEP和各声刺激速度下MLS BAEP的各指标,用SPSS11.0软件进行方差分析(ANOVA)统计分析。

2 结果

2.1 潜伏期

在常规BAEP和MLS BAEP中各波潜伏期的基本趋势一致,即窒息无HIE组I,III,V波潜伏期与正常对照组相近,窒息有HIE各组患儿I,III,V波潜伏期较正常对照组延长,且随HIE程度的加重各组各波潜伏期延长逐渐明显。III,V波随HIE程度的加重潜伏期逐渐规律延长,尤其是V波潜伏期更明显:各组间III波潜伏期在常规BAEP 21次/s和MLS BAEP各声刺激速度(91~910次/s)均随HIE程度加重逐渐延长,但统计学差异不明显(ANOVA, $P>0.05$);各组间V波潜伏期在常规BAEP中21次/s

即有统计学意义(ANOVA, $P<0.05$),在MLS BAEP 91 ~ 910 次/s 中这种差异更显著(ANOVA, $P<0.01$)。进一步将窒息无HIE组、轻度、中度、重度HIE组V波潜伏期分别与同一声刺激速度下正常对照组行方差分析两两比较,无HIE组与正常组

间无差异($P>0.05$),后随HIE程度加重各组与正常组的差异则越显著,在MLS BAEP中差异更显著,且随着MLS BAEP中声刺激速度的增加这种差异也越明显($P<0.05\sim0.01$),(表1)。

表1 正常与窒息后不同程度HIE新生儿MLS BAEP和常规BAEP各波潜伏期比较

潜伏期	分组	常规 BAEP 21 次/s	MLS BAEP			
			91 次/s	227 次/s	455 次/s	910 次/s
I(ms)	正常组	2.33 ± 0.21	2.44 ± 0.15	2.60 ± 0.17	2.72 ± 0.18	2.83 ± 0.16
	无 HIE	2.44 ± 0.24	2.48 ± 0.22	2.64 ± 0.19	2.72 ± 0.19	2.77 ± 0.20
	轻度 HIE	2.43 ± 0.19	2.50 ± 0.16	2.64 ± 0.16	2.72 ± 0.16	2.77 ± 0.16
	中度 HIE	2.46 ± 0.24	2.49 ± 0.21	2.64 ± 0.21	2.73 ± 0.21	2.78 ± 0.18
	重度 HIE	2.40 ± 0.26	2.53 ± 0.23	2.66 ± 0.22	2.77 ± 0.23	2.84 ± 0.24
	<i>F</i>	1.236	0.578	0.323	0.360	0.710
	<i>P</i>	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05
III(ms)	正常组	5.12 ± 0.21	5.29 ± 0.20	5.66 ± 0.24	5.95 ± 0.25	6.02 ± 0.24
	无 HIE	5.15 ± 0.26	5.28 ± 0.30	5.64 ± 0.36	5.89 ± 0.36	5.96 ± 0.33
	轻度 HIE	5.28 ± 0.35	5.36 ± 0.21	5.79 ± 0.23	6.02 ± 0.22	6.10 ± 0.22
	中度 HIE	5.35 ± 0.29	5.44 ± 0.28	5.81 ± 0.33	6.06 ± 0.40	6.14 ± 0.40
	重度 HIE	5.35 ± 0.32	5.48 ± 0.34	5.85 ± 0.41	6.12 ± 0.41	6.24 ± 0.42
	<i>F</i>	2.407	2.019	1.082	1.547	1.595
	<i>P</i>	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05
V(ms)	正常组	7.23 ± 0.23	7.54 ± 0.21	8.17 ± 0.23	8.80 ± 0.23	8.88 ± 0.21
	无 HIE	7.25 ± 0.30	7.51 ± 0.35	8.13 ± 0.41	8.74 ± 0.39	8.82 ± 0.29
	轻度 HIE	7.45 ± 0.36 ^a	7.75 ± 0.25 ^b	8.36 ± 0.27 ^b	8.99 ± 0.31 ^b	9.10 ± 0.28 ^b
	中度 HIE	7.51 ± 0.29 ^b	7.93 ± 0.38 ^b	8.60 ± 0.44 ^b	9.23 ± 0.47 ^b	9.38 ± 0.42 ^b
	重度 HIE	7.61 ± 0.49 ^a	8.04 ± 0.45 ^b	8.72 ± 0.57 ^b	9.40 ± 0.67 ^b	9.60 ± 0.58 ^b
	<i>F</i>	4.617	8.173	7.360	8.021	13.669
	<i>P</i>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

a:表示该声刺激速度下本组与正常组比较 $P<0.05$; b: $P<0.01$

2.2 峰间期

在常规BAEP和MLS BAEP中各波峰间期的基本趋势一致,即窒息无HIE组I-III,III-V,I-V峰间期与正常对照组相近($P>0.05$),窒息有HIE各组I-III,III-V,I-V峰间期较正常对照组延长,且随HIE程度的加重各组各峰间期延长逐渐明显,尤其在MLS BAEP中III-V,I-V峰间期随HIE程度加重延长的差异性也更显著:各组I-III峰间期在常规BAEP的21次/s,和在MLS BAEP 91 ~ 910 次/s中均差异有显著性(ANOVA, $P<0.05$)。将窒息无HIE组、轻度、中度、重度HIE组的I-III峰间期分别与同一声刺激速度下正常对照组两两比较,常规BAEP下,轻度HIE组与正常对照组差异不明显($P>0.05$),在MLS BAEP声刺激速度达到910次/s时差异有显著性($P<0.05$)。各组III-V峰间期在常规BAEP 21 次/s中方差分析差异有显著性(ANOVA, $P<0.05$),在MLS BAEP 91 ~ 910 次/s中

差异更显著(ANOVA, $P<0.01$),且随MLS BAEP声刺激速度从91到910次/s加快*F*值越大,提示统计学意义越明显。将窒息无HIE组、轻度、中度、重度HIE组的III-V峰间期分别与同一声刺激速度下正常对照组两两比较,常规BAEP下,轻度和中度HIE组与正常对照组差异都不明显($P>0.05$),在MLS BAEP随声刺激速度增加统计学差异越来越显著($P<0.05\sim0.01$)。各组I-V峰间期在常规BAEP 21 次/s中统计学差异明显(ANOVA, $P<0.01$),在MLS BAEP 91 ~ 910 次/s中差异更显著(ANOVA, $P<0.01$)。窒息无HIE组、轻度、中度、重度HIE组的I-V峰间期分别与同一声刺激速度下正常对照组两两比较,常规BAEP下,轻、中、重度HIE组与正常对照组差异都有显著性($P<0.05\sim0.01$),在MLS BAEP随声刺激速度增加统计学差异更加明显,均 $P<0.01$ (表2)。

表 2 正常与窒息后不同程度 HIE 新生儿 MLS BAEP 和常规 BAEP 峰间期比较

峰间期	分组	常规 BAEP	MLS BAEP			
		21 次/s	91 次/s	227 次/s	455 次/s	910 次/s
I-III(ms)	正常组	2. 77 ±0. 17	2. 87 ±0. 19	3. 07 ±0. 21	3. 22 ±0. 24	3. 19 ±0. 22
	无 HIE	2. 71 ±0. 16	2. 81 ±0. 19	3. 00 ±0. 23	3. 16 ±0. 22	3. 22 ±0. 18
	轻度 HIE	2. 82 ±0. 18	2. 88 ±0. 15	3. 16 ±0. 19	3. 29 ±0. 20	3. 33 ±0. 22 ^a
	中度 HIE	2. 87 ±0. 16 ^a	2. 96 ±0. 15 ^a	3. 16 ±0. 21	3. 32 ±0. 24 ^a	3. 38 ±0. 28 ^b
	重度 HIE	2. 92 ±0. 24 ^a	2. 96 ±0. 23	3. 20 ±0. 26 ^a	3. 36 ±0. 31 ^a	3. 40 ±0. 31 ^a
	<i>F</i>	2. 963	2. 909	2. 715	2. 472	2. 971
	<i>P</i>	<0. 05	<0. 05	<0. 05	<0. 05	<0. 05
III-V(ms)	正常组	2. 14 ±0. 11	2. 25 ±0. 17	2. 53 ±0. 16	2. 85 ±0. 19	2. 87 ±0. 15
	无 HIE	2. 10 ±0. 11	2. 22 ±0. 10	2. 48 ±0. 12	2. 80 ±0. 17	2. 85 ±0. 12
	轻度 HIE	2. 18 ±0. 14	2. 36 ±0. 15 ^a	2. 56 ±0. 15	3. 00 ±0. 19 ^b	3. 06 ±0. 24 ^b
	中度 HIE	2. 21 ±0. 14	2. 47 ±0. 20 ^b	2. 77 ±0. 26 ^b	3. 10 ±0. 26 ^b	3. 19 ±0. 20 ^b
	重度 HIE	2. 28 ±0. 25 ^a	2. 53 ±0. 28 ^b	2. 90 ±0. 27 ^b	3. 28 ±0. 33 ^b	3. 38 ±0. 32 ^b
	<i>F</i>	3. 210	10. 819	16. 210	17. 261	22. 490
	<i>P</i>	<0. 05	<0. 01	<0. 01	<0. 01	<0. 01
I-V(ms)	正常组	4. 91 ±0. 17	5. 10 ±0. 21	5. 59 ±0. 19	6. 08 ±0. 23	6. 07 ±0. 39
	无 HIE	4. 81 ±0. 20	4. 99 ±0. 24	5. 48 ±0. 28	5. 97 ±0. 33	6. 06 ±0. 16
	轻度 HIE	5. 03 ±0. 24 ^a	5. 25 ±0. 22 ^b	5. 74 ±0. 28 ^b	6. 32 ±0. 33 ^b	6. 39 ±0. 35 ^b
	中度 HIE	5. 09 ±0. 19 ^b	5. 42 ±0. 29 ^b	5. 92 ±0. 36 ^b	6. 49 ±0. 38 ^b	6. 56 ±0. 34 ^b
	重度 HIE	5. 22 ±0. 41 ^a	5. 51 ±0. 43 ^b	6. 01 ±0. 45 ^b	6. 64 ±0. 49 ^b	6. 72 ±0. 43 ^b
	<i>F</i>	4. 625	12. 589	12. 208	11. 850	16. 486
	<i>P</i>	<0. 01	<0. 01	<0. 01	<0. 01	<0. 01

a:与正常组比较 *P* <0. 05; b:*P* <0. 01

2.3 振幅

在常规 BAEP 和 MLS BAEP 各声刺激速度中,窒息组总的 I, III, V 波振幅较正常对照组均减小 (ANOVA, *P* <0. 05 或 <0. 01)。但在不同程度 HIE 各组间,振幅随 HIE 程度的加重逐渐递减的规律不明显,本文不作进一步的列表分析。

3 讨论

脑干听觉诱发电位是一种利用声音刺激诱发脑干听觉神经电活动的检查方法,不同波峰代表不同来源的神经电活动。本文所采用的 I, III, V 波是相对出波率较高,而且是脑干部位来源比较明确的三个波。现认为 I 波来源于蜗神经,反映听觉传导通路的外周部分, III 波主要来源于耳蜗核,反映听觉传导通路近中枢的部分, V 波来源于中枢下丘部位,是脑干听觉诱发电位的相对中枢部分^[9]。峰间期反映了听觉传导通路上电活动传导的情况,一些病理状态下可导致神经传导速度减慢,峰间期延长。

从研究结果看,无论是常规 BAEP 还是 MLS BAEP 检查中,新生儿窒息后无 HIE 组的 I, III, V 波潜伏期与正常对照组相近, I-III, III-V, I-V 峰间期与正常对照组相近,提示以我国惯用的 Apgar 评分法

作为标准,窒息患儿中有一部分在脑电生理检查中与正常对照组无明显差异,这可能由于窒息时间短、缺氧不严重未导致缺氧缺血性脑损害。窒息后发生 HIE 各组,在常规 BAEP 检查中可见各波潜伏期和峰间期的延长,且随 HIE 的程度加重延长也越显著,尤其是反映听觉神经传导通路近中枢部分的 V 波潜伏期、III-V、I-V 峰间期尤为明显,说明窒息后一旦发生了缺氧缺血性脑损伤,会导致脑电生理的变化,在 BAEP 检查中表现为听觉传导通路上各波潜伏期和峰间期延长、波峰振幅下降^[10]。其中, I 波主要反映的是蜗神经的初级听神经元,其潜伏期没有随 HIE 程度的加重逐渐规律性的延长 (*P* > 0. 05),提示听觉传导通路的外周部分受缺氧影响较小; III 波主要来源于听觉传导通路中间部分的耳蜗核,它的潜伏期延长随窒息程度加重有增加但统计学意义不明显 (*P* > 0. 05),说明缺氧后听觉传导通路的近中枢部分受一定影响;受缺氧影响最大的是来源于中枢下丘的 V 波,它的潜伏期延长在常规 BAEP 就表现出了,随着 HIE 程度的加重 V 波潜伏期逐渐延长 (*P* < 0. 01)。在常规 BAEP 检查中,窒息后有 HIE 各组的 I-III, III-V, I-V 峰间期与正常组相比也是随 HIE 程度加重逐渐延长 (*P* < 0. 05 ~ 0. 01),提示窒息缺氧可影响听觉神经传导速度,且

随窒息程度加重影响越明显。在 HIE 各亚组与该声刺激速度下正常组两两比较发现,轻度和/或中度组的 I-III,III-V 峰间期与正常组的差别不明显 ($P>0.05$),而 I-V 峰间期各组的差异较明显 ($P<0.05\sim0.01$)。

在 MLS BAEP 检查中,反映听觉传导通路中枢部分的 V 波潜伏期,和反映神经传导速度的 I-III,III-V,I-V 峰间期随着 HIE 程度加重逐渐延长更明显,统计学差异较在常规 BAEP 更显著 ($P<0.05\sim0.01$)。特别在 HIE 各亚组与该声刺激速度下正常组两两对比,发现在常规 BAEP 中与正常组相比无明显差别的轻度和/或中度组的 I-III,III-V 峰间期,在 MLS BAEP 却有统计学意义,并随 MLS BAEP 声刺激速度从 91 次/s 增加至 910 次/s 统计学意义越来越显著 ($P<0.05\sim0.01$)。V 波潜伏期、I-V 峰间期在常规 BAEP 中随 HIE 程度增加逐渐延长,有统计学意义 ($P<0.05\sim0.01$),在 MLS BAEP 中其统计学意义也更显著,并随声刺激速度增加统计学意义越来越明显 ($P<0.01$)。可见 MLS BAEP 通过提高声刺激速度加大对听觉神经的负荷,对早期诊断窒息后脑损伤的价值较常规 BAEP 更高,为窒息缺氧后脑损伤的电生理检查提供了一个更敏感的方法,对早期明确窒息缺氧后 HIE 程度,发现轻度脑损伤更有意义。本研究在 MLS BAEP 选用了 91 次/s, 227 次/s,455 次/s,910 次/s 4 个声刺激速度,从结果看,各潜伏期和峰间期差异在 MLS BAEP 中随声刺激速度的加快越来越明显,与临床分度一致,提示 MLS BAEP 可以作为判断窒息缺氧后脑损伤的指标,HIE 程度越重神经传导速度越慢,且较常规 BAEP 更敏感便于发现较轻微的脑损伤。这对判断窒息后脑功能障碍有一定量化意义,可帮助从脑电生理功能的角度判断 HIE 脑损伤的程度。目前对 HIE 的诊断和分度主要通过临床症状体征,头颅 CT 及 B 超为其提供了影像学诊断依据^[11,12],对其分度也有一定帮助,窒息后脑电生理功能的检测现在多是应用脑电图(EEG),但 EEG 对判断 HIE 的程度还

没有很好的量化标准,MLS BAEP 则为此提供了一项可能的新方法。

此外,通过本文研究进一步证实了 MLS BAEP 在新生儿的可行性和安全性。且该诱发电位仪体积小受环境影响小,可用于重危病房,进行床边检查,便于对重症病儿的早期监测及随访。

[参 考 文 献]

[1] 周丛乐,宋琳琳. 缺氧缺血性脑病[M].//金汉珍,黄德珉,官希吉. 实用新生儿学. 第3版. 北京:人民卫生出版社,2003, 762-771.

[2] Hecox KE, Cone B, Blaw ME. Brainstem auditory evoked response in the diagnosis of pediatric neurologic disease [J]. Neurology, 1981, 31(7): 832-840.

[3] Jiang ZD. Maturation of peripheral and brainstem auditory function in the first year following perinatal asphyxia: a longitudinal study [J]. J Speech Lang Hear Res, 1998, 41(1): 83-93.

[4] Majnemer A, Rosenblatt B, Riley P. Prognosis significance of the auditory brainstem evoked response in high risk neonates [J]. Dev Med Child Neurol, 1988, 30(1): 43-52.

[5] Lasky RE, Perlman J, Hecox K. Maximum length sequences auditory evoked brainstem responses in human newborns and adults [J]. J Am Acad Audiol, 1992, 3(6): 383-389.

[6] 王瑾,陈超,邵肖梅. 一种新的脑干诱发电位检查方法[J]. 国外医学耳鼻喉科学分册, 2005, 29(4): 227-230.

[7] 中华医学会儿科学会新生儿学组. 新生儿缺氧缺血性脑病诊断标准[J]. 中国当代儿科杂志, 2005, 7(2): 97-98.

[8] Jiang ZD, Brosi DM, Wilkinson AR. Brainstem auditory evoked response recorded using maximum length sequences in term neonates [J]. Biol Neonate, 1999, 76(4): 193-199.

[9] 张微,戚以胜. 听觉诱发电位测试技术[M].//韩德民,戚以胜,黄丽辉,张华. 新生儿及婴幼儿听力筛查. 北京:人民卫生出版社,2003, 46-56,112-120.

[10] Jiang ZD, Brosi DM, Shao XM, Wilkinson AR. Maximum length sequence brainstem auditory evoked responses in term neonates who have perinatal hypoxia-ischemia [J]. Pediatr Res, 2000, 48(5): 639-645.

[11] 刘杰波,张天峰,吴先哲,申大光,林坚. 头颅 CT 影像在判断新生儿缺氧性脑损伤时的作用[J]. 中国当代儿科杂志,2006,8(3): 195-197.

[12] 常立文,刘敬,李文斌,朱文珍. 磁共振成像对新生儿缺氧缺血性脑病预后的早期评估[J]. 中国当代儿科杂志,2007,9(5): 407-410.

(本文编辑:吉耕中)