

## · 专题 · 神经电生理监测在小儿神经外科的应用 ·

术中闪光视觉诱发电位监测  
在儿童鞍区肿瘤中的应用

全文二维码

刘瑜 刘剑钢 王君璐 魏民 李森 肖波

上海市儿童医院,上海交通大学医学院附属儿童医院神经外科,上海 200062

通信作者:肖波,Email:xiao977@hotmail.com

**【摘要】 目的** 探讨闪光视觉诱发电位(flash visual evoked potential, F-VEP)监测在儿童鞍区肿瘤手术中的应用价值。**方法** 回顾性分析 2020 年 1 月至 2021 年 12 月上海市儿童医院神经外科收治的 20 例鞍区肿瘤患儿临床资料,按年龄将患儿分为两组:1~6 岁组(10 例)和 7~14 岁组(10 例),均在静脉吸入复合麻醉下行肿瘤切除术,术中行 F-VEP 监测,比较不同导联不同刺激频率(0.7~2.0 Hz)下 F-VEP 的波幅,确定合适的刺激参数及主要观察指标。于术后第 14 天对所有患儿进行视力检查,评估术中观察指标与术后视力的相关性,证实其应用价值。**结果** 1~6 岁组患儿中,在刺激频率(1.4 Hz)下,O1-Fz、O2-Fz、Oz-Fz 三个导联 F-VEP 的 N75-P100 峰间值(A1)和 P100-N145 峰间值(A2)均高于其他刺激频率(0.7、1.0、2.0 Hz)下相应导联的 A1、A2( $P < 0.05$ );不同导联之间比较,O2-Fz 或 Oz-Fz 导联的 A1、A2 均高于 O1-Fz 导联( $P < 0.05$ );在任一导联中,F-VEP 的 A2 波幅均高于 A1( $P < 0.05$ )。7~14 岁组中,在刺激频率(0.7 Hz)下,O1-Fz、O2-Fz、Oz-Fz 三个导联的 A1、A2 均高于其他频率(1.0、1.4、2.0 Hz)下相应导联的 A1、A2( $P < 0.05$ );不同导联之间比较,O2-Fz 或 Oz-Fz 导联的 A1、A2 均高于 O1-Fz 导联( $P < 0.05$ );在任一导联中,A2 波幅均高于 A1( $P < 0.05$ )。20 例鞍区肿瘤患儿中,3 例 F-VEP 波幅值较基线升高,术后视力较术前改善;8 例波形无变化,其中 2 例术后视力较术前改善,6 例无明显改变;6 例波形呈可逆性变化,先降低后升高,其中 3 例术后视力无明显改变,3 例较术前改善;3 例波形持续降低,其中 2 例波幅下降小于 50%,术后视力无明显改变;1 例波幅下降大于 50%,术后视力下降。**结论** 针对患儿年龄选择合适的电生理刺激参数,可在儿童鞍区肿瘤手术中获得稳定的 F-VEP 波形。术中 F-VEP 监测有助于避免损伤视神经、视交叉等视觉通路,可最大程度保护患儿视力,对术后视觉功能的评判有一定的临床实用价值。

**【关键词】** 脑肿瘤;神经外科手术;神经电生理监测;闪光视觉诱发电位;治疗结果;儿童

**基金项目:**上海申康医院发展中心临床研究关键项目(SHDC2020CR5004)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202205044-003

### Application of intraoperative flash visual evoked potential monitoring in children with sellar region tumors

Liu Yu, Liu Jiangang, Wang Junlu, Wei Min, Li Sen, Xiao Bo

Department of Neurosurgery, Shanghai Children's Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200062, China

Corresponding author: Xiao Bo, Email: xiao977@hotmail.com

**【Abstract】 Objective** To explore the application value of flash visual evoked potential (F-VEP) monitoring during operations of sellar region tumors in children. **Methods** From January 2020 to December 2021, clinical data were retrospectively reviewed for 20 hospitalized children undergoing operations for sellar region tumors. They were divided into two age groups of 1-6-year and 7-14-year ( $n = 10$  each). Tumor resection was performed under intravenous plus inhalation anesthesia and F-VEP monitoring intraoperatively. The amplitudes of F-VEP under different leads and different stimulation frequencies (0.7–2.0 Hz) were compared to determine the appropriate stimulation parameters and major observation parameters. Visual acuity was examined at Day 14 post-operation for examining the correlation between intraoperative observation parameters and postoperative visual acuity. **Results** In 1-6-year group, at a stimulation frequency of (1.4 Hz), the amplitude between

N75-P100(A1) 或 N145-P100(A2) 为三个导联 (O1-Fz, O2-Fz, Oz-Fz) 均高于其他频率 (0.7, 1.0, 2.0 Hz) (all  $P < 0.05$ )。As compared between different leads, the amplitude of A1/A2 at lead O2-Fz or Oz-Fz were higher than those at lead O1-Fz ( $P < 0.05$ )。At any lead, the amplitude of A2 was higher than that of A1 ( $P < 0.05$ )。In 7-14-year group, at a stimulation frequency of (0.7 Hz), the amplitude of A1/A2 of all three leads were higher than any other frequency (1.0, 1.4, 2.0 Hz) (all  $P < 0.05$ )。As compared between different leads, amplitude of A1/A2 at lead O2-Fz or Oz-Fz were higher than those at lead O1-Fz ( $P < 0.05$ )。At any lead, amplitude of A2 was higher than that of A1 ( $P < 0.05$ )。F-VEP amplitude was higher than baseline ( $n = 3$ ) and postoperative visual acuity improved as compared with preoperatively。In 8 cases without change in waveform, there were improved postoperative visual acuity ( $n = 2$ ) and no improvement ( $n = 6$ )。The waveforms of 6 cases showed reversible changes of initial decline and subsequent rise。Visual acuity improved ( $n = 3$ ) and showed no obvious changes ( $n = 3$ )。In 2/3 of cases with a declining waveform during operation, amplitude declined by  $< 50\%$  and no obvious change occurred in postoperative visual acuity。In another case, amplitude declined by  $> 50\%$  and postoperative visual acuity decreased。**Conclusion** Appropriate electrophysiological stimulation parameters may be selected according to patient age so that stable F-VEP waveform appears during sellar tumor surgery in children。Intraoperative F-VEP monitoring helps to avoid damage to visual pathway and has some clinical practical value for evaluating postoperative visual function。

**【Key words】** Brain Neoplasms; Neurosurgical Procedures; Neurophysiological Monitoring; Flash Visual Evoked Potential; Treatment Outcome; Child

**Fund program:** Key Clinical Research Project of Shanghai Municipal Hospital Development Center (SHDC2020CR5004)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202205044-003

鞍区 (sellar region) 包括鞍内、鞍上及蝶鞍周围区域, 该部位的肿瘤邻近视神经、视交叉, 手术切除过程中易损伤视觉传导通路, 导致视觉功能障碍加重。随着闪光视觉诱发电位 (flash visual evoked potential, F-VEP) 监测技术的改进, F-VEP 越来越多地被作为降低术中视觉通路损伤发生率的可靠工具, 但在儿童手术中尚未广泛应用, 主要是由于适用于儿童的刺激频率、导联方式等参数尚未明确<sup>[1]</sup>。本研究对 20 例鞍区肿瘤患儿的临床资料进行分析, 从中选择较为适合儿童的 F-VEP 方法学参数, 探讨其在儿童鞍区肿瘤手术中的应用价值。

## 材料与方法

### 一、临床资料

回顾性分析 2020 年 1 月至 2021 年 12 月上海市儿童医院神经外科收治的 20 例鞍区肿瘤患儿的临床资料。其中颅咽管瘤 7 例, 低级别胶质瘤 5 例, 生殖细胞肿瘤 4 例, 垂体瘤 2 例, 小圆细胞恶性肿瘤 1 例, Rathke 囊肿 1 例。按年龄分为两组: 1~6 岁组 10 例, 其中男 6 例, 女 4 例, 年龄 ( $3.20 \pm 2.15$ ) 岁; 7~14 岁组 10 例, 其中男 5 例, 女 5 例, 年龄 ( $10.51 \pm 1.96$ ) 岁。所有患儿术前矫正视力均大于 0.1。本研究符合 2013 年修订的《赫尔辛基宣言》基本原

则, 家属均知情同意并签署知情同意书。

### 二、研究方法

#### (一) 手术和麻醉方法

患儿均行鞍区肿瘤切除术, 麻醉诱导使用药物为: 咪达唑仑、舒芬太尼、阿托品、丙泊酚、罗库溴铵或顺式阿曲库铵。气管插管后使用静脉吸入复合维持麻醉深度, 使用药物为丙泊酚 + 瑞芬太尼。术中不再追加肌松药, 吸入维持 1% 七氟烷 MAC  $< 0.5$ <sup>[2]</sup>。

#### (二) F-VEP 监测方法

采用 CASCADE -XP 神经监测系统 (美国凯威 CADWELL 公司) 进行 F-VEP 监测。根据国际脑电 10-20 系统标安放电极, 记录电极为 O1、Oz、O2, 参考电极为 Fz; 刺激器为高频闪光护眼罩, 光源选择白光, 强度 50%, 单眼交替刺激。参数设置为闪光刺激频率 0.7~2.0 Hz, 滤波范围 2~300 Hz, 分析时间 200~300 ms, 平均叠加次数 20~50 次。记录导联为 O1-Fz、O2-Fz、Oz-Fz, F-VEP 的 N75-P100 峰间值即波幅 A1 和 P100-N145 峰间值即波幅 A2。联合 ERG 监测, 其记录电极位于双眼外眦外侧 2 cm, 辅助监测 F-VEP 的稳定性。

对患儿行麻醉诱导后即开始监测, 手术开始前至少进行两次连续的 ERG 和 VEP 记录, 以确认其可重复性, 然后在手术过程中的每个步骤均记录 F-VEP。F-VEP 波幅下降  $\geq 50\%$  定义为显著下降,

表 1 10 例 1~6 岁组鞍区肿瘤患儿不同刺激频率下闪光视觉诱发电位波幅 A1 与 A2 ( $\bar{x} \pm s$ , uV)  
Table 1 Amplitude A1/A2 of F-VEP at different stimulation frequencies in 10 children aged 1~6 years with sellar region tumors ( $\bar{x} \pm s$ , uV)

刺激频率 (Hz)	O1-Fz		O2-Fz		Oz-Fz	
	A1	A2	A1	A2	A1	A2
0.7	2.37 ± 0.68	2.88 ± 0.89	2.72 ± 0.71	3.12 ± 0.81	2.76 ± 0.75	3.34 ± 0.82
1.0	3.39 ± 1.12	3.21 ± 1.29	4.16 ± 1.22	4.13 ± 1.90	4.22 ± 1.30	4.65 ± 1.40
1.4	5.05 ± 1.31	5.78 ± 1.46	6.74 ± 1.62	7.14 ± 1.79	6.88 ± 1.68	8.76 ± 2.21
2.0	3.62 ± 1.11	3.83 ± 1.21	4.2 ± 1.09	5.56 ± 1.10	4.31 ± 1.02	5.78 ± 1.04
F 值	6.325	5.947	8.213	8.143	9.068	9.127
P 值	0.036	0.041	0.008	0.029	0.015	0.007

注 A1 为 N75-P100 峰间值, A2 为 P100-N145 峰间值

当连续两次记录到显著的波幅下降时,认为是持续的,而不是短暂的。如果观察到 F-VEP 显著变化,在排除麻醉和其他非手术因素影响下,立即发出预警通知术者,由术者决定暂停手术直至 VEP 恢复。

### (三) 视觉功能评估方法

所有患儿术前及术后 14 d 使用国际标准视力表或儿童视力表进行视力检查,通过术前术后视力比较判断视觉功能变化情况。术后矫正视力提高 0.2 及以上,为视力改善;减退 0.2 及以上,为视力下降;变化范围在 0.2 以内,为视力无明显改变。

### 三、统计学处理

采用 SPSS 25.0 对数据进行统计学分析。对符合或近似符合正态分布的连续性变量采用  $\bar{x} \pm s$  表示,两组比较采用独立样本 *t* 检验,三组及以上比较采用单因素方差分析,进一步两两比较采用 LSD-*t* 检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

### 一、1~6 岁组 F-VEP 监测结果

1. 不同频率下 F-VEP 监测结果比较(表 1):任一导联下,不同刺激频率(0.7~2.0 Hz)产生的 F-VEP 波幅 A1、A2 的差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),进一步 LSD-*t* 检验发现,刺激频率(1.4 Hz)产生的 F-VEP 波幅 A1、A2 均高于其他频率(0.7、1.0、2.0 Hz)的波幅( $P < 0.05$ )。

2. 不同导联之间比较(表 2):在刺激频率(1.4 Hz)下,O2-Fz 和 Oz-Fz 导联 FVEP 的 A1、A2 均高于 O1-Fz 导联( $P < 0.05$ ),而 O2-Fz 和 Oz-Fz 两导联之间 A1、A2 的差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。

3. 不同波幅之间比较(表 3):在刺激频率(1.4 Hz)下,任一导联中 F-VEP 的波幅 A2 均高于 A1 ( $P < 0.05$ )。

表 2 10 例 1~6 岁组鞍区肿瘤患儿不同导联闪光视觉诱发电位波幅 A1 与 A2 ( $\bar{x} \pm s$ , uV)

Table 2 Amplitude A1/A2 of F-VEP at different leads in 10 children aged 1~6 years with sellar region tumors ( $\bar{x} \pm s$ , uV)

电极导联	刺激频率(1.4Hz)	
	A1	A2
O1-Fz	5.05 ± 1.31	5.78 ± 1.46
O2-Fz	6.74 ± 1.62	7.14 ± 1.76
Oz-Fz	6.88 ± 1.68	8.76 ± 2.21
F 值	9.471	7.125
P 值	0.009	0.013
$P_1$	0.025	0.011
$P_2$	0.004	0.008
$P_3$	0.532	0.334

注 A1 为 N75-P100 峰间值, A2 为 P100-N145 峰间值,  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  值分别为 O1-Fz 与 O2-Fz、O1-Fz 与 Oz-Fz、O2-Fz 与 Oz-Fz 比较

表 3 10 例 1~6 岁组鞍区肿瘤患儿同一导联闪光视觉诱发电位波幅 A1 与 A2 ( $\bar{x} \pm s$ , uV)

Table 3 Amplitude A1/A2 of F-VEP at the same lead in 10 children aged 1~6 years with sellar region tumors ( $\bar{x} \pm s$ , uV)

刺激频率 (1.4 Hz)	电极导联		
	O1-Fz	O2-Fz	Oz-Fz
A1	5.05 ± 1.31	6.74 ± 1.62	6.88 ± 1.68
A2	5.78 ± 1.46	7.14 ± 1.76	8.76 ± 2.21
<i>t</i> 值	2.923	3.822	4.271
P 值	0.046	0.032	0.026

注 A1 为 N75-P100 峰间值, A2 为 P100-N145 峰间值

### 二、7~14 岁组 F-VEP 监测结果

1. 7~14 岁组不同频率下 F-VEP 监测结果比较(表 4):任一导联下,不同刺激频率(0.7~2.0 Hz)产生的 F-VEP 波幅 A2 的差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );导联 O2-Fz、Oz-Fz 下,不同刺激频率产生的 F-VEP 波幅 A1 的差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。进一步 LSD-*t* 检验发现,任一导联下,刺激频率(0.7 Hz)产生的 F-VEP 波幅 A1、A2 均高于其他频率(1.0、1.4、2.0 Hz)的波幅( $P < 0.05$ )。

表 4 10 例 7 ~ 14 岁组鞍区肿瘤患儿不同刺激频率下闪光视觉诱发电位波幅 A1 与 A2 ( $\bar{x} \pm s, \mu V$ )Table 4 Amplitude A1/A2 of F-VEP at different stimulation frequencies in 10 children aged 7 ~ 14 years with sellar region tumors ( $\bar{x} \pm s, \mu V$ )

刺激频率 (Hz)	O1-Fz		O2-Fz		Oz-Fz	
	A1	A2	A1	A2	A1	A2
0.7	4.49 $\pm$ 1.46	5.91 $\pm$ 1.49	5.64 $\pm$ 1.61	6.43 $\pm$ 1.61	5.87 $\pm$ 1.69	6.57 $\pm$ 1.69
1.0	4.28 $\pm$ 1.60	5.35 $\pm$ 1.70	5.21 $\pm$ 1.54	5.93 $\pm$ 1.66	5.39 $\pm$ 1.47	6.01 $\pm$ 1.54
1.4	3.82 $\pm$ 1.27	4.47 $\pm$ 1.47	4.28 $\pm$ 1.26	5.02 $\pm$ 1.56	4.45 $\pm$ 1.38	5.21 $\pm$ 1.65
2.0	2.94 $\pm$ 1.02	3.59 $\pm$ 1.34	3.37 $\pm$ 1.19	4.09 $\pm$ 1.45	3.59 $\pm$ 1.26	4.23 $\pm$ 1.51
F 值	4.022	5.665	5.473	6.363	5.564	7.232
P 值	0.053	0.031	0.039	0.026	0.032	0.014

注 A1 为 N75-P100 峰间值, A2 为 P100-N145 峰间值

2. 不同导联之间比较(表 5): 在刺激频率(0.7 Hz)下, O2-Fz 和 Oz-Fz 导联 FVEP 的 A1、A2 均高于 O1-Fz 导联( $P < 0.05$ ), 而 O2-Fz 和 Oz-Fz 两导联之间 A1、A2 的差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

3. 不同波幅之间比较(表 6): 在刺激频率(0.7 Hz)下, 任一导联中 F-VEP 的波幅 A2 均高于 A1( $P < 0.05$ )。

表 5 7 ~ 14 岁组鞍区肿瘤患儿不同导联闪光视觉诱发电位波幅 A1 与 A2 ( $\bar{x} \pm s, \mu V$ )Table 5 Amplitude A1/A2 of F-VEP at different leads in 10 children aged 7 ~ 14 years with sellar region tumors ( $\bar{x} \pm s, \mu V$ )

电极导联	刺激频率(0.7 Hz)	
	A1	A2
O1-Fz	4.49 $\pm$ 1.46	5.91 $\pm$ 1.49
O2-Fz	5.64 $\pm$ 1.61	6.43 $\pm$ 1.61
Oz-Fz	5.87 $\pm$ 1.69	6.57 $\pm$ 1.69
F 值	6.882	9.734
P 值	0.034	0.016
$P_1$	0.029	0.027
$P_2$	0.008	0.029
$P_3$	0.736	0.714

注 A1 为 N75-P100 峰间值, A2 为 P100-N145 峰间值,  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  值分别为 O1-Fz 与 O2-Fz、O1-Fz 与 Oz-Fz、O2-Fz 与 Oz-Fz表 6 10 例 7 ~ 14 岁组鞍区肿瘤患儿同一导联闪光视觉诱发电位波幅 A1 与 A2 ( $\bar{x} \pm s, \mu V$ )Table 6 Amplitude A1/A2 of F-VEP at the same lead in 10 children aged 7 ~ 14 years with sellar region tumors ( $\bar{x} \pm s, \mu V$ )

刺激频率 (0.7 Hz)	电极导联		
	O1-Fz	O2-Fz	Oz-Fz
A1	4.49 $\pm$ 1.46	5.64 $\pm$ 1.61	5.87 $\pm$ 1.69
A2	5.91 $\pm$ 1.49	6.43 $\pm$ 1.61	6.57 $\pm$ 1.69
t 值	2.683	3.728	3.912
P 值	0.041	0.038	0.029

注 A1 为 N75-P100 峰间值, A2 为 P100-N145 峰间值

### 三、手术全程 F-VEP 变化和术后视力情况

20 例患儿手术全程均引出稳定、可重复的 F-VEP 波形。3 例患儿肿瘤切除后 F-VEP 波幅较基线升高, 术后视力较术前改善; 8 例波形无变化, 其中 2 例术后视力较术前改善, 6 例无明显改变; 6 例波形呈可逆性变化, 先降低后升高, 其中 3 例术后视力无明显改变, 3 例较术前改善; 3 例波形持续降低, 其中 2 例波幅下降小于 50%, 术后视力无明显改变; 1 例波幅下降超过 50%, 术后视力下降。

## 讨 论

闪光视觉诱发电位(flash visual evoked potential, F-VEP)是利用闪光刺激人眼后经视觉传导通路到达枕叶, 在枕部皮层记录到的长潜伏期诱发电位, 该电生理信号从脑电图中提取, 通过信号平均技术获得, 因此容易受到较多主客观因素影响而造成出波不稳定<sup>[3]</sup>。近年来, 随着麻醉药物的发展和视觉诱发电位设备硬件水平的提高, 术中 F-VEP 监测的重要性已得到证实, 但在儿童鞍区肿瘤手术中的应用尚未见报道。本研究分别观察 1 ~ 6 岁组与 7 ~ 14 岁组儿童在不同刺激频率和电极导联的 F-VEP 波幅差异, 从中选择适用于不同年龄段儿童的 F-VEP 刺激参数和观察指标, 并探讨其在儿童鞍区肿瘤手术中的应用价值, 有较好的临床实用性。

### 一、F-VEP 刺激参数分析

临床上 F-VEP 刺激频率选择范围一般为 0.7 ~ 2.1 Hz<sup>[4-5]</sup>。本研究显示在 7 ~ 14 岁组中, 当频率为 0.7 Hz, O1-Fz、O2-Fz、Oz-Fz 三个导联 F-VEP 的波幅 A1、A2 均高于其它频率下相应导联的波幅 A1、A2, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ); 这一结果与很多国内外学者研究结果基本一致, 他们认为更小的刺激频率, 可以产生更大的诱发电位波幅<sup>[5-6]</sup>。



因此本研究针对 7 ~ 14 岁儿童推荐刺激频率为 0.7 Hz。但在 1 ~ 6 岁组中,当频率为 1.4 Hz,三个导联 F-VEP 的波幅 A1、A2 均高于其他频率下的波幅 A1、A2,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。我们认为,这可能和低龄儿童神经功能发育尚不成熟有关<sup>[7-9]</sup>。因此针对 1 ~ 6 岁儿童我们推荐刺激频率为 1.4 Hz。但需注意,推荐频率并非最优选择,在实际 F-VEP 监测中,要考虑儿童的特殊性和个体差异,合理选择更适合的频率。

F-VEP 必须通过有效的信号叠加才能获得稳定的波形,以往国内外研究中,采用的多是单/双眼交替刺激和叠加 100 ~ 500 次<sup>[4,10]</sup>。但不断的临床实践证实过多的叠加会导致视觉疲劳,而产生无效叠加;另外干扰 F-VEP 的外界因素众多,长时间叠加,易导致波形失真。因此本研究采用单眼交替刺激方式和 20 ~ 50 次的叠加次数,根据儿童个体差异进行适时调整,从而得出较为稳定的 F-VEP 波形。

## 二、F-VEP 主要观察指标

临床上 F-VEP 常规导联组合为 O1-Fz、O2-Fz、Oz-Fz 三组。本研究显示 1 ~ 6 岁和 7 ~ 14 岁组患儿在推荐刺激频率(分别为 1.4 Hz 和 0.7 Hz)下,O2-Fz 和 Oz-Fz 导联 F-VEP 的波幅 A1、A2 均高于 O1-Fz 导联,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。国内有文献报道,O2、Oz 两点记录的波幅 A1 均高于 O1 记录点的波幅,这与本研究结果基本一致<sup>[11]</sup>。Sato<sup>[12]</sup> 和 Jashek-Ahmed<sup>[13]</sup> 认为,Oz 记录点产生的 F-VEP 波幅最高,Oz-Fz 是主要观察导联,这与本研究结果稍有不同。但在临床监测中需要考虑低龄儿童的特殊性,建议同时记录三个导联,重点关注 O2-Fz、Oz-Fz 导联,不要因为单个导联的假阳性而误判。

本研究还发现,不论 1 ~ 6 岁组,还是 7 ~ 14 岁组,在推荐刺激频率(分别为 1.4 Hz 和 0.7 Hz)下,O1-Fz、O2-Fz、Oz-Fz 任一导联中 F-VEP 的波幅 A2 均高于 A1( $P < 0.05$ )。因此本研究推荐波幅 A2 为 F-VEP 主要观察指标。虽然以往较多国内外文献报道,术中 VEP 监测多以 A1 波幅作为主要参考指标,但随着电生理技术的不断发展与进步,已经有一部分国内外学者认为 A2 波幅对于评估视觉功能更有意义,这与本研究相一致<sup>[14-18]</sup>。

## 三、术中 F-VEP 监测的临床应用价值

国内外学者一致认为 F-VEP 记录只能在没有严重视力障碍的患者中获得,并且在记录可重复 F-VEP 波形的患儿中,最佳矫正视力范围为 0.2 ~

0.4,本研究中所有患儿术前矫正视力均大于 0.1。既往文献中成年患者多采用视力和视野检查结果综合评估视觉功能。但是对于儿童,尤其是小于 6 岁的低龄儿童,视野检查往往无法配合,准确度有限。国外亦有报道表明术中 FVEP 变化与视力变化的相关性超过视野变化,故本研究仅分析术前术后的视力变化<sup>[19-20]</sup>。

通过选取合适的刺激参数和主要观察指标,本研究 20 例患儿术中均引出稳定、可重复的 F-VEP 波形。3 例患儿术中切除肿瘤、减轻对视神经的压迫后,F-VEP 波幅较基线升高,术后视力均较术前改善。8 例波形无变化,其中 2 例术后视力较术前改善,6 例无明显改变;6 例波形呈可逆性变化,先降低后升高,其中 3 例术后视力无明显改变,3 例较术前改善,说明瞬时 F-VEP 变化并不表示术后视力障碍。3 例波形持续降低,其中 2 例波幅下降小于 50%,术后视力无明显改变;1 例波幅下降大于 50%,术后视力明显下降;说明 F-VEP 波幅持续显著下降可能提示术后严重视觉功能障碍,与国外报道一致<sup>[21]</sup>。

手术过程中对视觉通路的损伤包括视觉通路供血动脉闭塞造成的缺血性损伤,以及视神经、视交叉和视束等视觉通路的剥离和(或)回缩造成的机械损伤,很难确定哪种类型的损伤与 VEP 的变化有关。因此,临床中重要的是评估和确认手术过程中每个步骤是否存在 VEP 变化,并及时采取相应措施,以防止术后视觉功能障碍加重。

综上所述,对于接受手术的鞍区肿瘤患儿,术中 F-VEP 监测是一种安全、可靠和有效的技术手段,选择合适的刺激参数和主要观察指标,可以最大程度减少对视觉通路的损伤,提高手术疗效,预测术后视觉功能。由于本组监测数量有限,针对低龄儿童如何更好地选择参数和指标,提升术中 F-VEP 波形的稳定性,还需要更多的临床探索。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

**作者贡献声明** 文献检索为王君璐、魏民,论文调查设计为刘瑜、刘剑钢、肖波,数据收集与分析为王君璐、李森,论文结果撰写为刘瑜、刘剑钢,论文讨论分析为刘瑜、肖波

## 参 考 文 献

- [1] Toyama K, Wanibuchi M, Honma T, et al. Effectiveness of intraoperative visual evoked potential in avoiding visual deterioration during endonasal transsphenoidal surgery for pituitary tumors [J]. *Neurosurg Rev*, 2020, 43 (1): 177-183. DOI: 10.1007/s10143-018-1024-3.
- [2] Jellish WS, Leonetti JP, Buoy CM, et al. Facial nerve electromyography

- graphic monitoring to predict movement in patients titrated to a standard anesthetic depth[J]. *Anesth Analg*, 2009, 109(2): 551-558. DOI: 10.1213/ane.0b013e3181ac0e18.
- [3] Creel DJ. Visually evoked potentials[J]. *Handb Clin Neurol*, 2019, 160: 501-522. DOI: 10.1016/B978-0-444-64032-1.00034-5.
- [4] 中国医师协会神经外科分会神经电生理监测专家委员会. 中国神经外科术中电生理监测规范(2017 版)[J]. *中华医学杂志*, 2018, 98(17): 1283-1293. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.17.002.
- Expert Committee of Neurophysiology Monitoring, Branch of Neurosurgery, Chinese Medical Doctor Association. 2017 Chinese Standard of Intraoperative Neurophysiological Monitoring during Neurosurgery[J]. *National Medical Journal of China*, 2018, 98(17): 1283-1293. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.17.002.
- [5] Chen X, Wang Y, Zhang S, et al. Effects of stimulation frequency and stimulation waveform on steady-state visual evoked potentials using a computer monitor[J]. *J Neural Eng*, 2019, 16(6): 066007. DOI: 10.1088/1741-2552/ab2b7d.
- [6] Hayashi H, Kawaguchi M. Intraoperative monitoring of flash visual evoked potential under general anesthesia[J]. *Korean J Anesthesiol*, 2017, 70(2): 127-135. DOI: 10.4097/kjae.2017.70.2.127.
- [7] McDonald CG, Joffe CL, Barnet AB, et al. Abnormal flash visual evoked potentials in malnourished infants: an evaluation using principal component analysis[J]. *Clin Neurophysiol*, 2007, 118(4): 896-900. DOI: 10.1016/j.clinph.2007.01.006.
- [8] Nilsson J, Dahlgren J, Karlsson AK, et al. Normal visual evoked potentials in preschool children born small for gestational age[J]. *Acta Paediatr*, 2011, 100(8): 1092-1096. DOI: 10.1111/j.1651-2227.2011.02211.x.
- [9] Chayasirisobhon S, Gurbani S, Chai EE, et al. Evaluation of maturation and function of visual pathways in neonates: role of flash visual-evoked potentials revisited[J]. *Clin EEG Neurosci*, 2012, 43(1): 18-22. DOI: 10.1177/1550059411429529.
- [10] Odom JV, Bach M, Brigell M, et al. ISCEV standard for clinical visual evoked potentials: (2016 update)[J]. *Doc Ophthalmol*, 2016, 133(1): 1-9. DOI: 10.1007/s10633-016-9553-y.
- [11] 郭栋泽, 樊星, 马佳佳, 等. 闪光视觉诱发电位方法学分析及其在鞍区肿瘤术中监测的初步应用[J]. *中华神经外科杂志*, 2020, 36(3): 248-252. DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20190929-00418.
- Guo DZ, Fan X, Ma JJ, et al. Methodological analysis of flash visual evoked potential and its preliminary application in intraoperative monitoring during operations of sellar region tumors[J]. *Chinese Journal of Neurosurgery*, 2020, 36(3): 248-252. DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20190929-00418.
- [12] Sato A. Interpretation of the causes of instability of flash visual evoked potentials in intraoperative monitoring and proposal of a recording method for reliable functional monitoring of visual evoked potentials using a light-emitting device[J]. *J Neurosurg*, 2016, 125(4): 888-897. DOI: 10.3171/2015.10.JNS151228.
- [13] Jashek-Ahmed F, Cabrilo I, Bal J, et al. Intraoperative monitoring of visual evoked potentials in patients undergoing transsphenoidal surgery for pituitary adenoma: a systematic review[J]. *BMC Neurol*, 2021, 21(1): 287. DOI: 10.1186/s12883-021-02315-4.
- [14] Kodama K, Goto T, Sato A, et al. Standard and limitation of intraoperative monitoring of the visual evoked potential[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2010, 152(4): 643-648. DOI: 10.1007/s00701-010-0600-2.
- [15] Kamio Y, Sakai N, Sameshima T, et al. Usefulness of intraoperative monitoring of visual evoked potentials in transsphenoidal surgery[J]. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2014, 54(8): 606-611. DOI: 10.2176/nmc.oa.2014-0023.
- [16] 马佳佳, 张晴, 陆瑜, 等. 全身麻醉下视觉诱发电位在垂体腺瘤切除术中的应用价值[J]. *中华神经外科杂志*, 2021, 37(8): 820-824. DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20210707-00336.
- Ma JJ, Zhang Q, Lu Y, et al. Application value of visual evoked potential in pituitary adenoma resection under general anesthesia[J]. *Chinese Journal of Neurosurgery*, 2021, 37(8): 820-824. DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20210707-00336.
- [17] Gutzwiller EM, Cabrilo I, Radovanovic I, et al. Intraoperative monitoring with visual evoked potentials for brain surgeries[J]. *J Neurosurg*, 2018, 130(2): 654-660. DOI: 10.3171/2017.8.JNS171168.
- [18] 戴定坤, 杨丽, 孟欢欢, 等. 不同部位损伤致视力障碍的视觉诱发电位特征[J]. *法医学杂志*, 2021, 37(5): 632-638. DOI: 10.12116/j.issn.1004-5619.2020.201004.
- Dai DK, Yang L, Meng HH, et al. Characteristics of visual evoked potential in different parts of visual impairment[J]. *Journal of Forensic Medicine*, 2021, 37(5): 632-638. DOI: 10.12116/j.issn.1004-5619.2020.201004.
- [19] Qiao N, Song M, Ye Z, et al. Deep learning for automatically visual evoked potential classification during surgical decompression of sellar region tumors[J]. *Transl Vis Sci Technol*, 2019, 8(6): 21. DOI: 10.1167/tvst.8.6.21.
- [20] Houlden DA, Turgeon CA, Amyot NS, et al. Intraoperative flash visual evoked potential recording and relationship to visual outcome[J]. *Can J Neurol Sci*, 2019, 46(3): 295-302. DOI: 10.1017/cjn.2019.4.
- [21] Nishimura F, Wajima D, Park YS, et al. Efficacy of the visual evoked potential monitoring in endoscopic transnasal transsphenoidal surgery as a real-time visual function[J]. *Neurol India*, 2018, 66(4): 1075-1080. DOI: 10.4103/0028-3886.236963.
- (收稿日期: 2022-05-12)

**本文引用格式:** 刘瑜, 刘剑钢, 王君璐, 等. 术中闪光视觉诱发电位监测在儿童鞍区肿瘤中的应用[J]. *临床小儿外科杂志*, 2022, 21(10): 911-916. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202205044-003.

**Citing this article as:** Liu Y, Liu JG, Wang JL, et al. Application of intraoperative flash visual evoked potential monitoring in children with sellar region tumors[J]. *J Clin Ped Sur*, 2022, 21(10): 911-916. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202205044-003.