

体感诱发电位对重型颅脑创伤患者预后预测作用的 Meta 分析

孙一睿^{1,2}, 胡锦涛^{1,2}, 高亮¹, 杜倬婴¹, 吴雪海¹, 金毅¹, 吴惺¹, 毛颖¹, 周良辅^{1,2*}

1. 复旦大学附属华山医院神经外科, 上海 200040

2. 复旦大学附属华山医院神经外科研究所循证医学研究室, 上海 200040

摘要:目的 分析体感诱发电位对重型颅脑创伤患者预后的评估作用。方法 将 1980, 1 月 ~ 2012, 4 月发表在 MEDLINE, EMBASE, OVID, Cochrane libraries 数据库中相关的英文文献进行汇总和 Meta 分析, 并将体感诱发电位对预后的评估价值与格拉斯哥昏迷评分(GCS 评分)做比较。结果 检索共发现 10 篇文献符合入选标准并纳入 meta 分析, 其中 6 篇进行了与 GCS 评分比较。体感诱发电位预测良好预后的灵敏度为 0.69 (95% CI, 0.63 ~ 0.74)、特异度 0.73 (95% CI, 0.68 ~ 0.78)、阳性似然比 2.71 (95% CI, 1.77 ~ 4.15); 对不良预后的预测灵敏度为 0.58 (95% CI, 0.50 ~ 0.66), 特异度 0.82 (95% CI, 0.77 ~ 0.86), 阳性似然比 3.61 (95% CI, 2.38 ~ 5.47)。分析发现体感诱发电位在预测患者预后时特异度高于 GCS 评分, 其中对不良预后预测的灵敏度与 GCS 相当, 但对良好预后预测的灵敏度不如 GCS。结论 体感诱发电位对重型颅脑创伤患者预后有良好的预测价值。

关键词: 颅脑创伤; 诱发电位; 体感诱发电位; 预后

Meta analysis of predictive value of somatosensory evoked potentials for patients with severe traumatic brain injury

Sun Yirui^{1,2}, Hu Jin^{1,2}, Gao Liang¹, Du Zhuoying¹, Wu Xuehai¹, Jin Yi¹, Wu Xing¹, Mao Ying¹, Zhou Liangfu^{1,2*} 1 Department of Neurosurgery, Huashan Hospital, Fudan University. 2 Laboratory of Evidence Based Medicine, Institution of Neurosurgery, Huashan Hospital, Fudan University. Shanghai 200040.

Abstract: Objective To analyze the predictive value of somatosensory evoked potentials (SEP) for patients with severe traumatic brain injury (TBI). **Methods** Published literatures written in English between January 1980 and April 2012 were searched in MEDLINE, EMBASE, OVID, and the Cochrane Library for Meta-analysis. The predictive value is compared to Glasgow Coma Scale (GCS). **Results** Eleven studies meeting the inclusion criteria are involved for Meta analysis. Six studies compare the predictive value of SEP to that of GCS. The sensitivity of SEP for good outcome is 0.69 (95% CI, 0.63 ~ 0.74), specificity 0.73 (95% CI, 0.68 ~ 0.78), positive likelihood ratio (LR+) 2.71 (95% CI, 1.77 ~ 4.15). The sensitivity of SEP for poor outcome is 0.58 (95% CI, 0.50 ~ 0.66), specificity 0.82 (95% CI, 0.77 ~ 0.86), positive likelihood ratio (LR+) 3.61 (95% CI, 2.38 ~ 5.47). The specificity of SEP for either good or poor outcome is higher than GCS; the sensitivity of SEP for good outcome is equivalent to GCS, but the sensitivity for good outcome is not as good as GCS. **Conclusions** SEP has good predictive value for patients with severe TBI

Key words: traumatic brain injury; evoked potentials; somatosensory evoked potentials; prognosis

1 引言

颅脑创伤 (traumatic brain injury, TBI) 是当今社会最具破坏力的疾病之一, 已成为威胁人类健康的突出问题。国内流行病学调查发现, 我国 TBI 患者数量急剧上升^[1,2], 我国每天至少有 600 人死于

TBI, 每年约有超过 100 万人遗留不同程度的残疾和功能障碍,^[1,3]。重型 TBI 患者大多长期处于昏迷状态, 而其中又有很大一部分在经过长时间的治疗后仍可能死亡或转变为植物状态, 给患者家庭及社会造成巨大的负担。因此早期判断重型 TBI 患

基金项目: 本研究受国家自然科学基金项目 (81171133) 资助

收稿日期: 2013-03-04; 修回日期: 2013-04-10

作者简介: 孙一睿 (1979-) 男, 医师、博士后, 博士学位, 主要从事颅脑创伤、神经重症监护、神经电生理、神经生物学、循证医学方面研究。

通讯作者: 周良辅 (1941-) 男, 中国工程院院士、主任医师、教授、博导、复旦大学附属华山医院神经外科主任、复旦大学附属华山医院神经外科研究所所长, 主要从事神经外科临床及基础研究。

者的预后对于及时调整救治方案,合理安排医疗资源,减轻家庭和社会负担都有重要意义。

目前,临床上已有不少指标用来预测重型 TBI 患者的预后,其中最常用的是格拉斯哥昏迷评分 (Glasgow Coma Scale, GCS)^[4]。其他常用的评估预后的方法包括:患者瞳孔的对光反射、脑电图表现^[5,6]、双频指数^[7,8]、CT 表现等^[9]。然而,这些预测方法的准确性并不突出。以 GCS 评分为例,即使是 GCS 为 3 分的患者,其远期预后仍有较大差异^[10]。自上世纪八十年代起,国外学者开始尝试使用诱发电位预测昏迷患者的预后。诱发电位能够检测到大脑对外部刺激的反应。通过检查,电生理专家可以评估从传入感受器到中枢整合系统的功能和完整性。在各种诱发电位监测中,体感诱发电位监测 (Somatosensory evoked potentials, SEP) 操作简单,干扰少,检查包含的神经传导通路较长,所以在临床上被普遍采用。Carter 和 Butt^[11] 曾根据 2002 年以前发表的文献撰写了一个较全面的综述,把 SEP 分别与 GCS、脑电图、CT 表现等预测昏迷患者预后的方法进行比较。结果发现,除瞳孔检查有很高的灵敏度和 GCS 有很高的特异性外,SEP 在预测患者预后方面表现出很大优势。然而,早年由于各种条件的限制,单个研究所能收集的病例数有限,且研究对象通常包括了多种原因(如缺血缺氧性脑病、TBI、颅内出血等疾病)而昏迷的病人,很少有研究将重型 TBI 患者单独列出进行分析。

神经电生理监护在我国起步较晚,目前仅有北京、上海、西安等少数大城市的部分医院配备诱发电位监测系统。随着监护技术不断完善、设备造价下降和便携性的提高,SEP 监测已越来越多地受到国内医师的关注。为了更细致和更准确的分析 SEP 对重型 TBI 患者预后的评估作用,在此我们将已发表的 SEP 监测与重型 TBI 预后的关联重新进行了提炼,补充了 2002 年之后新发表的研究,重新进行荟萃分析。

2 方法

我们检索了 1980,1 月~2012,4 月在 MEDLINE, EMBASE, OVID, Cochrane libraries 数据库中已经发表的英文文献。搜索关键词包括:“somatosensory evoked potentials”, “SEP”, “coma”, “traumatic brain injury”, “adult”, “prognosis”, “Glasgow Coma Scale”, “GCS”。检索结果根据以下标准进行筛选:① TBI 患者;② GCS ≤ 8 分或由作者表明“重型 TBI”;③ 使

用 SEP 在早期对患者预后进行评估;④ 数据完整,能制作 2 × 2 表格。病例少于 4 例的报道、对相同对象开展的重复研究、以及发表在未经同行评议杂志上的文献均被排除。

数据提炼由两名作者独立完成,并相互校对。分析过程中如果同一病例接受过多次 SEP 监测,我们只提取首次 SEP 数据。我们为每个入选 Meta 分析的研究建立 2 × 2 表格,填入真阳性 (true positive, TP)、假阳性 (false positive, FP)、假阴性 (false negative, FN) 和真阴性 (true negative, TN) 数值。通过 2 × 2 表格计算灵敏度 (sensitivity)、特异度 (specificity)、阳性预测值 (positive predictive value, PPV)、阴性预测值 (negative predictive value, NPV)、阳性似然比 (positive likelihood ratio, LR +)、阴性似然比 (negative likelihood ratio, LR -)、比值比 (odds ratio) 和 95% 可信区间,统计由 Review Manager 5 软件进行。

3 结果

3.1 文献检索

我们共检索到 98 篇文献,其中 21 篇为综述或病例报道,在剩余的 77 篇文献中,仅有 10 篇文献^[12-21]符合入选标准而纳入 Meta 分析。表 1 对最终纳入 Meta 分析的 10 项研究进行了汇总。

3.2 SEP 对重型 TBI 良好预后的预测

Meta 分析显示,如果将表 1 内各项研究中 SEP 正常或表现最好的一个等级定义为“SEP 表现良好”(例如,Amantini 2005^[12]中 SEP 表现良好定义为波形正常,Anderson 1984^[13]中 SEP 表现良好定义为任意一侧有 SEP 波形;Claassen 2001^[15]中 SEP 表现良好定义为 IV 级),那么“SEP 表现良好”对预测重型 TBI 患者预后良好的灵敏度为 0.69 (95% CI, 0.63 ~ 0.74),特异度为 0.73 (95% CI, 0.68 ~ 0.78),阳性似然比为 2.71 (95% CI, 1.77 ~ 4.15)。

为了比较 SEP 与 GCS 在预测重型 TBI 患者预后良好方面的价值,我们将 11 篇文献中同时分析 SEP 与 GCS 与预后关系的 6 篇文献^[12, 15-17, 20, 21]重新进行统计。Meta 分析显示,配对研究中“SEP 表现良好”对重型 TBI 患者预后良好预测的灵敏度为 0.70 (95% CI, 0.63 ~ 0.76),特异度为 0.714 (95% CI, 0.68 ~ 0.79),阳性似然比为 2.24 (95% CI, 1.24 ~ 4.06)。在同样的研究中,“较高 GCS 评分”(划分标准见表 1 注释部分)对重型 TBI

良好预后进行预测的灵敏度为 0.74 (95% CI, 0.65 ~ 0.83), 特异度为 0.55 (95% CI, 0.48 ~ 0.63), 阳性似然比为 1.78 (95% CI, 1.31 ~ 2.42)。由此可见, 虽然在对良好预后的预测中 SEP 的灵敏度略低于 GCS, 但其特异度远高于 GCS 评分。

3.3 SEP 对重型 TBI 不良预后的预测

Meta 分析显示, 如果将表 1 内每项研究中双侧 SEP 波形消失或表现最差的一个等级定义为“SEP 表现不良”, 那么 SEP 对重型 TBI 患者不良预后预测的灵敏度为 0.58 (95% CI, 0.50 ~ 0.66), 特异度为 0.82 (95% CI, 0.77 ~ 0.86), 阳性似然比为 3.61 (95% CI, 2.38 ~ 5.47)。

在 6 篇^[12, 15-17, 20]同时分析了 SEP 和 GCS 与预后关系的文献中, “SEP 表现不良”对重型 TBI 患者不良预后预测的灵敏度为 0.64 (95% CI, 0.53 ~ 0.74), 特异度为 0.83 (95% CI, 0.77 ~ 0.86), 阳性似然比为 3.61 (95% CI, 2.38 ~ 5.47)。而“较低的 GCS 评分”(划分标准见表 1 注释部分), 对不良预后进行预测的灵敏度为 0.67 (95% CI, 0.57 ~ 0.76), 特异度为 0.72 (95% CI, 0.64 ~ 0.79), 阳性似然比为 2.34 (95% CI, 1.79 ~ 3.07)。由此可见, “SEP 表现不良”在预测重型 TBI 患者不良预后时的灵敏度与 GCS 评分相似, 但特异度明显高于 GCS 评分。

3.4 异质性检验

在 Meta 分析中我们发现, 纳入的 10 项研究在数据上存在异质性。根据随机效应模型 (Random Effects Model), SEP 对重型 TBI 良好预后和不良预后预测的 I² 检验值分别为 61.5% 和 53.9%, 高于 GCS 评分的异质性 (其 I² 检验值分别为 31.9% 和 0%)。

4 讨论

TBI 的致残和致死率高, 是威胁我国和许多其他国家人民健康的重要疾病之一。按照 GCS 评分, 重型 TBI 患者的评分在 8 分以下^[4], 且在治疗早期多处于昏迷状态。随着近年急救、手术、重症监护、康复等技术的提高, 已有相当一部分重型 TBI 患者可以获得良好的预后, 但仍有不少患者长期昏迷, 并最终发展为重残、植物状态甚至死亡。预后不良的重型 TBI 患者往往给家庭和社会带来沉重的负担, 特别是在很多时候勉强维持患者的生命并不符合家属的初衷和意愿。因此, 早期判断患者的预后是诊治重型 TBI 过程中的一个重要方面。

本次 Meta 显示, SEP 监测结果对重型 TBI 患者的预后有良好的预测作用。除 Ying 等^[21]的研究结果外, 所有各项 SEP 研究对预后的阳性似然比均 > 1。SEP 在预测重型 TBI 患者良好预后时的综合阳性似然比为 2.71 (95% CI, 1.77 ~ 4.15), 在预测不良预后时的综合阳性似然比为 3.61 (95% CI, 2.38 ~ 5.47)。与 GCS 评分相比, 虽然 SEP 在预测良好预后时的灵敏度不如 GCS 评分, 但其特异度远高于 GCS 评分。另外, SEP 在预测重型 TBI 不良预后时的灵敏度与 GCS 评分相当, 但特异度也高于后者。但是, 不论预测 TBI 患者的预后是否良好, SEP 预测的阳性似然比均高于 GCS 评分, 而且统计软件显示 SEP 在两种预测时所得的综合受试者工作特征曲线 (summary receiver operating characteristic curve, SROC) 下面积也大于 GSC 评分 (面积越大提示诊断的真实性越高, 图略)。

在纳入的 10 项研究中, SEP 在预测重型 TBI 患者预后的数据上存在异质性, 并高于 GCS 评分的异质性。我们推测这可能是由几个主要原因导致: ①各项研究入选患者标准不一。虽然纳入本次分析的研究对象均为重型 TBI 患者, 但各研究的作者对重型 TBI 的定义不尽相同, 如 Claassen 2001^[15]的纳入标准为 GCS3-4, Houlden 2010^[18]的标准为 GCS 运动评分 ≤ 3, Anderson 1984^[13]、Cant 1986^[14]、Facco 1991^[16]、Gulting 1995^[17]的报道中仅表示“severe TBI”。另外, 重型 TBI 的受伤类型也可能对预后产生影响。尽管我们对每篇文章进行了仔细研究, 但未能按照受伤类型对数据进行亚组分析。②SEP 的评价标准不同。由于目前国际上尚无划分 SEP 波形的统一标准, 因此各研究对 SEP 的等级划分也存在很大差异 (表 1)。另外, 进行 SEP 监测的时间点和监测时程也有很大差别。曾有研究提示发病后早期的 SEP 波形, 尤其是发病 24 小时内检测到的波形, 可使诊断正确性降低^[22, 23]。③原始研究中可能包括非颅脑创伤引起的预后不良。虽然纳入此次 Meta 分析的研究都以 GOS 评分作为预后的评价标准, 但所有研究都没有显示预后不良的患者中是否存在颅外因素导致的重残或死亡。而我们知道, 因重型 TBI 而昏迷的病人同时存在其他并发症的概率是相当高的。因此, 非 TBI 因素以及各个神经监护室的救治水平的不同也可能是导致研究的异质性的主要原因之一。

虽然神经电生理检测技术在国内已经非常成

熟,但能将其作为重型颅脑创伤患者常规监护手段的医院尚为数不多。可喜的是,国内已经有部分单位对这方面进行了尝试,并有前瞻性的研究报道^[24-27]。但在本次检索中,我们没有找到即符合入选标准又能提炼出 2×2 数据表的国内研究。一些

会议文献、未经同行评议的中、英文文献及正在进行中的研究也未能纳入本次分析。另外,近年来发现的一些其他的预测指标(如生物标志物)可能对重型 TBI 患者的预后有更

高的预测价值。这值得我们在今后的工作中继续研究。

表 1 入选 Meta 分析的各项研究汇总

文献	例数	研究类型	年龄 (平均年龄)	入组标准	首次 SEP 时间	SEP 等级 划分	预后评估 时间	预后良好 标准	预后不良 标准
Amantini 2005 ^[12] #	60	P	17-72(27)	GCS≤7	>7 d	1 正常(normal,N); 2 异常(pathological,P); 3 消失(absent,A); 按左右两侧又依次分为: NN,NP,PP,NA,PA,AA 六个等级	12m	GOS 4-5	GOS 1-3
Anderson 1984 ^[13]	23	R	?	Severe TBI	0-22 d	1 任意一侧有 SEP 波形; 2 双侧未记录到 SEP 波形	5 m	GOS 4-5	GOS 1-3
Cant 1986 ^[14]	35	P	(19)	Severe TBI	<4 d	1 正常; 2 异常(SEP 波形消失或潜伏期延长);	?	GOS 4-5	GOS 1-3
Claassen 2001 ^[15] #	31	P	(50+18)	GCS 3-4	2-4 d	0 级:双侧无 SEP 波形; I 级:一侧 SEP 波形消失; II 级:双侧 SEP 波形潜伏期延长; III 级:一侧 SEP 波形潜伏期延长, 另一侧正常; IV 级:双侧正常	6m	GOS 4-5	GOS 1-3
Facco 1991 ^[16] #	20	P	?	Severe TBI	0-4 d	1 任意一侧有 SEP 波形; 2 双侧未记录到 SEP 波形	3-6 m	GOS 4-5	GOS 1-3
Gulting 1995 ^[17] #	50	P	?	Severe TBI	0-3 d	1 任意一侧有 SEP 波形; 2 双侧未记录到 SEP 波形	18 m	GOS 4-5	GOS 1-3
Houlden 2010 ^[18]	76	p	?	GCS 运动 评分≤3	1 d	1 级:双侧 SEP 波形消失; 2 级:一侧 SEP 波形消失,另一侧异常; 3 级:一侧 SEP 波形消失,另一侧正常; 4 级:双侧 SEP 波形异常; 5 级:一侧 SEP 波形正常,另一侧异常; 6 级:双侧 SEP 波形正常	12 m	GOS 4-5	GOS 1-3
Hutchinson 1991 ^[19]	90	R	(21)	GCS <8	0-3 d	1 任意一侧有 SEP 波形; 2 双侧未记录到 SEP 波形;	6 m	GOS 4-5	GOS 1-3
Judson 1990 ^[20] #	100	P	<70(20)	GCS <8	0-5 d	1 任意一侧有 SEP 波形; 2 双侧未记录到 SEP 波形	6-24 m	GOS 4-5	GOS 1-3
Ying 1992 ^[21] *#	10	P	16-75	GCS <8	?	I 级:SEP 波形传导时间正常或双侧潜 伏期相差<0.95 ms; II 级:SEP 波形传导时间延长或双侧潜 伏期存在明显差异; III 级:单侧 N20 波形消失; IV 级:双侧 N20 波形消失	6-20 m	GOS 4-5	GOS 1-3

缩写释义:P 前瞻性研究;R 回顾性研究;Severe TBI 重型 TBI;GCS 格拉斯哥昏迷评分;d 天;m 月;GOS 格拉斯哥预后评分
* Ying 1992^[21]中有一例 GCS10 分患者被排除。
在 6 项分析了 GCS 评分与 TBI 患者预后关系的研究中,“较高 GCS 评分”的标准分别定义为:Amantini 2005, GCS5-8^[12]; Classen 2001, GCS4^[15]; Facco 1991, GCS7-8^[16]; Gulting 1995, GCS6-8^[17]; Judson 1990, GCS6-8^[20]; Ying 1992, GCS7-8^[21]. 而“较低 GCS 评分”的标准分别为:Amantini 2005, GCS<5^[12]; Classen 2001, GCS=3^[15]; Facco 1991, GCS<5^[16]; Gulting 1995, GCS<5^[17]; Judson 1990, GCS<5^[20]; Ying 1992, GCS<5^[21]

5 小结

通过本次 Meta 分析,我们得出以下结论:① SEP 是预测重型 TBI 患者预后有价值的指标。② 除灵敏度外,SEP 在预测重型 TBI 患者的预后方面较 GCS 评分有优势。③ 双侧 SEP 波形消失并不一定代表患者死亡或预后不良。因此,如涉及到是否应撤离重型 TBI 患者的支持治疗,SEP 不能作为评

判的唯一标准。

神经重症监护、神经电生理监护在我国刚刚起步,与国外尚存在一定差距。作为电生理监护的一项重要内容,SEP 在预测昏迷患者预后方面有着重要的应用价值。因此 SEP 监测在国内有很大的发展空间,而我们的本次研究对致力于该领域的同仁应具有一定参考价值。

参 考 文 献

- [1] Wu X, Hu J, Zhuo L, et al. Epidemiology of traumatic brain injury in eastern China, 2004: a prospective large case study. *J Trauma*, 2008, 64(5): 1313-1319.
- [2] 赵成之, 陈建良. 急性颅脑损伤的流行病学研究进展. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2005, 32(5): p. 427-430.
- [3] 袁强, 姚海军, 刘华, et al. 华东地区颅脑创伤患者住院费用及相关因素分析. *中华神经外科疾病研究杂志*, 2011, 10(5): 413-419.
- [4] Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet*, 1974, 2(7872): 81-84.
- [5] Vespa PM, Boscardin WJ, Hovda DA, et al. Early and persistent impaired percent alpha variability on continuous electroencephalography monitoring as predictive of poor outcome after traumatic brain injury. *J Neurosurg*, 2002, 97(1): 84-92.
- [6] Thatcher RW, North DM, Curtin RT, et al. An EEG severity index of traumatic brain injury. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*, 2001, 13(1): 77-87.
- [7] Haug E, Miner J, Dannehy M, et al. Bispectral electroencephalographic analysis of head-injured patients in the emergency department. *Acad Emerg Med*, 2004, 11(4): 349-352.
- [8] Fabregas N, Gambus PL, Valero R, et al. Can bispectral index monitoring predict recovery of consciousness in patients with severe brain injury? *Anesthesiology*, 2004, 101(1): 43-51.
- [9] Neal MD, Peitzman AB, Forsythe RM, et al. Over reliance on computed tomography imaging in patients with severe abdominal injury: is the delay worth the risk? *J Trauma*, 2011, 70(2): 278-284.
- [10] Chamoun RB, Robertson CS, Gopinath SP, et al. Outcome in patients with blunt head trauma and a Glasgow Coma Scale score of 3 at presentation. *J Neurosurg*, 2009, 111(4): 683-687.
- [11] Carter BG, Butt W. Are somatosensory evoked potentials the best predictor of outcome after severe brain injury? A systematic review. *Intensive Care Med*, 2005, 31(6): 765-775.
- [12] Amantini A, Grippio A, Fossi S, et al. Prediction of 'awakening' and outcome in prolonged acute coma from severe traumatic brain injury: evidence for validity of short latency SEPs. *Clin Neurophysiol*, 2005, 116(1): 229-235.
- [13] Anderson DC, Bundlie S, Rockswold GL, et al. Multimodality evoked potentials in closed head trauma. *Arch Neurol*, 1984, 41(4): 369-374.
- [14] Cant BR, Hume AL, Judson JA, et al. The assessment of severe head injury by short-latency somatosensory and brain-stem auditory evoked potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1986, 65(3): 188-195.
- [15] Claassen J, Hansen HC. Early recovery after closed traumatic head injury: somatosensory evoked potentials and clinical findings. *Crit Care Med*, 2001, 29(3): 494-502.
- [16] Facco E, Munari M, Dona B, et al. Spatial mapping of SEP in comatose patients: improved outcome prediction by combined parietal N20 and frontal N30 analysis. *Brain Topogr*, 1991, 3(4): 447-455.
- [17] Gütlting E, Gonser A, Imhof HG, et al. EEG reactivity in the prognosis of severe head injury. *Neurology*, 1995, 45(5): 915-918.
- [18] Houlden DA, Taylor AB, Feinstein A, et al. Early somatosensory evoked potential grades in comatose traumatic brain injury patients predict cognitive and functional outcome. *Crit Care Med*, 2010, 38(1): 167-174.
- [19] Hutchinson DO, Frith RW, Shaw NA, et al. A comparison between electroencephalography and somatosensory evoked potentials for outcome prediction following severe head injury. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1991, 78(3): 228-233.
- [20] Judson JA, Cant BR, Shaw NA. Early prediction of outcome from cerebral trauma by somatosensory evoked potentials. *Crit Care Med*, 1990, 18(4): 363-368.
- [21] Ying Z, Schmid UD, Schmid J, et al. Motor and somatosensory evoked potentials in coma: analysis and relation to clinical status and outcome. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 1992, 55(6): 470-474.
- [22] Mandel R, Martinot A, Delepoulle F, et al. Prediction of outcome after hypoxic-ischemic encephalopathy: a prospective clinical and electrophysiologic study. *J Pediatr*, 2002, 141(1): 45-50.
- [23] Whittle IR, Johnston IH, Besser M. Short latency somatosensory-evoked potentials in children—Part 3. Findings following head injury. *Surg Neurol*, 1987, 27(1): 29-36.
- [24] Xu W, Jiang G, Chen Y, et al. Prediction of minimally conscious state with somatosensory evoked potentials in long-term unconscious patients after traumatic brain injury. *J Trauma Acute Care Surg*, 2012, 72(4): 1024-1029.
- [25] 王荣辉, 张哲成, 刘娜, 等. 昏迷患者脑诱发电位及瞬目反射分析与预后评估. *天津医药*, 2012, 40(7): 725-727.
- [26] 徐培坤, 吕红娟, 肖瑾. 脑干听觉诱发电位及体感诱发电位在重型颅脑损伤患者预后评估中的作用. *临床神经外科杂志*, 2011, 8(2): 65-68.
- [27] 刘震洋, 于明琨. 脑干损伤的影像学 and 电生理学诊断与预后评价. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2008, 35(3): 210-214.