

• 临床病例 •

代谢车监测指导体外膜肺氧合患者营养治疗 1 例报告

范银强¹ 李丽霞¹ 马锋² 熊祖员² 严峻¹ 邵义明¹ 苏磊³ 石俊¹¹ 广东医科大学附属东莞第一医院重症医学科, 东莞 523000; ² 广东医科大学附属东莞第一医院临床营养科, 东莞 523000; ³ 中国人民解放军南部战区总医院重症医学科, 广州 510010

通信作者: 石俊, Email: shijun0080@sina.com

【摘要】 体外膜肺氧合(ECMO)支持患者常处于严重高代谢、高分解状态,营养治疗难度大,传统公式估算能量消耗存在明显偏差。2025年5月1日广东医科大学附属东莞第一医院收治1例42岁男性急性广泛前壁心肌梗死患者,该患者入院后行冠状动脉支架植入术,后续继发心功能衰竭、心源性休克、“电风暴”等严重并发症,急性生理学及慢性健康状况评分Ⅱ34分,先后予气管插管呼吸机辅助呼吸、主动脉内球囊反搏(IABP)、静脉-动脉ECMO(VA-ECMO)、连续性肾脏替代治疗(CRRT)、起搏器等多项有创支持治疗,救治中同步采用代谢车监测患者静息能量消耗(REE),并与传统Harris-Benedict公式计算结果对比,根据监测结果实施个性化营养支持方案,VA-ECMO治疗期间采用1/3肠内+2/3肠外营养配比,撤机后期调整为2/3肠内+1/3肠外营养并加用 ω -3多不饱和脂肪酸,同时结合中西医结合方案调理胃肠功能、修复消化道损害。监测发现VA-ECMO治疗中代谢车监测REE值降至治疗前的1/3,且与ECMO机器参数相关,多种有创治疗手段也会对机体营养代谢产生复杂影响,还会干扰代谢车监测指标。通过代谢车监测指导精准营养治疗,结合多学科综合救治,患者代谢状态平稳,器官功能逐步改善,为成功撤机及改善预后奠定了基础,也提示代谢车指导下的个体化临床营养治疗有助于优化ECMO患者能量供给,改善临床结局,具有重要的临床应用价值。

【关键词】 体外膜肺氧合;代谢车监测;静息能量消耗;营养治疗

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20250804-00721

A case report of nutritional therapy guided by metabolic cart monitoring in a patient with extracorporeal membrane oxygenationFan Yinqiang¹, Li Lixia¹, Ma Feng², Xiong Zuyuan², Yan Jun¹, Shao Yiming¹, Su Lei³, Shi Jun¹¹Department of Intensive Care Unit, the First Dongguan Affiliated Hospital of Guangdong Medical University, Dongguan 523000, China; ²Department of Clinical Nutrition, the First Dongguan Affiliated Hospital of Guangdong Medical University, Dongguan 523000, China; ³Department of Critical Care Medicine, Southern Theater Command General Hospital of the Chinese People's Liberation Army, Guangzhou 510010, China

Corresponding author: Shi Jun, Email: shijun0080@sina.com

【Abstract】 Patients supported by extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) are often in a state of severe hypermetabolism and hypercatabolism, making nutritional support difficult, and there are significant deviations in estimating energy consumption by traditional formulas. On May 1, 2025, a 42-year-old male patient with acute extensive anterior myocardial infarction was admitted to the First Dongguan Affiliated Hospital of Guangdong Medical University. After admission, the patient underwent coronary stent implantation, and subsequently developed severe complications such as cardiac failure, cardiogenic shock and electrical storm, with an Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II of 34 points. A series of invasive supportive treatments were successively administered to the patient, including tracheal intubation with mechanical ventilation, intra-aortic balloon pump (IABP), veno-arterial ECMO (VA-ECMO), continuous renal replacement therapy (CRRT) and cardiac pacemaker implantation. During the treatment, resting energy expenditure (REE) of the patient was monitored in real time by metabolic cart (indirect calorimetry), and the monitoring results were compared with those calculated by the traditional Harris-Benedict formula. Individualized nutritional support regimens were formulated based on the metabolic cart monitoring data: the ratio of enteral to parenteral nutrition was 1 : 2 during VA-ECMO treatment, and adjusted to 2 : 1 in the late post-weaning period with the addition of ω -3 polyunsaturated fatty acids. Meanwhile, an integrated traditional Chinese and Western medicine approach was adopted to regulate gastrointestinal function and repair digestive tract damage. Monitoring results showed that the REE value measured by metabolic cart decreased to one-third of the pre-VA-ECMO level during VA-ECMO treatment, which was correlated with ECMO machine parameters. Various invasive treatments exerted complex effects on the body's nutritional and metabolic status and also interfered with the monitoring indicators of the metabolic cart. Guided by metabolic cart monitoring, precise nutritional therapy was implemented in combination with multidisciplinary comprehensive treatment, which maintained the patient's metabolic stability, promoted the gradual improvement of organ functions, and laid a solid foundation for successful weaning from supportive devices and favorable prognosis. This case suggests that individualized clinical nutritional therapy under the guidance of metabolic cart is conducive to optimizing energy supply for ECMO patients and improving clinical outcomes, thus possessing important clinical application value.

【Key words】 Extracorporeal membrane oxygenation; Metabolic cart monitoring; Resting energy expenditure; Nutritional therapy

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20250804-00721

在危重症患者的综合救治中,体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)作为重要的生命支持手段,可显著改善重症患者的短期生存率,但患者在 ECMO 支持期间受各种因素影响,营养支持难度显著增加。传统公式法估算能量消耗易存在偏差,难以实现精准的营养供给。代谢车作为临床公认的精准确评估能量代谢的“金标准”,可床旁精准监测患者真实能量需求,为个体化营养治疗提供客观依据,但目前 ECMO 相关的临床经验较少。广东医科大学附属东莞第一医院于 2025 年 5 月 1 日救治 1 例中年男性急性心肌梗死(心梗)患者,因“胸痛 4 d,加重 18 h”急诊收入院,既往有糖尿病史且未规律控制血糖,急性生理学与健康状况评分 II 34 分。本文结合上述病例,探讨代谢车监测在 ECMO 患者营养治疗中的应用价值,旨在为临床提供参考。

1 临床资料

1.1 患者资料及救治过程:

患者男性,42 岁,因“胸痛 4 d,加重 18 h”于 2025 年 5 月 1 日 12:25 收入广东医科大学附属东莞第一医院。入院后心电图示急性广泛前壁心梗,肌钙蛋白阳性;急诊冠状动脉造影提示前降支中段完全闭塞,心梗溶栓临床试验血流分级 0 级,术中于前降支植入支架 1 枚。因患者病情危重,术后转入重症监护病房(intensive care unit, ICU)治疗。入科后完善相关检查并给予对症支持治疗,期间患者突发阵发性呼吸困难,伴血氧饱和度下降,予紧急气管插管后接呼吸机辅助呼吸。CT 肺动脉造影(computed tomographic pulmonary angiography, CTA)检查排除肺栓塞;心脏 B 超示左室射血分数 0.29~0.41;超敏心肌肌钙蛋白持续 >10 μg/L;多次心电图提示急性前侧壁、下壁心肌损伤、明显缺血及 ST 抬高型心梗。

患者于 2025 年 5 月 6 日午间出现室性心动过速(室速)、循环不稳,再次行冠状动脉造影示血流通畅,遂予主动脉内球囊反搏(intra-aortic balloon pump, IABP)支持治疗。2025 年 5 月 11 日夜间及次日,患者反复出现室速、心室颤动(室颤),并多次接受电除颤治疗,结合病情考虑为心源性休克、“电风暴”,有 ECMO 治疗指征,经家属同意后予静脉-动脉 ECMO(venous-arterial ECMO, VA-ECMO)支持。逐步调整 VA-ECMO 参数(转速 6 000~7 000 r/min,血流量 2.0~3.0 L/min)后,患者循环逐渐趋于稳定,脉搏血氧饱和度维持在 1.00,病情较前改善,血管活性药物剂量逐步下调;心脏超声评估示左室射血分数 0.28,心尖搏动减弱,伴室壁瘤形成。治疗早期患者意识淡漠,行 VA-ECMO 上机治疗后,意识状态逐渐清醒。1 周后复查评估心功能,顺利撤离 VA-ECMO。

1.2 代谢车监测及营养治疗:

规律控制血糖,采用中西医结合方式综合调理胃肠功能,在应用心血管活性药物、连续性肾脏替代治疗(continuous renal replacement therapy, CRRT)、IABP、VA-ECMO 联合呼吸机治疗期间,经空肠管及胃管给予少量肠内营养,并联合肠外营养补充允许性能量摄入。采用代谢车[间接测热法(indirect calorimetry, IC)]监测静息能量消耗(rest energy expenditure, REE)(图 1)^[1],依据实测 REE 值并参照危重症患者营养支持指南要求^[2-3]实施营养

支持:急性期仅约 50% 接受肠内营养的危重患者可达到目标喂养量(104.6 kJ·kg⁻¹·d⁻¹);待患者应激与代谢状态稳定后,能量供给量可适当增至 125.52~146.44 kJ·kg⁻¹·d⁻¹。



注:REE 为静息能量消耗

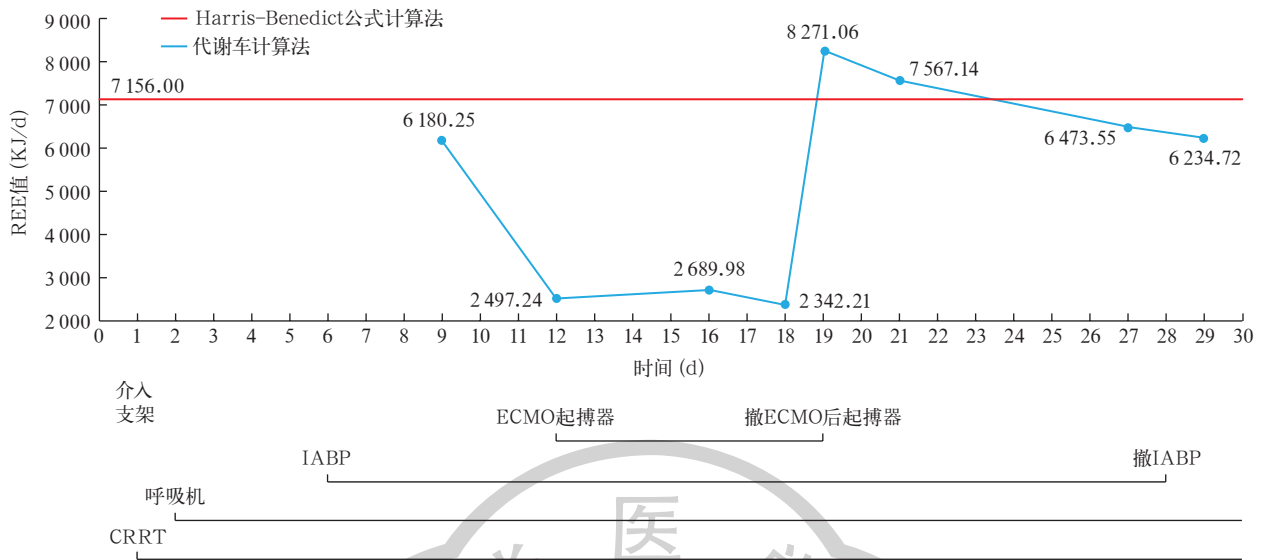
图 1 1 例 42 岁男性急性心肌梗死患者接受代谢车监测 REE 值

该患者在 VA-ECMO 治疗前、中、后均采用代谢车(美国 Medgraphics 公司)监测 REE^[3-4],并与传统 Harris-Benedict 公式(简称 HB 公式)计算值进行比较(图 2)。结果显示:①呼吸机、IABP、CRRT 治疗期间,代谢车监测指标变化与疾病危重程度、应激状态(“电风暴”“炎症风暴”)及镇静剂类药物应用相关^[5];②在 VA-ECMO+起搏器+IABP+CRRT+呼吸机等治疗项目实施过程中(图 3),可对机体营养与代谢产生不确定影响,如出现严重、持续的代谢紊乱;脂质供能配比增加至 80%,碳水化合物供能配比为 20%;③VA-ECMO 治疗中经呼吸道行代谢车监测所得 REE 值较 VA-ECMO 治疗前后数值降低至 1/3,且 REE 值与 VA-ECMO 机器参数(血流量、血流速、气流量)调节有一定相关性。在 VA-ECMO 治疗期间,依据代谢车监测 REE 值,营养治疗以 1/3 肠内营养+2/3 肠外营养,VA-ECMO 撤除后期调整为 2/3 肠内营养+1/3 肠外营养,加用免疫营养制剂 ω-3 多不饱和脂肪酸,营养持续匀速供给;营养成分及热量根据代谢车监测 REE 值及时调整,从而保证营养治疗的稳定性和准确性。

2 讨论

该重症患者为中年男性,既往未规律控制血糖,急性心梗发作时症状隐匿且不典型;入院行介入治疗后,逐渐出现心梗所致的心肌损害表现,包括心功能下降、“电风暴”、低氧血症等,同时合并多器官功能损害、酸碱及电解质紊乱、感染引发的“炎症风暴”,以及胃肠功能损害;此外,大量药物的使用也增加了肝脏损害的风险。

在本例重症患者救治过程中,多学科抢救治疗团队自始至终坚持中西医结合理念,在抗多器官功能损害(尤其在消化道损害修复)等治疗中,联合应用中医中药、穴位针灸、按摩等康复治疗。在严格掌握适应证的基础上,团队将代谢车监测 REE 应用于 VA-ECMO+IABP+CRRT+呼吸机+起搏器等行有创监测及治疗的重症患者。虽然 ECMO 可为患者提供“心肺休息”,但无法实现“代谢休息”。结合以往百余



注：VA-ECMO 为静脉-动脉体外膜肺氧合，IABP 为主动脉内球囊反搏，CRRT 为连续性肾脏替代治疗，REE 为静息能量消耗

图 2 1 例接受 VA-ECMO+起搏器+IABP+CRRT+呼吸机治疗的 42 岁男性急性心肌梗死患者采用不同计算方法测得各时间点 REE 值变化



注：VA-ECMO 为静脉-动脉体外膜肺氧合，IABP 为主动脉内球囊反搏，CRRT 为连续性肾脏替代治疗

图 3 1 例 42 岁男性急性心肌梗死患者接受 VA-ECMO+起搏器+IABP+CRRT+呼吸机治疗

例 ECMO 治疗病例的总结经验^[6]，本次治疗全程重视患者代谢变化与营养调理，通过代谢车监测 REE 值，为临床提供实时精准的营养及热量支持依据，这有助于改善患者营养状况、调节能量代谢紊乱、减少并发症发生，进而改善预后^[7]。

目前，国内外关于代谢车监测 REE 值在 VA-ECMO 患者中的应用报道较少，本文就其对营养治疗的指导意义分析如下：① VA-ECMO 支持治疗期间，尽管代谢车监测值仅为治疗前的 1/3，但营养治疗需充分考虑机体内在的自主代谢状态；② 体内循环与体外循环的协调问题：代谢车监测的 REE 值未包含 VA-ECMO 替代支持呼吸（氧合+二氧化碳排出）及血流所消耗的能量，该部分呼吸与血流是维系患者生命的重要组成部分，但其动力来源于机械电能，并非机体自主代谢；③ 代谢车监测过程中，曾反复出现监测指标异常或无显示等情况，推测与 ECMO 有创介入操作对监测结果的干扰有关。

综上所述，重症患者能量代谢受多种因素共同影响，营养治疗也需结合综合治疗及机体多系统联动情况进行调整；

通过代谢车监测 REE，实施实时、定量、精准的“个性化”临床营养治疗指导，有利于改善 ECMO 患者营养状况，调节能量代谢紊乱，减少并发症发生，改善患者预后。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 范银强：酝酿和设计实验，实施研究，采集数据，分析/解释数据，起草文章，对文章的知识性内容作批评性审阅，获取研究经费，行政、技术或材料支持，指导，支持性贡献；李丽霞：实施研究，采集数据，分析/解释数据，起草文章，对文章的知识性内容作批评性审阅，获取研究经费，行政、技术或材料支持，支持性贡献；马锋、熊祖员：采集数据，分析/解释数据，行政、技术或材料支持，指导，支持性贡献；严峻：采集数据，分析/解释数据，起草文章，对文章的知识性内容作批评性审阅，行政、技术或材料支持，指导，支持性贡献；邵义明：起草文章，对文章的知识性内容作批评性审阅，获取研究经费，行政、技术或材料支持，指导，支持性贡献；苏磊：起草文章，对文章的知识性内容作批评性审阅，行政、技术或材料支持，指导，支持性贡献；石俊：酝酿和设计实验，实施研究，采集数据，分析/解释数据，起草文章，对文章的知识性内容作批评性审阅，行政、技术或材料支持，指导，支持性贡献

参考文献

- [1] Lakenman PLM, van der Hoven B, van Bommel J, et al. The usefulness of a new indirect calorimeter in critically ill adult patients[J]. Clin Nutr, 2024, 43(10): 2267-2272. DOI: 10.1016/j.clnu.2024.07.048.
- [2] 肠外肠内营养学分会指南与规范编委会. 危重病患者与临床营养支持[J]. 中华临床营养杂志, 2007, 15(6): 333-336.
- [3] Society of Critical Care Medicine, American Society for Parenteral and Enteral Nutrition. Guidelines for the provision and assessment of nutrition support therapy in the adult critically ill patient: Society of Critical Care Medicine (SCCM) and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (A.S.P.E.N.)(J). JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2016, 40(2): 159-211. DOI: 10.1177/0148607115621863. Erratum in: JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2016, 40(8): 1200. DOI: 10.1177/0148607116670155.
- [4] Singer P, Blaser AR, Berger MM, et al. ESPEN practical and partially revised guideline: Clinical nutrition in the intensive care unit[J]. Clin Nutr, 2023, 42(9): 1671-1689. DOI: 10.1016/j.clnu.2023.07.011.
- [5] 石俊, 席力罡, 迟天航, 等. 静息能量监测在机械通气患者营养支持治疗中的应用价值[J]. 中华危重病急救医学, 2019, 31(1): 98-101. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.01.019.
- [6] 石俊, 张雄乐, 陈绍雄, 等. 人感染 H7N9 禽流感重症患者抗病毒治疗的思考[J]. 中华危重病急救医学, 2013, 25(8): 497. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2013.08.013.
- [7] Duan JY, Zheng WH, Zhou H, et al. Energy delivery guided by indirect calorimetry in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis[J]. Crit Care, 2021, 25(1): 88. DOI: 10.1186/s13054-021-03508-6.

(收稿日期: 2025-08-04)
(本文编辑: 张耘菲)