

# 颅脑火器伤后犬颈内动脉血流动力学改变的初步观察

陶 杰<sup>1</sup>, 邓 旦<sup>1</sup>, 匡永勤<sup>2</sup>, 吴晓波<sup>1</sup>, 常 明<sup>1</sup>, 陈 重<sup>1</sup>, 冯 谦<sup>1</sup>

(1. 成都军区总医院超声科, 成都 610083; 2. 成都军区总医院脑外科, 成都 610083)

**摘要:** 初步探讨颅脑火器伤后颈内动脉血流动力学变化及其临床意义。17 只杂种犬, 滑膛枪近距离由左额部射入钢珠建立犬颅脑枪弹伤模型。于伤前、伤后 30min、2h、4h、6h 检测右侧颈内动脉血流动力学参数: 峰值流速( $V_p$ )、舒张期末血流速度( $V_d$ )、平均血流速度( $V_m$ )、阻力指数( $RI$ )和搏动指数( $PI$ )。其间动态观测颅内压及动脉压。所有实验犬伤后 30min 颅内压较伤前已明显升高( $P < 0.01$ ), 动脉压降低( $P < 0.05$ ), 颈内动脉  $V_p$ 、 $V_m$ 、 $V_d$  明显降低( $P < 0.05$ )。其中 4 只颅内压升高最为显著的犬  $RI$  和  $PI$  明显增高, 甚至在舒张早期出现负向频谱; 另 13 只犬  $RI$  和  $PI$  较伤前改变不明显。伤后其余各时间点如内生命体征维持较平稳, 血流动力学参数均稳定在伤后第一次检查水平。颅脑火器伤后颈内动脉  $V_p$ 、 $V_m$ 、 $V_d$  明显降低, 但伤犬的血流动力学参数由于同时受颅内压升高、动脉压降低双重影响, 难以准确判定其颅内压升高程度; 部分伤犬  $RI$  和  $PI$  明显增大, 提示颅内压升高到一定程度、动脉压又显著降低, 导致脑灌注压低于某一域值, 此现象的出现可能存在潜在临床意义。

**关键词:** 超声检查; 颈内动脉; 颅脑; 枪弹伤; 颅内压

中图分类号:

文献标识码: A

文章编号: 1000-3630(2013)-01-0037-04

DOI 编码: 10.3969/j.issn1000-3630.2013.01.009

## Observation of the hemodynamic change of the internal carotid artery with craniocerebral fire-arm injury of dogs

TAO Jie<sup>1</sup>, DENG Dan<sup>1</sup>, KUANG Yong-qin<sup>2</sup>, WU Xiao-bo<sup>1</sup>, CHANG Ming<sup>1</sup>, CHEN Zhong<sup>1</sup>, FENG Qian<sup>1</sup>

(1. Ultrasonography Department, PLA Chengdu Military Area Command General Hospital, Chengdu 610083, China;

2. Department of Neurosurgery, PLA Chengdu Military Area Command General Hospital, Chengdu 610083, China)

**Abstract:** The hemodynamic change of the internal carotid artery after craniocerebral fire-arm injury and its clinical significance are discussed. A steel ball was shot in the left frontal part with a musket at close range and a model of craniocerebral gunshot wounds is established in 17 hybrid dogs. The hemodynamic parameters of the right internal carotid artery was detected 30 min, 2h, 4h, and 6h before and after causing trauma, including  $V_p$ ,  $V_d$ ,  $V_m$ ,  $RI$  and  $PI$ . Intracranial pressure and arterial pressure were dynamically observed in the interim. Intracranial pressure was evidently elevated compared to the pre-traumatic period ( $P < 0.01$ ), arterial pressure dropped ( $P < 0.05$ ) and internal carotid  $V_p$ ,  $V_m$  and  $V_d$  lowered markedly ( $P < 0.05$ ) 30 min after trauma.  $RI$  and  $PI$  increased markedly and negative frequency spectrum appeared even in the early diastolic phase in 4 of the dogs whose intracranial pressure was elevated most markedly.  $RI$  and  $PI$  did not change markedly compared to the pre-trauma period in other 13 dogs. The internal vital signs kept more stable at all other time points and the hemodynamic parameter stabilized at the first examination level after trauma. Internal carotid  $V_p$ ,  $V_m$  and  $V_d$  after craniocerebral fire-arm injury lowered markedly. Owing to the influence of elevated intra cranial pressure and lowered arterial pressure, the degree of the elevation of intracranial pressure is unable to decide accurately with the hemodynamic parameter in the injured dogs.  $RI$  and  $PI$  increase evidently in part of the injured dogs, suggesting that intracranial pressure is elevated to some extent while arterial pressure lowers markedly again, thus causing brain fusion pressure to lower than some threshold values. The occurrence of this phenomenon may be of potential clinical significance.

**Key words:** ultrasonography; internal carotid artery; brain; gunshot wounds; intracranial pressure

## 0 引言

众多研究表明, 颅脑病变及损伤所致颅内高压

与颅内动脉频谱形态以及血流参数, 特别是  $V_m$ 、 $PI$  之间有显著的相关性<sup>[1-3]</sup>。但作为颅内供血血管的颈内动脉在颅内高压时频谱变化研究较少; 对于颅脑火器伤这种特殊的颅脑损伤的颈动脉血流动力学研究鲜有报道。本研究利用超声多普勒技术对颅脑火器伤后颈内动脉血流参数进行观察, 结合颅内压及血压监测, 旨在探讨颅脑火器伤后颈内动脉血

收稿日期: 2011-08-17; 修回日期: 2011-10-27

基金项目: 全军医药卫生科研基金项目资助(06MA146)

作者简介: 陶杰(1971—), 男, 四川成都人, 研究方向为超声诊断。

通讯作者: 邓旦, E-mail: dengdan\_888@126.com

流动力学变化及其临床意义。

## 1 资料与方法

### 1.1 材料

实验动物为杂种犬 17 只, 雌雄不拘, 体重(17.4 ± 1.6)kg。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 动物模型制作

实验犬麻醉后, 气管插管; 超声引导下左颈内静脉及左股静脉插管备用, 颅脑火器伤模型的建立采用 53 式滑膛枪, 发射 0.15g 钢珠, 距犬头 2m 处于左额部致穿透伤(图 1)。



图 1 实验动物模型图片: 实验犬因颅内高压致双眼外凸, 左额部皮肤表面可见弹孔

Fig.1 Laboratorial animal model picture: binocular evagination is due to intracranial hypertension in a dog and a shell hole can be seen in the surface of the left temporal skin

#### 1.2.2 超声检查

右颈内动脉超声检查采用日本 ALOKA 公司  $\alpha 10$  型彩色多普勒超声诊断仪, 高频探头(6~13 MHz)。实验动物左侧卧位, 颈部备皮, 探头置于右颈部, 显示颈内动脉长轴, 根据血管的走行, 调整图像偏转功能, 以保证血流方向与声束夹角小于  $60^\circ$ , 取样框约为血管直径  $1/3$  大小, 在颈总动脉分叉部上方 1.5cm 测量血流动力学参数, 包括峰值流速(peak systolic velocity)  $V_p$ 、舒张期末血流速度(end-diastolic velocity)  $V_d$ 、平均血流速度(mean velocity)  $V_m$ 、阻力指数(resistance index)  $RI$  和搏动指数(pulsatility index)  $PI$ 。当图像清晰、平稳(最少

5 个心动周期)后冻结图像, 测量数据并存图。检查时间分别为伤前, 伤后 30 min、2 h、4 h、6 h。

#### 1.2.3 颅内压(intracranial pressure) $ICP$ 测定

实验犬麻醉后, 颅骨钻孔, 直径约 0.6cm, 向脑实质内置入  $ICP$  光纤探头(置入深度 2cm)。光纤探头外接 Codman 微型监护仪(美国强生公司), 监护仪调零后持续监测  $ICP$ 。

#### 1.2.4 动脉压(arterial pressure) $AP$ 测定

实验犬麻醉后, 左股动脉插管, 通过压力传感器连接于多功能生理监护仪, 监测心率、血压并用于采集动脉血。

### 1.3 统计方法

采用 SPSS 17.0 统计学软件进行统计分析。计量资料均以均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 两组均数间比较采用独立样本  $t$  检验。  $P < 0.05$  认为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 颅内压

颅脑枪弹伤后 30 min 实验犬  $ICP$  显著增高 ( $P < 0.01$ ), 差异有显著性意义; 伤后各时间点  $ICP$  波动无统计学意义(见表 1)

### 2.2 动脉压

颅脑枪弹伤后 30min 实验犬动脉收缩压、舒张压均较致伤前减小 ( $P < 0.05$ ), 差异有显著性意义; 伤后各时间点血压波动无统计学意义(见表 1)。

### 2.3 颈内动脉血流动力学参数

伤后 30min 实验犬右颈内动脉  $V_p$ 、 $V_m$ 、 $V_d$  明显降低 ( $P < 0.05$ )。其中 4 只  $ICP$  升高最为显著的犬  $V_d$  下降尤其显著,  $RI$  和  $PI$  明显增高, 甚至在舒张早期出现负向频谱; 另 13 只犬  $RI$  和  $PI$  较伤前改变不明显; 所有伤犬颈动脉频谱形态均未出现收缩期高尖波(见图 2、3)。所有实验犬伤后其余各时间点血流动力学参数均稳定在伤后第一次检查水平(见表 2)。

表 1 实验犬伤前及伤后颅内压及血压比较 ( $\bar{x} \pm s$ ) (n=17)

Table 1 Comparison between intracranial pressure and arterial pressure in all time points before and after trauma

分组	伤前	伤后时间			
		30min	2h	4h	6h
颅内压/mmHg	11.4 ± 3.2	42.3 ± 10.3 <sup>■</sup>	40.7 ± 8.2 <sup>■</sup>	39.6 ± 8.5 <sup>■</sup>	42.6 ± 10.6 <sup>■</sup>
收缩压/mmHg	112.0 ± 12.3	86.6 ± 15.3 <sup>▲</sup>	85.4 ± 10.1 <sup>▲</sup>	82.6 ± 11.4 <sup>▲</sup>	80.3 ± 9.3 <sup>▲</sup>
舒张压/mmHg	99.5 ± 11.7	63.2 ± 13.0 <sup>▲</sup>	61.8 ± 9.8 <sup>▲</sup>	65.0 ± 9.3 <sup>▲</sup>	64.7 ± 10.2 <sup>▲</sup>

与伤前比较 ▲:  $P < 0.05$  ■:  $P < 0.01$

表 2 RI、PI 无改变组实验犬右颈内动脉频谱测值变化( $\bar{x} \pm s$ )(n=13)  
Table 2 The changes of hemodynamic parameters of the right internal carotid artery of dogs without RI and PI varying

检查项目	伤前	伤后时间			
		30min	2h	4h	6h
$Vp$ ( $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ )	81.10 $\pm$ 17.04	62.03 $\pm$ 11.58 <sup>▲</sup>	65.29 $\pm$ 14.33 <sup>▲</sup>	60.48 $\pm$ 8.06 <sup>▲</sup>	62.65 $\pm$ 14.29 <sup>▲</sup>
$Vd$ ( $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ )	28.34 $\pm$ 11.52	22.26 $\pm$ 6.12 <sup>▲</sup>	24.47 $\pm$ 6.87 <sup>▲</sup>	21.70 $\pm$ 7.50 <sup>▲</sup>	21.04 $\pm$ 9.34 <sup>▲</sup>
$Vm$ ( $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ )	47.08 $\pm$ 13.05	45.14 $\pm$ 9.27 <sup>▲</sup>	48.35 $\pm$ 10.26 <sup>▲</sup>	50.12 $\pm$ 13.44 <sup>▲</sup>	47.76 $\pm$ 7.23 <sup>▲</sup>
PI	1.31 $\pm$ 0.12	1.15 $\pm$ 0.14	1.03 $\pm$ 0.18	1.26 $\pm$ 0.22	1.04 $\pm$ 0.26
RI	0.65 $\pm$ 0.07	0.64 $\pm$ 0.04	0.67 $\pm$ 0.07	0.64 $\pm$ 0.04	0.66 $\pm$ 0.05

与伤前比较 ▲:  $P<0.05$

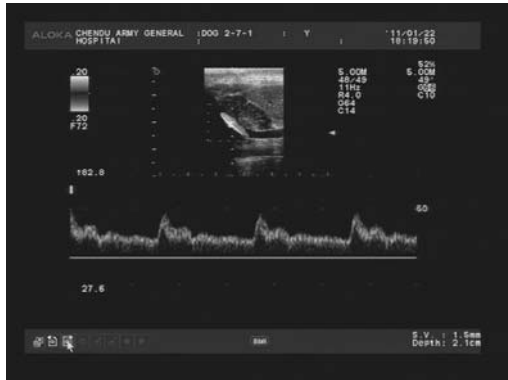


图 2 伤后颈内动脉频谱: 最大血流速度低于 50cm/s, 频谱形态及 RI、PI 无明显改变  
Fig.2 After traumatic internal carotid artery frequency spectrum: the maximal blood flow rate is under 50 cm/s, without marked changes in frequency spectrum morphology, RI and PI

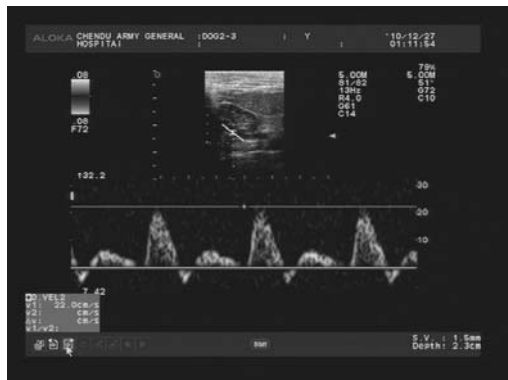


图 3 伤后颈内动脉频谱: 最大血流速度为 22.0cm/s, 收缩峰未表现出高尖波, 舒张早期为反向血流, 舒张末期血流中断。  
Fig.3 After traumatic internal carotid artery frequency spectrum: the maximal blood flow rate is 22.0 cm/s and the contraction wave does not manifest itself by high sharp waves, with an early diastolic reverse blood flow and an end-diastolic interrupted blood flow

### 3 讨论

众多研究显示, 颅脑损伤后脑血流动力学的明显改变是导致继发损伤的主要原因<sup>[4,5]</sup>; 颅脑病变及损伤所致颅内高压与颅内动脉频谱形态以及血流参数, 特别是  $Vm$ 、PI 之间有显著的相关性。因此, 持续监测脑血流动力学参数有利于及时发现潜在的病情变化并指导治疗<sup>[6]</sup>。

颅脑火器伤作为一种特殊的颅脑损伤, 不但存在局部的直接损伤, 还因有瞬间膨胀的空腔效应和压力波的远达效应<sup>[7]</sup>, 会对心血管系统产生较严重的损害, 因而颅脑供血血管同时受到颅内压变化及心血管功能改变的影响。所以我们认为颅脑火器伤后颅内血流动力学的影响因素可能较其它颅脑损伤更复杂, 希望通过研究能对临床提供有益的资料。但由于颅脑火器伤后, 生命体征的维持、损伤部位的外科处理等急救措施优先于颅脑血流动力学检测, 因而当准备行经颅多普勒超声(TCD)时, 可能会发现头部因创伤及敷料包扎已无法进行。对于可能出现的这种情况, 我们希望用颈内动脉来替代颅内血管进行检查。

既往 TCD 对颅内动脉研究显示: 颅内高压与 TCD 参数  $Vd$ 、 $Vm$ 、PI、RI 之间有显著的相关性, 特别是 PI 数值的改变可作为 ICP 和脑灌注压(CPP)监测的一种有效方法<sup>[8-10]</sup>。声像图表现为收缩峰高尖, 第一峰(S1)和第二峰(S2)融合, 舒张期前切迹加深, 搏动性增加。而本研究却发现颅脑火器伤后, 颈内动脉  $Vp$ 、 $Vm$ 、 $Vd$  均明显降低, 且大多数伤犬其数值下降比例较一致, 声像图也未表现出高尖波的特点, 这导致了 RI、PI 与伤前无明显变化。这一结果与既往 TCD 观测颅脑损伤的结果不一致。

综合分析此课题及以往文献数据, 本研究发发现本组实验犬在伤后 30 min 检查时颈内动脉  $Vp$  降低较显著, 而多篇 TCD 文献显示伤后大脑中动脉  $Vp$  无明显降低, 甚至有所升高<sup>[3,9,10]</sup>。多数文献认为: 颅内高压的初期, 仅有舒张期血流下降, 而收缩期血流无明显变化, 形成所谓“阻力血流”频谱。其产生原因是由于收缩期血流压力远高于 ICP, 当 ICP 明显升高时, 其值仍远低于收缩压, 因而收缩期血流改变不明显; 舒张期血流压力较低, 如 ICP 明显升高, 舒张期血流阻力明显增大, 易导致速度降低。因而本组实验犬颈内动脉  $Vp$  大多数明显降低, 无法单纯用 ICP 升高进行解释。本研究发现这是因为颅脑火器伤后, 心功能明显降低(另一篇文章进行阐述), 血压明显下降, 导致收缩期血流速度也

明显减小。也就是认为颅脑供血血管此时受 *ICP* 升高及 *AP* 下降双重影响, 其频谱改变自然也就与单因素影响时有所不同。常用于间接判断 *ICP* 的 *PI*、*RI* 由于无明显改变, 失去了判断功能; 而 *Vd* 值由于干扰因素众多, 无法单独对 *ICP* 改变进行判断。

本组实验犬中, 有 4 只犬右颈内动脉 *PI*、*RI* 出现了明显降低, 它们颈内动脉 *Vp* 虽然明显降低, 但 *Vd* 下降更为明显, 部分舒张早期甚至出现了反向血流信号, 但仍然未出现收缩峰高尖的频谱特点。我们认为, 这可能为 *ICP* 升高到一定程度、*AP* 又显著降低, 导致脑灌注压低于某一域值有关, 但因表现出此特征的伤犬数量较少, 无法进行统计学分析。杨杰等<sup>[10]</sup>通过研究也认为灌注压低于一定的数值时, 血流动力学会明显产生改变, 这些数值对判断患者的愈后具有重要价值。我们认为对于双因素作用下出现 *PI*、*RI* 改变, 可能存在许多潜在的重要临床意义, 有待于进一步深入研究。

实验犬颅脑火器伤后 6h 内生命体征如果维持较平稳, 血流动力学参数也稳定在伤后第一次检查水平。可见颅脑火器伤后颅脑血流动力学检测不必立即进行, 可待外科处理后进行。

## 4 结 论

综上所述, 颅脑枪弹伤后, 常规颅脑供血血管的血流动力学参数由于同时受颅内压升高、动脉压降低双重影响, 难以准确判定 *ICP* 升高程度; 部分伤犬 *RI* 和 *PI* 明显增大, 舒张早期甚至出现了反向血流信号, 提示颅内压升高到一定程度、动脉压又显著降低, 导致脑灌注压低于某一域值有关, 此现象的出现可能存在潜在临床意义。

### 参 考 文 献

- [1] Rainov N G, Weise J B, Burkert W. Transcranial Doppler sonography in adult hydrocephalic patients[J]. *Neurosurg Rev*, 2000, 23(1): 34-38.
- [2] 卢军, 孙丕通, 杨光. 蛛网膜下腔出血后脑血管痉挛实验研究[J]. *中华神经外科疾病研究杂志*, 2003, 2(1): 40-42.  
LU Jun, SUN Peitong, YANG Guang. Experimental studies of cerebral vasospasms after subarachnoid hemorrhage[J]. *Chin J Neurosurg Dis Res*, 2003, 2(1): 40-42.
- [3] 刘立杰, 黄其林, 张可成. 运用经颅多普勒超声对脑损伤血流动力学变化与脑顺应性关系的研究[J]. *中华创伤杂志*, 1996, 12(4): 247-249.  
LIU Lijie, HUANG Qilin, ZHANG Kecheng. Transcranial doppler for comparative studies on relationship between brain hemodynamics and compliance following brain injuries[J]. *Chinese Journal of Traumatology* August, 1996, 12(4): 247-249.
- [4] Mahmood M A, Voorhees M E, Parnell M, et al. Transcranial Doppler ultrasonographic evaluation of middle cerebral artery hemodynamics during mild hypothermia[J]. *J Neuroimaging*, 2005, 15(4): 336-340.
- [5] Rosner M J, Rosner S D, Johnson A H. Cerebral perfusion pressure: management protocol and clinical results[J]. *J Neurosurg*, 1995, 83(6): 949-962.
- [6] 王文浩, 陈长才, 王向宇, 等. 颅脑损伤患者脑血流动力学参数变化的临床研究[J]. *临床神经病学杂志*, 1998, 11(5): 264-266.  
WANG Wenhao, CHENG Changcai, WANG Xiangyu. The clinical study on the change of cerebral hemodynamic indexes in patients with brain injury[J]. *Journal of Clinical Neurology*, 1998, 11(5): 264-266.
- [7] 李曙光, 刘荫秋, 王建民, 等. 枪弹伤所致血流动力学变化对远隔脏器损伤作用的临床意义[J]. *医用生物力学*, 1996, 11(3): 136-139.
- [8] 黄国栋, 李维平, 付友增, 等. 中、重型颅脑损伤患者脑血流动力学变化与颅内压、脑灌注压的相关性研究[J]. *中华神经医学杂志*, 2005, 4(9): 878-882.  
HUANG Guodong, LI Weiping, FU Youzeng, et al. Study on the correlation of the changes of cerebral hemodynamics with intracranial pressure and cerebral perfusion pressure in patients with moderate and severe craniocerebral trauma[J]. *Chin J Neuromed*, 2005 4(9): 878-882.
- [9] 景慎东, 胡延霞, 张继泉, 等. TCD 参数与颅脑损伤后颅内压关系的研究[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2009, 14(9): 559-561.
- [10] 杨杰, 王明璐, 杨树源. 应用经颅超声多普勒对重型颅脑损伤患者的监测[J]. *中华创伤杂志*, 1999, 15(3): 172-174.  
YANG Jie, WANG Minglu, YANG Shuyuan. Monitoring of patients with severe head injury using transcranial ultrasound Doppler[J]. *Chinese Journal of Trauma*, 1999, 15(3): 172-174.

[1] Rainov N G, Weise J B, Burkert W. Transcranial Doppler