

论著·临床研究

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2023.21.014

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20230921.1147.005\(2023-09-21\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20230921.1147.005(2023-09-21))

3 种方法对机械通气重症颅脑损伤患者 REE 的检测效果及影响因素研究

左思璐, 龚 杰, 于凤梅[△]

(四川大学华西医院临床营养科, 成都 610041)

[摘要] **目的** 比较哈里斯-本尼迪克特方程(HBE)、经验法与间接测热法测量的静息能量消耗(REE)差异,分析影响 REE 的相关因素。**方法** 选取 2020 年 8 月至 2022 年 4 月该院神经 ICU 收治的机械通气重症颅脑损伤患者 70 例作为研究对象,采用 HBE、经验法与间接测热法进行能量代谢测定和比较,评估 3 种方法的差异性。**结果** 3 种方法测得的 REE 水平,由高到低依次为间接测热法、经验法、HBE,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。年龄、性别、BMI 能解释回归模型中 REE 的 27.7%,均为 REE 的影响因素($P < 0.05$)。**结论** 采用间接测热法评估机械通气重症颅脑损伤患者的 REE 水平更高,年龄、性别、BMI 均是 REE 的影响因素。

[关键词] 重症颅脑损伤;静息能量消耗;间接测热法;哈里斯-本尼迪克特方程;经验法

[中图分类号] R151

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-8348(2023)21-3279-04

Detection effect and influencing factors of three methods on REE in patients with severe craniocerebral injury

ZUO Silu, GONG Jie, YU Fengmei[△]

(Department of Clinical Nutrition, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610041, China)

[Abstract] **Objective** To compare the difference among the Harris-Benedict equation (HBE), empirical method and indirect calorimetry for detecting the resting energy expenditure (REE), and to analyze the related factors affecting REE. **Methods** Seventy patients with severe craniocerebral injury treated by mechanic ventilation in the neurocritical ICU (NICU) of this hospital from August 2020 to April 2022 were selected as the study subjects, and their energy metabolism was measured by HBE, empiric method and indirect calorimetry and their results were compared. The differences among 3 methods were assessed. **Results** The REE levels detected by the three methods from high to low were REE, empirical method and HBE, and differences were statistically significant ($P < 0.05$). Age, gender and BMI could explain 27.7% of REE in the regression model, which were all the influencing factors of REE ($P < 0.01$). **Conclusion** The REE level in the patients with severe craniocerebral injury evaluated by the indirect calorimetry is higher, moreover the age, gender and BMI all are the influencing factors of REE.

[Key words] severe craniocerebral injury; resting energy expenditure; indirect calorimetry; Harris-Benedict equation; empirical method

营养支持在重症颅脑损伤患者的整体治疗方案中不可或缺,占有重要地位。研究发现,危重患者营养不良的患病率为 38%~78%^[1],而重症颅脑损伤患者营养不良发生率高达 100%^[2]。医源性营养不良和喂养不足在世界各地的 ICU 中普遍存在,且均与预后较差相关,而合理的营养治疗可以明显改善患者的预后^[3]。重症颅脑损伤患者因多处于高应激、高代谢、

高分解、高消耗的状态^[2],代谢率可增加 100%~200%^[4],平均代谢率可增加约 130%,临床治疗中常合并使用机械通气、镇静剂及冬眠疗法等方案进行治疗,采用一般经验法及公式预测法较难准确地评估患者的静息能量消耗(resting energy expenditure, REE)。间接测热法被认为是 REE 测定的“金标准”^[5],其主要通过收集和计算一定时间内吸入氧气

的氧耗量(VO_2)和呼出二氧化碳(VCO_2)的产出量,利用 Weir 公式推算出全天的能量消耗^[6]。本研究通过间接测热法计算机械通气患者的 REE,并与哈里斯-本尼迪克特方程(Harris-Benedict equation, HBE)、经验法计算结果进行了比较,现将结果报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2020 年 8 月至 2022 年 4 月本院神经 ICU 收治的 70 例机械通气患者,其中男 43 例,女 27 例,年龄 19~93 岁,平均(58±20)岁,平均 BMI 为(23.4±3.9)kg/m²。纳入标准:(1)年龄≥18 岁;(2)机械通气;(3)在神经 ICU 住院时间≥48 h。排除标准:(1)血流动力学不稳定;(2)达不到间接测热法测定所需条件,如吸入氧浓度百分比>60%、呼吸末正压>10 cmH₂O,潮气量<60 mL,呼吸机管道漏气>10%,高通气量等。

1.2 方法

1.2.1 间接测热法

CCM express 能量代谢车购自美国麦加菲公司。使患者保持“稳定状态”,禁食≥2 h,平卧位安静休息 30 min 后用能量代谢车进行 REE 的测量。测定时的环境湿度为 50%~65%,温度为 18~24℃,大气压为 101~102.4 kPa,潮气量>100 mL,明确测定时无气体泄漏。整个分析过程由计算机控制并自动完成。利用 Weir 估算公式推算出全天的 REE。

$$E_{\text{间接测热法}} = (3.9 \times VO_2 + 1.1 \times VCO_2) \times 1.44 \quad (1)$$

其中, VO_2 为耗氧量, VCO_2 为二氧化碳生成量。

1.2.2 HBE 计算方法

采用 HBE 计算 REE。

$$E_{\text{男}} = 66.47 + 13.75W + 5.00H - 6.76A \quad (2)$$

$$E_{\text{女}} = 655.10 + 9.56W + 1.85H - 4.68A \quad (3)$$

$$E_{\text{HBE}} = E_{\text{男/女}} \times \text{应激系数} \quad (4)$$

其中, W 为体重(kg), H 为身高(cm), A 为年龄(岁),应激系数为 1.3。

1.2.3 经验法计算方法

采用经验法计算 REE。临床上常采用美国肠外和肠内营养学会/危重病医学会营养指南(2016)推荐的公式进行估算。

$$E_{\text{经验}} = (H - 105) \times 30 \quad (5)$$

其中, H 为身高(cm)。

1.3 统计学处理

采用 SPSS21.0 统计学软件进行数据处理。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间两两比较采用 t 检验,3 组间比较采用方差分析;计数资料以例数或百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用 Spearman 相关及多元线性回归分析评估 E_{REE} 、 E_{HBE} 与 $E_{\text{经验}}$ 的关系。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3 种方法计算不同特征患者的 REE 比较

3 种方法计算的 REE 由大到小分别为间接测热法(2 058±533)kcal、经验法(1 800±300)kcal、HBE(1 758±306)kcal,差异有统计学意义($P < 0.05$)。3 种方法计算的男性 REE 均高于女性,差异有统计学意义($P < 0.05$);随着年龄的不断增高,HBE 计算方法获得的 REE 不断降低,差异有统计学意义($P < 0.05$);随着 BMI 的增加,HBE 计算方法获得的 REE 不断增加,差异有统计学意义($P < 0.05$);3 种方法计算的不同体温、呼吸频率的 REE 比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

表 1 3 种方法计算不同特征患者的 REE 比较($\bar{x} \pm s$,kcal)

| 项目 | n | 间接测热法 | | | HBE | | | 经验法 | | |
|------------------------------|----|------------------|--------|-------|--------------------------|--------|-------|-----------------|--------|-------|
| | | E_{REE} | F/t | P | E_{HBE} | F/t | P | $E_{\text{经验}}$ | F/t | P |
| 年龄 | | | 1.756 | >0.05 | | 13.282 | <0.05 | | 3.665 | >0.05 |
| 18~<50 岁 | 24 | 2 248±710 | | | 1 993±312 | | | 1 940±240 | | |
| 50~<65 岁 | 15 | 2 022±374 | | | 1 753±219 ^a | | | 1 776±267 | | |
| 65~<80 岁 | 20 | 1 955±367 | | | 1 619±188 ^{ab} | | | 1 739±207 | | |
| ≥80 岁 | 11 | 1 879±452 | | | 1 502±213 ^{abc} | | | 1 929±210 | | |
| 性别 | | | 13.278 | <0.05 | | 14.228 | <0.05 | | 57.506 | <0.05 |
| 男 | 43 | 2 227±583 | | | 1 858±331 | | | 1 945±196 | | |
| 女 | 27 | 1 788±287 | | | 1 598±170 | | | 1 606±159 | | |
| BMI | | | 1.608 | >0.05 | | 3.294 | <0.05 | | 0.185 | >0.05 |
| <18.5 kg/m ² | 6 | 2 228±1 005 | | | 1 576±339 | | | 1 821±213 | | |
| 18.5~<24.0 kg/m ² | 34 | 1 943±382 | | | 1 694±218 ^d | | | 1 816±219 | | |
| 24.0~28.0 kg/m ² | 21 | 2 120±339 | | | 1 913±362 ^{de} | | | 1 831±304 | | |
| >28 kg/m ² | 9 | 2 236±881 | | | 1 754±327 ^{def} | | | 1 755±249 | | |
| 体温 | | | 0.194 | >0.05 | | 0.429 | >0.05 | | 0.515 | >0.05 |

续表 1 3 种方法计算不同特征患者的 REE 比较($\bar{x} \pm s$, kcal)

| 项目 | n | 间接测热法 | | | HBE | | | 经验法 | | |
|-------------|----|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | | E_{REE} | F/t | P | E_{HBE} | F/t | P | $E_{经验}$ | F/t | P |
| ≤37.3 °C | 41 | 2 003±499 | | | 1 713±271 | | | 1 796±233 | | |
| >37.3 °C | 29 | 2 136±578 | | | 1 820±345 | | | 1 839±265 | | |
| 呼吸 | | | 2.518 | >0.05 | | 1.398 | >0.05 | | 2.564 | >0.05 |
| <16 次/min | 19 | 1 963±438 | | | 1 852±321 | | | 1 807±246 | | |
| 16~20 次/min | 22 | 1 922±458 | | | 1 696±305 | | | 1 736±237 | | |
| >20 次/min | 29 | 2 223±609 | | | 1 743±292 | | | 1 794±239 | | |

^a: $P<0.05$,与 18~<50 岁比较;^b: $P<0.05$,与 50~<65 岁比较;^c: $P<0.05$,与 65~<80 岁比较;^d: $P<0.05$,与<18.5 kg/m² 比较;^e: $P<0.05$,与 18.5~<24.0 kg/m² 比较;^f: $P<0.05$,与 24.0~28.0 kg/m² 比较。

2.2 REE 相关影响因素的回归分析

纳入差异有统计学意义的影响因素构建多元线性回归方程,回归模型具有统计学意义($F=8.446$, $P<0.05$)。其中,年龄、性别和 BMI 能解释 REE 的 27.7%。年龄、性别、BMI 对 REE 的影响均有统计学差异($P<0.05$),见表 2。

表 2 REE 相关影响因素的回归分析结果

| 项目 | B | β | F | R^2 | t | P |
|-----|-----------|---------|-------|--------------------|--------|--------|
| 常量 | 2 519.634 | | | | | |
| 年龄 | -115.626 | -0.238 | 8.446 | 0.277 ^a | -2.270 | 0.026 |
| 性别 | -430.356 | -0.396 | | | -3.767 | <0.001 |
| BMI | 160.047 | 0.249 | | | 2.376 | 0.020 |

^a:调查后 $R^2=0.245$ 。

3 讨 论

因脑肠轴受损,患者易出现胃肠耐受较差,合并吞咽功能障碍伴随高误吸风险;因脑损伤,患者易出现中枢性高热、肌张力升高等应激高代谢表现;因基础代谢升高,患者机体消耗肝糖原转为糖异生供能,蛋白质的分解代谢增加 40%~50%,发生低蛋白血症及营养不良^[7]。研究显示,重症颅脑创伤患者的代谢率可增加 100%~200%,营养不良发生率为 100%,早期致死率高达 36.0%^[2,4,8]。因此,对重症颅脑损伤患者进行准确的能量评估及肠内营养治疗至关重要。

对于危重症机械通气患者,应首选间接测热法测定 REE。大量 meta 分析表明,HBE 的价值较低,与健康个体比较,HBE 经常受到呼吸衰竭、体温、严重创伤等疾病因素影响,在肥胖或低体重危重症人群中更为明显,预估的能量偏差可达 60%^[9]。LANDES 等^[10]的一项研究显示,BMI 与喂养程度呈负相关,医生明显低估了 BMI 较高患者的热量需求。本研究中,重症颅脑损伤患者间接测热法的 REE 高于 HBE ($P<0.05$),与多项系统回顾和 meta 分析^[9,11] 结果相符。间接测热法能动态观察手术、发热、机械通气、药物及喂养等代谢反应的演变,反映患者的不稳定性。

研究显示,在间接测热法的指导下对危重症患者

进行能量供给和蛋白补充,能有效改善患者 60 d 生存率,提高免疫力,减少全身炎症反应,降低医院感染率,患者预后较好^[12-13]。相较于经验法,参考间接测热法的 REE 对患者给予营养治疗后,能有效缩短重症患者的机械通气时间、平均 ICU 住院时间,降低并发症发生率,减少死亡风险,使其营养状况得到较快改善,营养指标始终能维持在正常范围内^[14-16]。通过对能量代谢车动态监测的 REE 与 HBE 计算的 REE 进行比较,参考间接测热法给予营养素,更符合机械通气重症患者的能量代谢规律,碳水化合物、脂肪及蛋白质的配比更合理^[17-18]。

由于间接测热法采用的器械昂贵,对测量环境及患者的自身条件要求高,需要专业人员操作,目前其在我国的普及率不高。REE 的影响因素众多,且重症颅脑损伤患者存在疾病特殊性,本研究收集个别患者中出现 REE 极端值,考虑可能是因为在测量时中枢神经系统兴奋造成过度肌紧张、肌肉震颤及延髓兴奋,进而引起咳嗽、咳痰。

综上所述,重症颅脑损伤患者间接测热法的 REE 高于经验法、HBE,其中年龄、性别、BMI 均为 REE 的影响因素。通过间接测热法对机械通气下重症颅脑损伤患者进行 REE 测定,可以为准确指导并制订营养方案提供依据。

参考文献

- [1] LEW C C H, YANDELL R, FRASER R J, et al. Association between malnutrition and clinical outcomes in the intensive care unit: a systematic review [J]. J Parenter Enteral Nutr, 2017,41(5):744-758.
- [2] 郭文超,秦寒枝,滕娇,等.成人重型颅脑损伤患者肠内营养支持的最佳证据总结[J].中国全科医学,2022,25(15):1825-1832.
- [3] WISCHMEYER P E, MOLINGER J, HAINES K. Point-counterpoint: indirect calorimetry is

- essential for optimal nutrition therapy in the intensive care unit[J]. *Nutr Clin Pract*, 2021, 36(2):275-281.
- [4] 孙仁华, 江荣林, 黄曼, 等. 重症患者早期肠内营养临床实践专家共识[J]. *中华危重病急救医学*, 2018, 30(8):715-721.
- [5] OREN Z, ILYA K, ITAI B, et al. Predictive equations versus measured energy expenditure by indirect calorimetry: a retrospective validation [J]. *Clin Nutr*, 2019, 38(3):1206-1210.
- [6] OSHIMAT, RAGUSAMGRAFS, et al. Methods to validate the accuracy of an indirect calorimeter in the in-vitro setting [J]. *Clin Nutr ESPEN*, 2017, 22:71-75.
- [7] 中华医学会创伤学分会神经创伤专业学组. 颅脑创伤患者肠内营养管理流程中国专家共识(2019)[J]. *中华创伤杂志*, 2019, 35(3):193-198.
- [8] CHEN W, YANG J, LI B, et al. Neutrophil to lymphocyte ratio as a novel predictor of outcome in patients with severe traumatic brain injury[J]. *J Head Trauma Rehabil*, 2018, 33(1):53-59.
- [9] ZUSMAN O, KAGAN I, BENDAVID I, et al. Predictive equations versus measured energy expenditure by indirect calorimetry: a retrospective validation [J]. *Clin Nutr*, 2019, 38(3):1206-1210.
- [10] SARAH L, STEPHEN A M, THOMAS H F, et al. Indirect calorimetry: is it required to maximize patient outcome from nutrition therapy? [J]. *Curr Nutr Rep*, 2016, 5:233-239.
- [11] TATUCU-BABET O A, FETTERPLACE K, (上接第 3278 页)
with muscla-in-vasive, high-risk urothelial bladder carcinoma who are ineligible for cisplatin-based neoadjuvant chemotherapy [J]. *J Chin Oncol*, 2018, 36(Suppl. 1):e16524.
- [17] 王略. 外周血 TAP, CA125, CEA 检测对膀胱尿路上皮癌诊断的临床意义[D]. 衡阳: 南华大学, 2019.
- [18] 胡金鼎, 张建军, 闫会秋, 等. 血清 VEGF、TSGF 及 CA125 对浸润性膀胱癌患者预后的预测价值 [J]. *微创泌尿外科杂志*, 2020, 9(6):400-405.
- [19] LIN Y, ZHANG Y, LUO L, et al. Clinical effect of robot-assisted radical cystectomy in bladder cancer [J]. *Am J Transl Res*, 2021, 13(9):10545-10553.
- [20] 陈楚君, 王宁, 王丽娜, 等. 术后血清 CYFRA21-1、TK1 表达对膀胱尿路上皮癌患者生存预后的关系 [J]. *中华保健医学杂志*, 2021, 23(4):349-351.
- [21] 储赏奇, 贾伟, 姜黎黎, 等. 艾迪注射液联合帕博利珠单抗治疗晚期非小细胞肺癌的临床研究 [J]. *现代药物与临床*, 2022, 37(11):2568-2573.
- LAMBELL K, et al. Is Energy delivery guided by indirect calorimetry associated with improved clinical outcomes in critically ill patients? A systematic review and meta-analysis [J]. *Nutr Metab Insights*, 2020, 13:117863-8820903295.
- [12] DUAN J Y, ZHENG W H, 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.
- [13] AL-DORZI H M, ARABI Y M. Nutrition support for critically ill patients [J]. *J Parenter Enteral Nutr*, 2021, 45(Suppl. 2):47-59.
- [14] 任志慧. 老年 ICU 重症患者采用能量代谢监测营养治疗对营养指标及预后的影响分析 [J]. *中国现代医生*, 2019, 57(28):99-101.
- [15] 沈阳辉, 石松菁, 俞兆希, 等. 能量代谢监测对重症患者机械通气应用的指导意义分析 [J]. *白求恩医学杂志*, 2018, 16(5):435-437.
- [16] 赵士兵, 段立彬, 余刚, 等. 应用代谢车监测 ICU 患者 REE 变化规律并指导营养支持的前瞻性研究 [J]. *中华危重病急救医学*, 2019, 31(12):1512-1516.
- [17] 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.
- [18] 吴力, 冯杨荣, 葛丹霞, 等. 能量代谢监测下营养治疗对老年危重症患者营养指标及预后的影响 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2017, 24(6):645-649.

(收稿日期:2023-03-09 修回日期:2023-08-07)

(编辑:张芃捷)

(收稿日期:2023-02-13 修回日期:2023-07-22)

(编辑:姚雪)