

· 文献综述 ·

颅脑创伤病人的脑氧代谢监测

张延铭 综述 阎学江 赵卫生 审校

(天津环湖医院神经外科, 天津 300060)

中图分类号 R651.1⁺5

文献标识 A

文章编号 1009-6604(2005)03-0252-03

颅脑创伤后即可引起机体的应激反应和一系列代谢紊乱,这些代谢紊乱可以造成继发性脑损害,多数学者认为造成继发性脑损害最重要的病因是脑组织的氧代谢异常^[1]。本文就颅脑创伤病人的脑氧代谢监测做一综述。

1 氧代谢率(cerebral metabolism rate of O₂, CMRO₂)及其相关指标的监测

CMRO₂ 是指脑组织在单位时间内消耗的氧量。根据 Fick 公式,颈内动静脉血氧含量差(AVDO₂)是颈静脉氧饱和度(S_{iv}O₂)、颈内静脉血氧分压(P_{iv}O₂)、血红蛋白(Hb)含量和桡动脉或股动脉血气的综合指标,而 AVDO₂ 与脑血流(CBF)的乘积即是 CMRO₂^[2]。S_{iv}O₂ 正常值约为 62%(55%~70%),脑缺氧阈值为 50%,即动脉血氧饱和度的一半^[3]。正常 AVDO₂ 约 6.5%,正常 CBF 约 50 ml·100 g⁻¹·min⁻¹。因此,CMRO₂ 正常值为 3.2~3.3 ml·100 g⁻¹·min⁻¹。

1.1 颅脑创伤后脑氧代谢的改变

Hlatky 等^[4]报道颅脑创伤后早期全身氧耗量增加,CMRO₂ 下降,伤后 1 周全身氧耗量恢复正常,但 CMRO₂ 仍在下降。这种差异不仅受脑组织的代谢特点、脑组织的受损程度以及继发性脑损害的影响,而且还受动脉压改变所引起的脑灌注压改变的影响,也受肺通气状态的影响。

CMRO₂ 反映了脑供氧与利用氧正常与否,颅脑创伤后脑氧代谢降低说明脑缺血缺氧的存在,其结果是能量代谢、磷脂代谢及内环境的紊乱和细胞内酸中毒等引起细胞损伤。Gavilanes 等^[5]报道 CMRO₂ 下降的程度与颅脑创伤病人的昏迷深度一致,他们报道了一组昏迷分级(GCS) < 7 分的颅脑伤昏迷病人,CMRO₂ 下降到正常值(3.2~3.3 ml·100 g⁻¹·min⁻¹) 50% 以下,CMRO₂ 减低程度与颅脑创伤的严重程度一致,CMRO₂ 越低伤情越重。

有实验显示重型脑损伤后 24 h 内 S_{iv}O₂ 低于正常对照组,AVDO₂ 高于正常对照组,伤后 2~4 d S_{iv}O₂ 高于正常对照组,AVDO₂ 低于正常对照组,提示重型脑损伤 24 h 内存在脑氧合不足,伤后 2~4 d 脑氧合过度。Hlatky 等^[4]观察 116 例重型脑损伤的 S_{iv}O₂ 变化,发现脑氧合不足趋势发生于伤后 24 h 内,而且伤后 S_{iv}O₂

变化与患者预后密切相关,脑氧合正常者病死率为 18%,出现一次脑氧合不足者病死率为 46%,出现多次脑氧合不足者病死率为 71%。脑损伤后脑氧合过度现象亦有报道,Clay^[7]监测一组重型脑损伤患者发现 S_{iv}O₂ 超过 75% 者占 19.1%。由于 S_{iv}O₂ 和 AVDO₂ 均代表脑氧合的整体水平,所以伤后 2~4 d 脑氧合过度并不排除局部脑组织可能存在缺血缺氧^[8]。

1.2 CMRO₂、AVDO₂ 与伤情及预后的关系

根据 CMRO₂ = AVDO₂ × CBF,可知 CMRO₂ 与 AVDO₂ 和 CBF 均成正比,AVDO₂ 与 CBF 成反比。生理状态下,CBF 下降时脑组织从单位容积的血液中摄氧量增加,AVDO₂ 增加,CBF 增加时则相反,AVDO₂ 缩小从而保证 CMRO₂ 的相对恒定。颅脑创伤后这种对应变化关系被破坏。轻度颅脑伤病人,脑代偿功能尚好时这一现象不明显,预后亦较好;重度颅脑伤病人,CMRO₂ 及 AVDO₂ 的变化明显与 CBF 的变化不成比例。

Verweij 等^[6]报道一组儿童重型颅脑伤后早期出现无对应关系的 CMRO₂、AVDO₂ 和 CBF 改变,伤后 24 h 更加明显,他们称之为完全无关联性改变。这一现象不但提示脑组织利用氧障碍,也提示 CBF 变化失去了代谢的调控。CBF 减少而 AVDO₂ 不变或反而缩小的病人脑组织供氧不足和利用氧障碍同时存在,提示缺血缺氧性脑组织坏死的危险,预后不良。

颅脑创伤后根据 CMRO₂、AVDO₂ 及 CBF 的变化特点把颅脑创伤分为 2 种血流类型:①代谢与 CBF 一致型,这一类型病人 CBF 还受代谢性自身调节的控制,CBF 减少或正常,CMRO₂ 降低较少或正常,预后亦较好;②代谢与 CBF 分离型,这类病人 CBF 的代谢调节作用消失,CMRO₂ 与 CBF 的变化无对应关系,CBF 增多或假性自身调节时正常,AVDO₂ 和 CMRO₂ 降低,病人多数出现颅内高压,预后较差^[8]。

2 局部脑组织氧分压(P_{bt}O₂)的监测

多数学者认为 P_{bt}O₂ 的监测较 S_{iv}O₂ 安全、敏感、可靠,监测时间更长、更稳定,是一种较为理想的脑氧监测手段^[9]。

2.1 监测意义

如果存在脑血流不均匀和局部缺氧时,

CMRO₂、S_{ijv}O₂、AVDO₂ 等指标不能准确反映脑氧代谢的真实情况。Hilton 等^[10]同时监测 15 例重型颅脑损伤的 S_{ijv}O₂ 和 P_{bt}O₂ 发现, P_{bt}O₂ 数据可信度为 95%, 而 S_{ijv}O₂ 为 43%。当 S_{ijv}O₂ 在 30% ~ 75% 时, S_{ijv}O₂ 与 P_{bt}O₂ 有显著的相关性; S_{ijv}O₂ 为 50% 时, P_{bt}O₂ 在 3 ~ 12 mm Hg 范围内; 当脑灌注压(CPP)小于危险临界点 60 mm Hg 时, S_{ijv}O₂ 与 P_{bt}O₂ 可自动调节。

2.2 P_{bt}O₂ 监测方法

将传感器置入脑组织内, 直接监测 P_{bt}O₂ 及有关指标。目前常用的直接监测设备有 2 类: LICOX 监测系统和 Neurotrend-7 多参数系统^[11]。

2.3 P_{bt}O₂ 监测的正常值

P_{bt}O₂ 监测的正常值未取得一致的意见。Donders 等^[12]发现在无脑缺血的动脉瘤病人, 脑组织 P_{bt}O₂ 值平均 32 mm Hg。Meixensberger 等^[13]对开颅手术病人进行术中 P_{bt}O₂ 监测发现, 正常脑皮质的 P_{bt}O₂ 值为 (47.9 ± 13.14) mm Hg。Kytta 等^[14]对 11 例不同类型脑肿瘤瘤周脑组织的 P_{bt}O₂ 测定值为 (59.8 ± 6.5) mm Hg。脑不同部位的组织氧分压值也不相同。一般认为由于灰质的代谢率和血流量是白质 3 倍, 因此, 灰质的 P_{bt}O₂ 值可能是比白质高。Dings 等^[15]对 27 例硬脑膜下不同深度脑组织氧分压的测定结果表明, 多数病例距离脑皮质越近, P_{bt}O₂ 值越高, 硬脑膜下 17 ~ 27 mm 处 P_{bt}O₂ 值明显低于硬脑膜下 7 ~ 17 mm 处 P_{bt}O₂ 值。

此外, P_{bt}O₂ 监测的低氧值也未取得一致的意见。Tsuji 等^[16]提出只有同时监测 P_{bt}O₂、P_{bt}CO₂、pH_{bt} 和 BT 才能更准确地评估缺血缺氧等继发性脑损害。Gupta 等^[17]对脑损伤患者进行监测显示, P_{bt}O₂ 明显降低, 同时伴有 P_{bt}CO₂ 及 pH_{bt} 的明显变化, 从而提出了以 P_{bt}O₂、P_{bt}CO₂ 及 pH_{bt} 的同时变化来确定缺血阈值的观点, 并将脑缺血阈值确定为 P_{bt}O₂ < 20 mm Hg, P_{bt}CO₂ > 60 mm Hg, pH_{bt} < 7.0。他们提出 Neurotrend-7 多参数传感器的正常值: P_{bt}O₂ = (33 ± 11) mm Hg, P_{bt}CO₂ = (48 ± 7) mm Hg, pH_{bt} = 7.19 ± 0.11; 脑缺血阈值: P_{bt}O₂ < 10 mm Hg, P_{bt}CO₂ > 60 mm Hg, pH_{bt} < 6.8。

2.4 颅脑损伤后 P_{bt}O₂

目前的研究显示, 重型颅脑损伤病人早期处于脑缺氧和脑组织酸中毒状态。Dings 等^[15]测定重型颅脑损伤患者的脑 P_{bt}O₂ 发现, 伤后早期 P_{bt}CO₂ 很低为 (7.7 ± 2.6) mm Hg, 提示重型颅脑损伤后患者存在脑缺氧。Hutchinson 等^[18]发现相对于 S_{ijv}O₂ 值 50%, P_{bt}O₂ 分布在 3 ~ 12 mm Hg 范围内, 最佳曲线拟合值为 8.5 mm Hg, 认为对于重型颅脑损伤患者, 当 P_{bt}O₂ 值 < 10 mm Hg 应采取相应的措施。

3 局部脑氧合程度(rSO₂)的监测

rSO₂ 的正常值为 (64 ± 3.4)%。有报道健康

成人在静息状态下脑氧饱和度正常值: 左前额 (54% ~ 82%) (66.44 ± 4.90)%; 右前额 (53% ~ 79%) (65.30 ± 4.36)%; 男性左前额 (66.75 ± 5.18)%; 右前额 (65.48 ± 4.52)%; 女性左前额 (66.13 ± 4.72)%; 右前额 (65.10 ± 4.22)%。35 岁以下者左前额 (66.79 ± 4.10)%; 右前额 (65.26 ± 4.53)%; 35 岁以上者左前额 (66.28 ± 5.34)%; 右前额 (65.30 ± 4.29)%。男女之间以及不同年龄组之间的脑氧饱和度值无显著差异 (P > 0.05)^[19]。

rSO₂ 对于缺氧非常敏感, 即使脑氧很小变化都将引起光谱信号变化。Gopinath 等^[20]对 7 名受试者在严密监测下吸入 7% O₂ 造成短暂性低氧, 同时监测 EEG、SaO₂、SpO₂、rSO₂。当 SpO₂ < 50%, EEG 出现 δ-θ 活动和 rSO₂ 下降低于基础值 3 个标准差时终止实验。结果发现, 脑血氧饱和度仪的下降与吸入氧浓度的变化几乎同时发生。低氧后 (22 ± 12)s rSO₂ 显著下降, 比 EEG 早 (113 ± 59)s。因为前者是脑组织氧含量的直接观测值, 后者是脑氧含量下降的继发变化。对 1 例闭合性脑损伤 (GCS 评分 10 分) 右额监测 27.25 h, rSO₂ 从基础值 60% 下降至 40%, 并持续 27.25 h, 临床出现左侧肢体偏瘫, CT 复查发现右额水肿加重, 使用甘露醇后, 第 33 小时 rSO₂ 上升至 60%, 但神经状况未能恢复至原有水平。

Meixensberger 等^[13]对 23 例急性颅脑损伤同时监测 rSO₂ 和 P_{bt}O₂ 发现, 在长时间的监测阶段内, rSO₂ 监测有效数据仅为 70%, 与 P_{bt}O₂ 相比其可靠性及敏感性均较低。但因为 rSO₂ 为无创性, 应用方便, 目前临床上仍有人在应用该技术监测脑血流及氧合状态。

总之, 脑氧监测所获得的信息尚须结合其它监测手段获得的数据加以综合分析, 才能得出准确结论。目前还有很多工作要做: ①观察长期使用情况; ②观察所测得参数的意义; ③研究各项指标之间的关系; ④建立继发性脑损害的临界值; ⑤不同部位脑组织间及正常脑组织与损伤脑组织间的差异。总之, 脑氧代谢监测极有助于了解脑代谢以及颅脑疾病的病理生理, 是一种临床应用前景广阔的监测方法。

参考文献

- Im JJ, Park BR. Does oxygen deficit to the cerebral blood flow caused by subdural hematoma and/or increased intracranial pressure affect the variations in auditory evoked potentials in white New Zealand rabbits? *Neurosci Lett*, 2002, 317(3): 139-142.
- 冯东福, 朱志安. 脑组织氧分压监测技术的研究与应用进展. 国外医学生物医学工程分册, 2001, 4(1): 32-35.
- Abdul-Khaliq H, Schubert S, Troitzsch D, et al. Dynamic changes in cerebral oxygenation related to deep hypothermia and circulatory arrest evaluated by near-infrared spectroscopy. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2001, 45(6): 696-701.
- Hlatky R, Goodman JC, Valadka AB, et al. Role of nitric oxide in cerebral blood flow abnormalities after traumatic brain injury. *J*

- Cereb Blood Flow Metab ,2003 ,23(5) 582 - 588.
- 5 Gavilanes AW , Vles JS , von - Siebenthal K , et al. Electrocortical brain activity , cerebral haemodynamics and oxygenation during progressive hypotension in newborn piglets. Clin Neurophysiol , 2001 , 112(1) 52 - 59.
 - 6 Verweij BH , Muizelaar JP , Vinas FC. Hyperacute measurement of intracranial pressure , cerebral perfusion pressure , jugular venous oxygen saturation , and laser Doppler flowmetry , before and during removal of traumatic acute subdural hematoma. J Neurosurg , 2001 , 95(4) 569 - 572.
 - 7 Clay HD. Validity and reliability of the SJO₂ catheter in neurologically impaired patients : a critical review of the literature. J Neurosci Nurs , 2000 , 32(4) :194 - 203.
 - 8 张银中 , 徐惠芳. 脑外伤患者早期脑缺氧的监测. 国外医学麻醉学与复苏分册 , 1997 , 18(1) :54 - 57.
 - 9 Ter - Minassian A , Poirier N , Pierrot M , et al. Correlation between cerebral oxygen saturation measured by near - infrared spectroscopy and jugular oxygen saturation in patients with severe closed head injury. Anesthesiology , 1999 , 91(4) 985 - 990.
 - 10 Hilton G. Cerebral oxygenation in the traumatically brain - injured patient : are ICP and CPP enough ? J Neurosci Nurs , 2000 , 32(5) : 278 - 282.
 - 11 Al - Rawi PG , Hutchinson PJ , Gupta AK , et al. Multiparameter brain tissue monitoring — correlation between parameters and identification of CPP thresholds. Zentralbl Neurochir , 2000 , 61(2) 74 - 79.
 - 12 Donders J , Hoffman NM. Gender differences in learning and memory after pediatric traumatic brain injury. Neuropsychology , 2002 , 16(4) :491 - 499.
 - 13 Meixensberger , Vath A , Jaeger M , et al. Monitoring of brain tissue oxygenation following severe subarachnoid hemorrhage. Neurol Res , 2003 , 25(5) :445 - 450.
 - 14 Kytta J , Ohman J , Tanskanen P , et al. Extracranial contribution to cerebral oximetry in brain dead patients : a report of six cases. J Neurosurg Anesthesiol , 1999 , 11(4) 252 - 254.
 - 15 Ding R , Logemann JA. Pneumonia in stroke patients : a retrospective study. Dysphagia , 2000 , 15(2) 51 - 57.
 - 16 Tsuji M , Saul JP , Du Plessis A , et al. Cerebral intravascular oxygenation correlates with mean arterial pressure in critically ill premature infants. Pediatrics , 2000 , 106(4) :625 - 632.
 - 17 Gupta AK , Hutchinson PJ , Al - Rawi P , et al. Measuring brain tissue oxygenation compared with jugular venous oxygen saturation for monitoring cerebral oxygenation after traumatic brain injury. Anesth Analg , 1999 , 88(3) 549 - 553.
 - 18 Hutchinson PJ , al - Rawi PG , O 'Connell MT , et al. Head injury monitoring using cerebral microdialysis and Paratrend multiparameter sensors. Zentralbl Neurochir , 2000 , 61(2) :88 - 94.
 - 19 毛 青 , 侍行文 , 丁美修. 100 例健康成人脑氧饱和度测定. 上海第二医科大学学报 , 1997 , 17(1) :54 - 55.
 - 20 Gopinath SP , Valadka AB , Uzura M , et al. Comparison of jugular venous oxygen saturation and brain tissue PO₂ as monitors of cerebral ischemia after head injury. Crit Care Med , 1999 , 27(11) : 2337 - 2345.

(收稿日期 2004 - 10 - 10)

(修回日期 2005 - 02 - 04)