

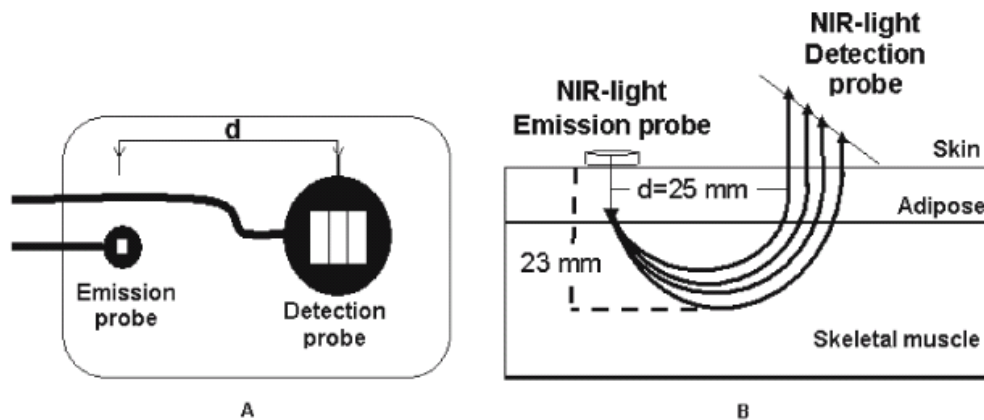
组织血氧饱和度(StO_2)和血管阻断试验(VOT)在重症患者中的应用

何怀武 刘大为

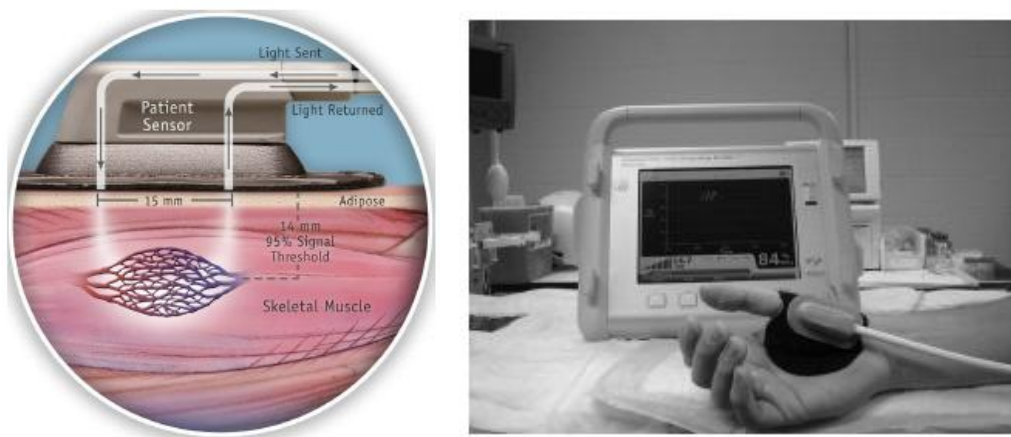
休克的本质为组织低灌注、组织缺氧。因此恢复组织灌注、纠正组织缺氧是抗休克治疗的中心内容。在实际临床中虽然全身循环和代谢灌注指标如全身氧输送(DO_2)、心输出量(CO)、血压、中心静脉血氧饱和度($ScvO_2$)、乳酸、碱剩余等已经达到正常,但组织水平的缺氧、低灌注仍可能存在,组织缺氧的监测从全身代谢水平深入到组织代谢水平、从整体灌注深入到局部灌注是临床工作迫切的需要;此外,微循环功能紊乱,在重症感染的病程进展中起到了极其重要的作用,人们一直在努力寻找床旁简单、安全、定量的评价微循环功能的方法和手段。近年来随着近红外光谱技术(near infrared spectroscopy, NIRS)的发展,组织血氧饱和度(tissue oxygen saturation, StO_2)和血管阻断试验(vascular occlusion test, VOT)已成为连续评价局部组织缺氧、组织氧代谢、微循环功能的无创性监测手段,逐渐为危重病学者所重视,现成为研究的热点,在重症患者休克复苏及临床研究等方面均具有重要的价值。本文将探讨 StO_2 /VOT 监测在反映组织灌注和微循环功能方面的相关进展。

一. StO_2 和 VOT 测量的原理及方法

1. StO_2 近红外光比较容易穿透生物体,近红外光谱技术一般指应用近红外光(波长 680-800nm)进入生物体组织后,不同成分对近红外光的吸收而衰减的程度不同,进而计算测定组织内相应成分的浓度,类似于脉搏血氧饱和度(SpO_2)。人体组织中影响近红外光透光率仅有以下三种成分:肌红蛋白、氧合/去氧合血红蛋白、细胞色素酶 aa3,其中血红蛋白是主要的影响因素,通用 NIRS 可以计算测定相应组织总的血氧饱和度。根据 Beer 原则,近红外光谱技术的测定多限于 1mm 以下的血管(包括微动脉、微静脉、毛细血管成分)。通过测定组织内的氧合血红蛋白(HbO_2)和去氧合血红蛋白(Hb)之间的比例,即可计算出 StO_2 ,此外总的光吸收还可用来计算组织的总血红蛋白(HbT)和绝对组织血红蛋白指数(THI), HbT 和 THI 可以代表检测探头附近组织的微血管内血容量。另外近红外光在组织中的穿透能力还与发射器和接受器两者距离相关,一般距离在 25mm 内,接受器可检测到穿透深度 23mm 组织的近红外光信号(图 1)。在实际临床工作中 NIRS 可以对脑、肠粘膜、肌肉等局部组织血氧饱和度进行无创持续动态的监测。成人危重症患者中, StO_2 常用监测部位为手掌侧大鱼际部位的肌肉组织(图 2)。

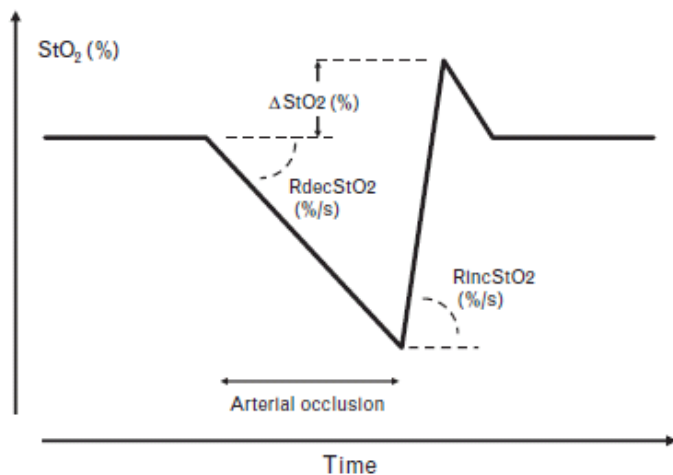


(图 1)



(图 2)

2. VOT 血管阻断试验 (vascular occlusion test, VOT)、也有学者称为缺血负荷试验或反应性充血试验。应性充血是指局部组织受压,引起周围软组织毛细血管缺血及缺氧,解除压迫后血流又进入组织,受压区域变得充血,是正常机体组织对缺血缺氧的一种生理反应,是局部微血管/微循环功能完整性的体现。已有研究表明,危重患者的反应性充血能力与疾病危重程度和预后相关。VOT 是一种定量评价微血管/微循环功能,血管内皮细胞功能,局部组织氧代谢相对无创的方法,目前 VOT 多使用无创血压袖带加压(收缩压之上 50mmHg)来临时阻断上臂肱动脉血流 3-5min 后,释放血压袖带恢复血流,人为模拟前臂缺血再灌注的模型,在再灌注期血流恢复的速度和幅度与微动脉和毛细血管的再开放的能力相关,体现了反应性充血的能力及微循环的储备功能。目前一般通过测量计算 VOT 再灌注期前臂局部血流和代谢相关指标变化的幅度和速度(例如;NIRS 技术测量 StO_2 、无创 Clark 电极测量 $PtO_2/PtCO_2$ 、脉搏血氧仪测定 PI、激光多普勒流量计测定局部组织血流量等)作为定量评价微血管/微循环功能、内皮细胞功能、氧代谢无创的指标。



(图三)

目前在 VOT 中最常用的监测指标是 StO_2 。 StO_2 在 VOT 中随时间变化的过程见图三。在动脉血流阻断缺血期，局部肌肉组织无血流灌注，同时静脉回流亦完全阻断，而由于肌肉氧消耗，所以 HbO_2 减少，总 Hb 不变， StO_2 持续下降，描述参数为 StO_2 去氧合速率 (Rate of decrease StO_2 , $R_{dec}StO_2$, %/s)，反映了肌肉的氧消耗；进入动脉血流恢复再灌注期后，血流灌注恢复， HbO_2 迅速增加，Hb 被冲刷洗出，局部反应性充血， StO_2 恢复并反应性地升高后再回到缺血前的基线水平，描述参数为 StO_2 增加速率 (Rate of increase StO_2 , $R_{inc}StO_2$, %/s) 及 ΔStO_2 (再灌注期 $Max StO_2$ - 基础 StO_2)，是定量地评估了局部组织反应性充血的能力及微循环的完整性和储备能力的相关指标。

二. StO_2 /VOT 的临床研究应用

1. 基础的 StO_2 StO_2 体现了局部肌肉组织的氧代谢情况，数值越低，则往往提示存在的组织缺氧越严重。在急诊创伤患者应用较为广泛。Crookes 等人在 707 健康志愿者中测量了鱼际部位 StO_2 ，报道其数值为 $87 \pm 6\%$ ，人群平均年龄 49 岁，60% 为女性；其后又在 145 名创伤患者中监测 StO_2 ，发现 StO_2 可区分创伤患者休克的严重程度。Cohn 等学者在 383 名创伤休克患者研究发现， StO_2 和碱缺失在预测患者进展 MODS 的能力相近， $StO_2 < 75\%$ 则提示预后不佳。还有研究表明 StO_2 可以作为判断是否需要输血治疗的参考指标以及指导低血容量休克的复苏。

近来，Sagraves 等人对院前急诊转运中的患者进行 StO_2 监测，发现 StO_2 的下降可导致死亡率增加，其认为 StO_2 可作为院前转运评估低灌注的无创敏感指标，是一个新的评估生命体征的参数， StO_2 可发现早期休克。Leone 等回顾分析 42 例感染性休克患者，发现死亡组在早期复苏后的 StO_2 显著低于存活组，经早期复苏后 StO_2 低于 78% 与 28 天死亡率相关。但亦有研究表明，在感染性休克时，外周组织、内脏血流分布异常，基础的 StO_2 可能表为

正常，和正常人群数值重叠，在反映组织缺氧方面可能存在一定的误区。

2. StO₂ 和 SvO₂/ScvO₂ 的相关性 StO₂ 作为反映局部灌注的指标，同时也是全身灌注指标的体现，可应用于作为 SvO₂/ScvO₂ 的替代指标。Podbregar 等人在 65 例严重左心功能不全患者研究 StO₂ 和 SvO₂ 的相关性，发现重症感染组的 StO₂ 显著低于非感染组 ($58 \pm 13\%$ vs. $90 \pm 7\%$, $P < 0.001$)，非感染组 StO₂ 与 SvO₂ 显著相关，SvO₂ 的变化和 StO₂ 的变化相关，StO₂ 可作为 SvO₂ 的替代指标；而在感染组，两者差异较大，StO₂ 不能作为 SvO₂ 的替代指标。近来 Jaume Mesquida 等人在感染性休克患者中研究发现 StO₂ 与 ScvO₂ 的存在显著相关性，以 StO₂ < 75% 可预测 ScvO₂ < 70% 敏感性为 44%，特异性为 93%。

3. VOT 作为一个对局部组织的缺血负荷试验，能够反应组织微循环的完整性和储备能力，较基础的 StO₂ 可能更具意义。Creteur 等在 72 例重症感染患者、18 例非感染患者、18 健康志愿者中分别测量 StO₂ 并进行 VOT，发现重症感染组 RincStO₂，及 Δ StO₂ 显著低于非感染和正常组，并对其中 52 例重症感染患者进行连续两天测定 StO₂ 和 VOT 并随诊，发现存活组 RincStO₂ 高于死亡组，并在治疗过程中 RincStO₂ 有改善趋势。Didier 在 43 例严重感染患者中联合激光多普勒流量计和 StO₂ 进行 VOT，发现 RincStO₂ 与体循环指标、微循环血流变化及全身代谢性指标均有较好的相关性，并和预后相关。

三.局限性和存在的问题

Lima 等在早期复苏后循环稳定的危重患者中研究发现，外周灌注是基础 StO₂ 及其在 VOT 变化的主要影响因素，以毛细血管充盈时间 > 4.5s 和前臂-指端温度差 > 4 度定义为外周灌注异常，其发现外周灌注异常组的基础 StO₂ 及 StO₂ 在 VOT 的恢复速度显著低于外周灌注正常组，外周灌注能明显地影响 StO₂ 及 StO₂ 在 VOT 恢复速度，而对 StO₂ 在 VOT 去氧合速度无影响。而早期复苏循环不稳定的患者中，外周灌注如何影响 StO₂ 及其 VOT 变化尚未明确。外周灌注易受到其他因素影响，如：周围环境（室温/噪音）、年龄、肥胖程度、局部水肿、周围血管病变、血管活性药物等，同样这样因素也能影响 StO₂，目前尚需进一步研究探讨。此外，由于不同 NIRS 机器具有不同的光谱波长及数据计算方法，目前尚缺乏统一标准，在研究间进行相互比较时存在一定困难。在进行 VOT 时，对于动脉血流阻断的时间、压力及部位都可能对结果产生影响，还需要大样本研究建立统一的标准。

目前 StO₂ 常选择的测量部位有鱼际肌、前臂肌肉、三角肌、咬肌等，最近有研究表明在早期感染性休克患者中咬肌部位的 StO₂ 与 ScvO₂ 存在显著相关性，三角肌和咬肌部位的 StO₂ 预测 28 天死亡率优于鱼际肌部位的 StO₂ 和 ScvO₂；在休克的进程中，一般外周组织灌注异常很少累及上臂和颜面部，提示休克中外周组织和中心组织微循环的变化可能不一致的，

在重症患者中不同部位 StO₂ 监测的意义还需要进一步研究明确和探讨。而目前最常用的测量部位为鱼际肌，主要因为该部位易于进行 VOT 以及鱼际部位皮肤厚度、皮下脂肪组织的个体差异较小。

四. 总结

总之，StO₂/VOT 监测在评估组织灌注、微循环功能、局部氧代谢等方面具有广阔的临床应用前景，具备了床旁实用性、便捷、无创、定量测量等优势；但实际应用目前尚未达成统一的标准，特别是 VOT 在临床上如何指导评估并干预治疗，还需要大量研究去探讨。

参考文献：

- 1.H. Ait-Oufella,E. Maury,S. Lehoux .The endothelium: physiological functions and role in microcirculatory failure during severe sepsis .Intensive Care Med .2010. 36:1286–1298
2. Crookes BA, Cohn SM, Bloch S, et al. Can near-infrared spectroscopy identify the severity of shock in trauma patients? J Trauma 2005; 58:806–813.
3. Cohn SM, Nathens AB, Moore FA, et al. Tissue oxygen saturation predicts the development of organ dysfunction during traumatic shock resuscitation. J Trauma 2007; 62:44–55.
- 4.McKinley BA, Marvin RG, Cocanour CS, Moore FA: Tissue hemoglobin O₂ saturation during resuscitation of traumatic shock monitored using near infrared spectrometry. J Trauma 2000, 48:637-642.
5. Scott G. Sagraves, Mark A. Newell, et al. Tissue Oxygenation Monitoring in the Field: A New EMS Vital Sign. J Trauma 2009; 67:441–444.
- 6.Marc Leone, Sami Blidi, et al : Oxygen Tissue Saturation Is Lower in Nonsurvivors than in Survivors after Early Resuscitation of Septic Shock.Anesthesiology 2009; 111:366 – 71.
7. Podbregar M, Mozina H. Skeletal muscle oxygen saturation does not estimate mixed venous oxygen saturation in patients with severe left heart failure and additional severe sepsis or septic shock. Crit Care 2007; 11:R6.
8. Jaume Mesquida. et al : Thenar oxygen saturation measured by near infrared spectroscopy as a noninvasive predictor of low central venous oxygen saturation in septic patients. Intensive Care Med . (2009) 35:1106–1109
9. De Blasi RA: Is muscle StO₂ an appropriate variable for investigating early compensatory tissue mechanisms under physiological and pathological conditions? Intensive Care Med 2008, 34:1557-1559

10. Jacques Creteur. et al : The prognostic value of muscle StO₂ in septic patients. *Intensive Care Med* (2007) 33:1549–1556
11. Didier Payen, Luengo C. et al : Is thenar tissue hemoglobin oxygen saturation in septic shock related to macrohemodynamic variables and outcome? *Crit Care*, 13 , 2009, (Suppl 5): S6;
12. Alexandre Lima, Jasper van Bommel, et al :The relation of near-infrared spectroscopy with changes in peripheral circulation in critically ill patients. *Crit Care Med* 2011; 39:1649 –1654
13. Annane, Djillali. Thenar tissue oxygen saturation monitoring: Noninvasive does not mean simple or accurate. *Crit Care Med* 2011; 39:1828
14. Claire Mayeur, et al :Comparison of four different vascular occlusion tests for assessing reactive hyperemia using near-infrared spectroscopy. *Crit Care Med*. 2011.39.695-701
15. Gwenhael Colin, MD; Olivier Nardi, MD; Andrea Polito, Masseter tissue oxygen saturation predicts normal central venous oxygen saturation during early goal-directed therapy and predicts mortality in patients with severe sepsis *Crit Care Med* 2012; 40; 1-6
16. Gomez H, Mesquida J, Simon P, Kim HK, Puyana JC, Ince C, Pinsky MR: Characterization of tissue oxygen saturation and the vascular occlusion test: influence of measurement sites, probe sizes and deflation thresholds. *Crit Care* 2009, 13(Suppl 5):S3
17. Nicola Jones, Marius Terblanche. Tissue saturation measurement - exciting prospects, but standardisation and reference data still needed . *Critical Care* 2010, **14**:169