

间接测热法与预测公式对肝脏术后患者能量消耗评估的差异性分析*

高明¹ 周华¹ 朱研¹ 彭威¹ 许媛¹

[摘要] 目的:分析间接能量代谢测定法(IC)与不同预测公式在肝脏术后患者能量消耗评价的一致性与相关性。**方法:**选取 2019 年 4 月 1 日—2020 年 5 月 31 日期间我院重症医学科收治的肝脏手术患者共 47 例作为研究对象。使用 IC 法测量入 ICU 后 24 h 内的静息能量消耗(REE)。此外,分别应用 Harris-Benedict 公式、Penn State 公式以及公斤体重法($25 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)计算患者的能量消耗,并以 IC 法作为“金标准”,绘制 Bland-Altman 图,分析 REE 与公式预测值的一致性;采用相关分析比较各测量方法之间的相关性。**结果:**47 例患者纳入研究,IC 测定 REE 明显高于 H-B 公式估算值 $[(1645.9 \pm 380.4) \text{ kcal/d vs. } (1484.1 \pm 232.8) \text{ kcal/d}, P=0.014]$,公斤体重法、Penn State 公式算法与 IC 测定值相比,差异无统计学意义。Bland-Altman 分析显示,Penn State 公式算法与 IC 测定值整体一致性较好,相关性分析提示二者之间存在明显相关性($r=0.78, P<0.01$)。**结论:**间接测热法仍是评估肝脏术后患者实际能量消耗的金标准。H-B 公式不能准确估算肝脏术后患者的静息能量消耗,Penn State 公式与 REE 实测值一致性较高,更适合指导肝脏术后患者的能量需求评估。

[关键词] 肝脏术后;能量消耗;经验能量估算;间接能量测定

DOI:10.13201/j.issn.1009-5918.2021.01.009

[中图分类号] R459.3 **[文献标志码]** A

Analysis of the difference between indirect calorimetry and predicted formula in evaluating energy expenditure of patients after liver surgery

GAO Ming ZHOU Hua ZHU Yan PENG Wei XU Yuan

(Department of Critical Care Medicine, Beijing Tsinghua Changgung Hospital, School of Clinical Medicine, Tsinghua University, Beijing, 102218, China)

Corresponding author: ZHOU Hua, E-mail: icuzhouhua@163.com

Abstract Objective: To analyze the consistency and correlation between indirect calorimetry(IC) and different prediction formulas in the evaluation of resting energy expenditure (REE) in patients receiving liver surgery. **Methods:** Patients who received liver surgery admitted to department of Critical Care Medicine, Beijing Tsinghua Changgung Hospital from April 2019 to May 2020 were enrolled. The IC method was used to measure the resting energy expenditure (REE) within 24 hours after entering the ICU. In addition, the Harris-Benedict formula, Penn State formula and kilogram weight method ($25 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) were used to calculate the energy expenditure of patients, and the IC method was used as the "gold standard" to draw the Bland-Altman diagram and analyze the consistency between REE and the formula predicted value. Pearson correlation analysis was used to compare the correlation between the measurement methods. **Results:** Forty-seven patients were included in the study. The IC measured REE was significantly higher than the estimated value of the Harris-Benedict formula (1645.9 ± 380.4) kcal/d vs. (1484.1 ± 232.8) kcal/d, $P=0.014$. Compared with the IC measurement value, the kilogram weight method and Penn State formula calculation method had no significant difference. Bland-Altman analysis showed that the Penn State formula calculation method was consistent with the IC measured value, and the correlation analysis indicated that the two methods were significantly correlated ($r=0.78, P=0.000$). **Conclusion:** Indirect calorimetry is still the gold standard for evaluating the actual energy consumption of patients after liver surgery. The Harris-Benedict formula cannot accurately estimate the resting energy consumption of patients after liver surgery. Penn State formula has a high consistency with the measured value of REE, which is more suitable for guiding the energy demand assessment of patients after liver surgery.

Key words liver surgery;energy consumption;predicted energy estimation;indirect calorimetry

我国是世界上肝病的高发国家,各种原因导致的肝硬化、肝癌以及肝衰竭可通过行肝脏部分切除

或肝移植手术而改善预后,而此类肝病患者术前多存在纳差、食欲不振、黄疸、腹部饱胀感、低热等症状,摄食减少进而导致营养不良的发生。以往研究显示 30%~50%肝硬化患者存在营养不良,且肝功能 Child A、Child B 级患者生存率与营养状况明显相关^[1-2]。肝脏手术等应激因素刺激下加重代谢

*基金项目:北京市属医院中心科研培育计划项目(No: PX2017038)

¹清华大学附属北京清华长庚医院重症医学科 清华大学临床医学院(北京,102218)

通信作者:周华,E-mail:icuzhouhua@163.com

紊乱,能量、蛋白质补充不足与微量元素缺乏直接影响肝脏的修复、再生。因此,肝脏术后合理的营养支持治疗,在疾病的预后和转归上起着非常重要的作用。2019年,欧洲临床营养和代谢学会(ESPEN)发布了肝病临床营养指南,指出由于肝病患者之间能量代谢存在着较大的个体差异,建议应用间接测热法(IC)评估患者能量需求^[3-4]。

虽然 IC 法被认为是监测能量代谢的“金标准”,但受到设备、专业测量人员等限制,临床上更多的采用公式法来预测能量消耗。本研究以肝脏术后患者作为研究对象,对比 Harris-Benedict 公式法、Penn State 公式法以及公斤体重法预测能量消耗与 IC 法监测能量消耗之间的差异性以及相关性和相关性,希望找到更适合肝脏术后患者的能量预测方法,为临床营养治疗提供一定参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取 2019 年 4 月 1 日—2020 年 5 月 31 日期间入住本院重症医学科(ICU)行肝脏手术患者。最终共纳入 47 例肝脏术后患者,其中男 32 例,女 15 例;年龄 18~73 岁,平均(51.4±13.0)岁;BMI 平均(24.1±3.74) kg/m²。其中原位肝移植患者 25 例,肝癌患者 15 例,先天性胆管扩张 3 例,肝内胆管结石 1 例,肝脏转移癌 2 例,肝包虫病 1 例。

本研究符合医学伦理学标准,通过本院医学伦理委员会审批(审批号:16124-0110),所有检测均获得本人以及家属知情同意。

纳入标准:①肝脏手术后预期需要营养支持 5 d 以上的成年患者;②年龄≥18 岁;③测量前 2 h 以及测量期间无需调整呼吸机参数,吸入氧浓度≤60%,PEEP≤12 cmH₂O;④血流动力学稳定。

排除标准:①肝性脑病;②严重肾功能不全未接受肾脏替代治疗;③人工气道、呼吸机管路漏气>10%。

1.2 研究方法

记录患者的姓名、性别、身高、体重、临床诊断及手术名称。

能量消耗测定:①IC 测量静息能量消耗(resting energy expenditure, REE):测试前 1 h 患者处于静息休息状态,禁止吸痰、翻身等刺激性操作,关闭湿化器,监测呼吸机管路无漏气,将采集气体管路连接呼吸机,收集 30~40 min 内呼出以及吸入气体测定氧消耗以及二氧化碳产生,进一步根据 weir 公式计算出 REE, REE(kcal/day)=3.9×VO₂(L/min)+1.1×VCO₂(L/min)×1440。REE 测定采用为意大利 COSMED(科时迈) QUARK PFT ERGO 代谢车(S/N 2019091309)。②Harris-Benedict 公式计算能量消耗:男性:66+

13.75×体重(kg)+5×身高(cm)-6.8×年龄(岁);女性:665+9.6×体重(kg)+1.8×身高(cm)-4.7×年龄(岁)。③Penn State 公式计算能量消耗:REE=0.96×Mifflin St. Jeor 公式计算值+167×体温(°C)+31×分钟通气量(L/min)-6212。④改良 Penn State 公式:适用于年龄≥60 岁且 BMI≥30 kg/m² 的患者,REE=0.71×Mifflin St. Jeor 公式计算值+85×体温(°C)+64×分钟通气量(L/min)-3085;Mifflin St. Jeor 公式:男性:10×体重(kg)+6.25×身高(cm)-5×年龄(岁)+5;女性:10×体重(kg)+6.25×身高(cm)-5×年龄(岁)-161。⑤公斤体重法:按 2016 年美国危重症协会(The Society of Critical Care Medicine, SCCM)与美国肠外与肠内营养协会(American Society for Parenteral and Enteral Nutrition, ASPEN)颁布的“成人危重症患者营养支持治疗实施与评价指南”推荐^[5],能量供给目标值 25 kcal·kg⁻¹·d⁻¹(104.6 kJ·kg⁻¹·d⁻¹)。

1.3 统计学方法

采用统计学软件 SPSS 23.0 进行统计学分析。正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,非正态分布的计量资料用中位数(四分位数)表示。正态分布且方差齐的组间比较应用独立样本 *t* 检验,非正态分布或方差不齐者应用非参数检验。两种方法一致性比较应用 Bland-Altman 法,偏移值<±10%者认为一致性较好。采用相关分析比较 IC 法与各预测公式的相关性,并计算 R 值。以 *P*<0.05 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 4 种方法所测 REE

以 IC 法为金标准,IC 所测 REE 明显高于 Harris-Benedict 公式法估算值,两者比较差异有统计学意义(*P*<0.05)。Penn State 公式法和公斤体重法估算的 REE 与 IC 法测定值之间比较,差异无统计学意义(表 1)。

表 1 不同方法所测肝脏术后患者静息能量消耗

监测方法	静息能量消耗	<i>P</i>
IC 法	1645.9±380.4	—
Harris-Benedict 公式	1484.1±232.8	<i>P</i> =0.014
Penn State 公式	1570.9±260.8	<i>P</i> =0.346
公斤体重法(25 kcal/kg)	1728.4±355.5	<i>P</i> =0.281

注:*P* 值为各公式法分别于间接测热法(IC 法)进行比较。

2.2 Penn State 公式法与 IC 法测定值相关性

Pearson 相关分析显示 Penn State 公式法与 IC 法测定值之间有明显相关性,相关系数为 0.78

($P < 0.01$), 见图 1。应用 Bland-Altman 法进行一致性检验, 2.1% (1/47) 位于 95% 一致性界限外 (图 2), 提示两种方法一致性较高。若以 IC 法测得的静息能量消耗均值 (1645.9 kcal/d) 的 $\pm 10\%$ ($-164.59 \sim 164.59$ kcal/d) 为临床可接受范围, Penn State 公式法与 IC 法之间的平均偏倚为 75.0 (95%CI: 4.25 ~ 145.7 kcal/d), 在临床可接受范围之内。

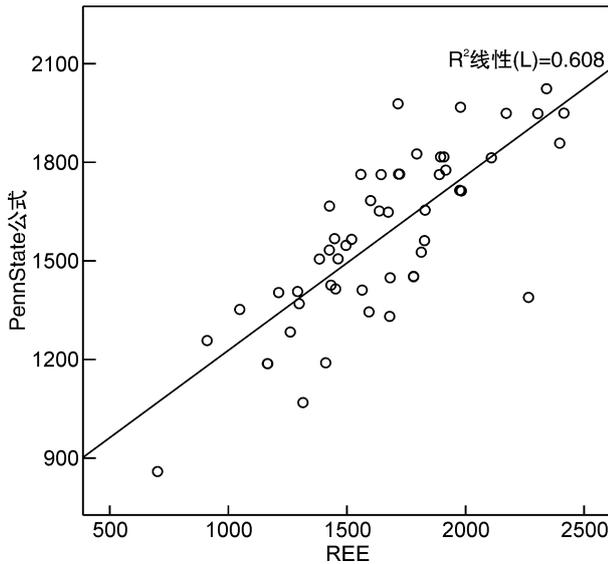


图 1 Penn State 公式法与 IC 法监测肝脏术后患者静息能量消耗相关性

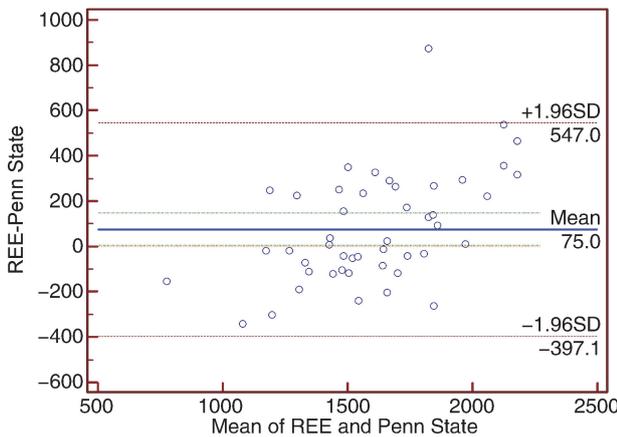


图 2 Penn State 公式法与 IC 法监测肝脏术后患者静息能量消耗一致性的 Bland-Altman 评估

2.3 公斤体重法与 IC 法测定值相关性

Pearson 相关分析显示公斤体重法与 IC 法测定值之间有明显相关性, 相关系数为 0.609 ($P < 0.01$), 见图 3。应用 Bland-Altman 法进行一致性检验, 4.3% (2/47) 位于 95% 一致性界限外 (图 4), 提示两种方法一致性尚可。若以 IC 法测得的静息能量消耗均值 (1645.9 kcal/d) 的 $\pm 10\%$ ($-164.59 \sim 164.59$ kcal/d) 为临床可接受范围, 公斤体重法

与 IC 法之间的平均偏倚为 -82.4 (95%CI: $-178.2 \sim 13.3$ kcal/d), 在临床可接受范围之内, 但一致性以及预测性不如 Penn State 公式法。

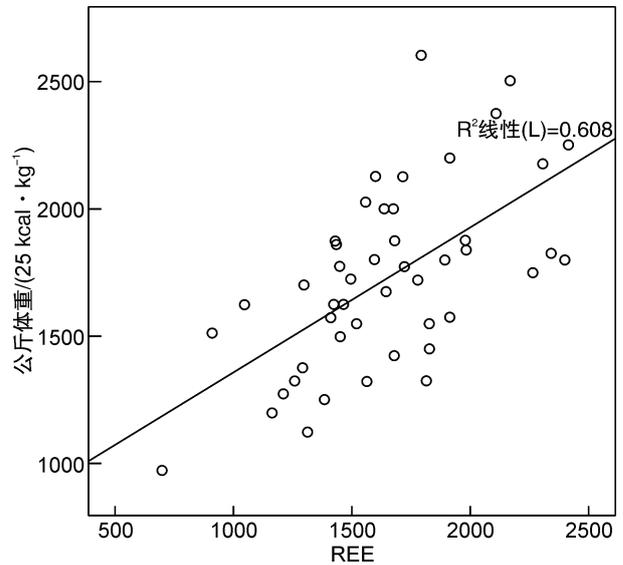


图 3 公斤体重法与 IC 法监测肝脏术后患者静息能量消耗相关性

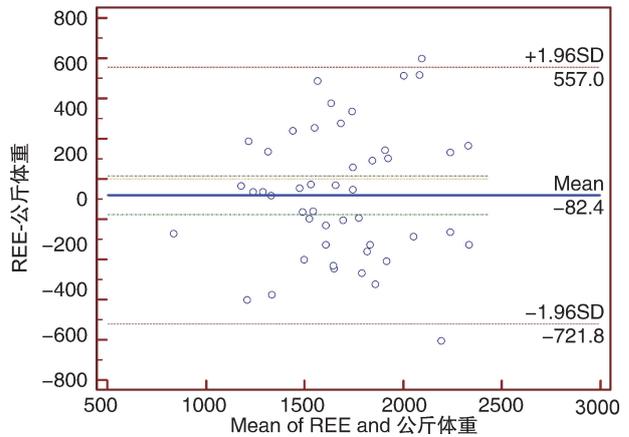


图 4 公斤体重法与 IC 法监测肝脏术后患者静息能量消耗一致性的 Bland-Altman 评估

3 讨论

肝脏是机体重要的代谢器官, 具有合成、储存、分解、排泄、解毒、分泌等功能。营养风险增加和营养状况恶化在重症肝病的患者中十分常见, 而既往研究显示营养风险的高低与肝功能障碍的程度明确相关^[6]。我国是肝硬化、肝癌、肝内胆管结石的高发区, 部分肝切除和肝移植是其主要的治疗手段。术后营养需求的准确评估对于减少持续负能量平衡, 减少营养不良发生, 促进肝细胞修复、再生; 同时避免过度喂养而加重肝脏负担有着重要意义。

ICU 患者常用的预测能量消耗公式包括 H-B 公式、Penn State 公式以及公斤体重法, 其中以 H-B 公式应用最为普遍。H-B 公式最早在 1918 年由

不到300个健康成年人的基础代谢率测定统计而来,虽然在后期,研究者会根据不同的应激情况乘以相应的应激系数,但其存在很大的主观性。重症患者能量代谢是与疾病严重程度相关,已有研究表明,H-B公式不能很好的反应重症患者的实际能量需求^[7]。本研究显示,H-B的估算值明显低于IC测定值,且两者之间存在统计学差异,说明对于肝脏术后患者的能量消耗评估,H-B的估算值并不能很好反应其能量代谢情况。

不同于H-B公式,Penn State公式除了身高、体重、年龄、性别外还纳入了体温、分钟通气量等与炎症反应相关的病理生理指标,精确度可提升至67%,老年人或肥胖患者精确度可达74%,相对更加精确的评估了患者的能量需求^[8-10]。因此,在无代谢车设备的情况下可考虑应用该公式评估患者能量消耗^[9,11],但也有研究指出其与IC法监测的能量消耗之间并不一致^[12],考虑与纳入患者的基础疾病不同相关。本研究显示,对于肝脏术后患者,Penn State公式的预测值与IC法测定值之间有明显相关性,且一致性较好,其误差在临床可接受范围之内,与其他预测公式相比更接近实际值。

2016年美国成年危重病患者营养支持治疗的实施与评估指南(SCCM/ASPEN)提出,没有IC时,建议使用已发表的预测公式或基于体重的简化公式($25\sim 30\text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$)确定能量需求^[5]。由于其计算简单,易被临床医生接受。但是,其仅纳入体重这一单一因素作为参考,容易高估或低估患者的能量需求。能量代谢与瘦体组织相关^[13],而在肝病患者,瘦体组织明显减少,且存在水肿、腹水,使得其与实际体重差异较大。在本研究中我们可以看到,公斤体重法与IC法测定值之间存在一定的相关性,一致性尚可,但其相关性和一致性均不及Penn State公式法,提示我们Penn State公式法可能更适合肝脏术后患者的能量评估。

本研究存在一定不足:首先,研究的样本数量偏小。其次,本研究仅比较了术后1d内IC法测定值与经验估算值之间的差异,并未进行动态比较。在后续的研究中需进一步增加相关研究,深入分析公式法,特别是Penn State法的临床应用价值。

综上所述,肝病危重患者的能量需求是高度可变的,很难用简单的方程来预测,因此间接测热法仍是测量肝脏术后患者能量消耗的金标准。H-B公式法、Penn State公式法以及公斤体重法中,Penn State公式法精确性相对最高,若临床工作中间接测热法未普及的情况下可优先考虑使用Penn State公式法指导患者的营养治疗。

参考文献

[1] Marr KJ, Shaheen AA, Lam L, et al. Nutritional status

and the performance of multiple bedside tools for nutrition assessment among patients waiting for liver transplantation: A Canadian experience[J]. Clin Nutr ESPEN, 2017, 17: 68-74.

[2] 杨晓玲,张素梅. SGA、MNA和NRS2002评估失代偿期肝硬化患者营养状态应用价值分析[J]. 实用肝脏病杂志, 2020, 23(1): 70-73.

[3] Plauth M, Bernal W, Dasarathy S, et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in liver disease[J]. Clin Nutr, 2019, 38(2): 485-521.

[4] 中华医学会肝病学会,中华医学会消化病学分会. 终末期肝病临床营养指南[J]. 实用肝脏病杂志, 2019, 22(5): 624-635.

[5] McClave SA, Taylor BE, Martindale RG, et al. 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.

[6] Carey EJ, Lai JC, Wang CW, et al. A multicenter study to define sarcopenia in patients with end-stage liver disease[J]. Liver Transpl, 2017, 23(5): 625-633.

[7] 贾星宇,华晨,刘励军,等. 不同方法检测有创机械通气患者静息能量消耗及其意义[J]. 中华内科杂志, 2018, 57(8): 596-598.

[8] Frankenfield D, Smith JS, Cooney RN. Validation of 2 approaches to predicting resting metabolic rate in critically ill patients[J]. JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2004, 28(4): 259-64.

[9] Frankenfield DC, Ashcraft CM, Galvan DA. Longitudinal prediction of metabolic rate in critically ill patients[J]. JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2012, 36(6): 700-12.

[10] Frankenfield DC, Coleman A, Alam S, et al. Analysis of estimation methods for resting metabolic rate in critically ill adults[J]. JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2009, 33(1): 27-36.

[11] Frankenfield DC. Factors Related to the Assessment of Resting Metabolic Rate in Critically Ill Patients[J]. JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2019, 43(2): 234-244.

[12] de Góes CR, Berbel-Bufarah MN, Sanches AC, et al. Poor Agreement between Predictive Equations of Energy Expenditure and Measured Energy Expenditure in Critically Ill Acute Kidney Injury Patients[J]. Ann Nutr Metab, 2016, 68(4): 276-84.

[13] Wang Z, Heshka S, Gallagher D, et al. Resting energy expenditure-fat-free mass relationship: new insights provided by body composition modeling[J]. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2000, 279(3): E539-545.

(收稿日期:2020-10-23)