

## 间接测热法在烧伤患者能量代谢测定中的临床研究

骆彬 王丹丹 杜红珍 谢颖 李增宁

河北医科大学第一医院营养科, 河北石家庄 050031

通信作者: 李增宁, Email: lizengning@126.com

**【摘要】** 目的 总结烧伤患者的能量代谢特点, 观察烧伤严重程度、炎症指标、营养代谢指标和烧伤并发症等因素对患者静息能量消耗(REE)及呼吸商(RQ)的影响。**方法** 采用回顾性调查研究方法, 选择河北医科大学第一医院2016年4月至2018年3月收治的采用间接能量测定仪(代谢车)测定REE不同程度烧伤患者26例。观察患者的烧伤程度以及全身炎症反应综合征(SIRS)、吸入性肺损伤、应激性高血糖、休克等并发症发生情况; 收集患者白细胞计数(WBC)、中性粒细胞/淋巴细胞比值(NLR)、C-反应蛋白(CRP)、血红蛋白(Hb)、总蛋白、白蛋白等资料; 比较不同烧伤程度和有无SIRS、应激性高血糖、烧伤性休克等并发症患者REE、RQ的差异; 分析烧伤患者炎症指标、营养代谢指标、总体表面积(TBSA)、Ⅲ度TBSA、烧伤后天数(PBD)、体表面积(BSA)与REE和RQ的相关性。**结果** 26例患者中, 轻度烧伤7例, 中度烧伤10例, 重度烧伤5例, 特重度烧伤4例; 烧伤总面积为11.50(25.00)% TBSA, Ⅲ度体表烧伤面积为5.00(12.00)% TBSA。不同烧伤程度患者REE和RQ比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ )。相关性分析显示: CRP、Ⅲ度TBSA、BSA与实测REE呈明显正相关,  $r_s$ 值分别为0.402、0.410、0.508,  $P$ 值分别为0.042、0.038、0.008, Hb与实测REE呈明显负相关( $r_s=-0.606$ ,  $P=0.001$ ), Ⅲ度TBSA与RQ呈明显负相关( $r_s=-0.466$ ,  $P=0.016$ ); BSA与预计REE呈明显正相关( $r_s=0.863$ ,  $P=0.000$ )。根据诊断标准和疾病生理状态显示发生SIRS 8例, 应激性高血糖7例, 吸入性肺损伤12例, 休克9例, 有SIRS患者RQ明显高于无SIRS者[0.86(0.14)比0.81(0.14),  $P<0.05$ ], 说明SIRS的发生影响了RQ。而其他并发症对能量代谢和RQ无影响。**结论** CRP、Ⅲ度TBSA、BSA可影响烧伤患者REE, SIRS和Ⅲ度TBSA影响烧伤患者RQ, 以上结论对烧伤患者营养支持方案的选择有一定指导意义。

**【关键词】** 烧伤; 间接测热法; 营养代谢; 静息能量代谢; 呼吸商; 炎症

**基金项目:** 河北省医药卫生科研基金项目(20150198); 河北省医学适用技术跟踪项目(G201709)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2020.04.017

**Clinical study of indirect calorimetry in measuring energy metabolism in burn patients** Luo Bin, Wang Dandan, Du Hongzhen, Xie Ying, Li Zengning

Department of Nutrition, the First Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050031, Hebei, China

Corresponding author: Li Zengning, Email: lizengning@126.com

**【Abstract】 Objective** To summarize the characteristics of energy metabolism in burn patients and observe the effects of following factors, such as burn severity degree, inflammation index, nutritional metabolism index and burn complications on resting energy expenditure (REE) and respiratory quotient (RQ). **Methods** A retrospective survey was conducted for 26 burn patients admitted from April 2016 to March 2018 into the First Hospital of Hebei Medical University, and the patients' different degrees of REE were measured by a indirect calorimetry (metabolic vehicle). The burn degrees of the patients and the occurrence of complications such as systemic inflammatory response syndrome (SIRS), inhalation injury, stress hyperglycemia and shock were observed; the white blood cell count (WBC), neutrophil/lymphocyte ratio (NLR), C-reactive protein (CRP), hemoglobin (Hb), total protein, albumin and other data were collected. The differences in REE and RQ among patients with various burn degrees, and those with or without complications, such as SIRS, stress hyperglycemia, burn shock, etc. were compared; the correlations of following various burn patients' factors: indexes of inflammation and nutritional metabolism, the total burn body surface areas (TBSA), the ratios of third (Ⅲ) degree injury areas of TBSA, post-burn days (PBD) and body surface areas (BSA), with REE and RQ were analyzed. **Results** A total of 26 burn patients including 7 cases with mild, 10 moderate, 5 severe and 4 specially severe burns were enrolled in this study; the total body surface burn area was 11.50 (25.00)% TBSA, and the total surface area of burn Ⅲ degree was 5.00 (12.00)% TBSA. There were no significant differences in comparisons of REE, RQ among patients with different burn degrees (all  $P > 0.05$ ). Correlation analyses showed that CRP, Ⅲ burn degree TBSA and BSA were significantly positively correlated with the actually measured REE ( $r_s = 0.402, 0.410, 0.508, P = 0.042, 0.038, 0.008$  respectively), Hb level was significantly negatively correlated with the measured REE ( $r_s = -0.606, P = 0.001$ ), Ⅲ degree TBSA was significantly negatively correlated with RQ ( $r_s = -0.466, P = 0.016$ ); BSA was significantly positively correlated with expected REE ( $r_s = 0.863, P = 0.000$ ). According to the SIRS diagnostic criteria and the physiological status of the disease, SIRS occurred in 8 cases, stress hyperglycemia in 7 cases, inhalation lung injury in 12 cases and burn shock in 9 cases, and statistical analysis showed that the RQ of patients with SIRS was significantly higher than that of patients without SIRS [0.86 (0.14) vs. 0.81 (0.14),  $P < 0.05$ ], indicating that the occurrence of SIRS affected RQ. Other complications had no effect on energy metabolism and RQ. **Conclusion** The CRP, burn Ⅲ degree TBSA and BSA could affect REE, and SIRS, and Ⅲ degree TBSA in burn patients impact their RQ, which has a certain

guiding significance for nutritional support programs of burn patients.

**【Key words】** Burn injury; Indirect calorimetry; Nutrient metabolism; Resting energy metabolism; Respiratory quotient; Inflammation

**Fund program:** Hebei Provincial Health Department Science Research Fund Project (20150198); Hebei Provincial Medical Applicable Technology Tracking Project (G201709)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2020.04.017

营养支持贯穿于严重烧伤患者治疗的全过程,对患者预后起决定性作用。营养支持不仅影响创面恢复<sup>[1]</sup>,甚至能挽救患者生命<sup>[2]</sup>。在过去40年里,烧伤护理及营养支持有了极大的进步<sup>[3]</sup>。研究表明,严重烧伤早期肠黏膜组织热休克蛋白70(HSP70)及热休克转录因子1(HSF1)表达均显著增加,机体会发生强烈的氧化应激<sup>[4]</sup>、炎症反应以及所有持续数月的高代谢和分解代谢反应<sup>[5]</sup>,因此重度烧伤后的能量需求明显高于正常状态<sup>[6]</sup>。严重烧伤还会引起激素分泌增加和器官功能障碍,这些反应都与烧伤严重程度成正比<sup>[7]</sup>。因此在接受营养支持的烧伤患者中,有必要确定其准确的静息能量消耗(REE),确保满足能量需求,避免因进食过多或过少引起并发症的发生<sup>[8]</sup>。

目前各种能量预测公式已被应用于估计烧伤患者的营养需求<sup>[9]</sup>,但大多数预测公式偏差较大,20世纪80年代以前的预测方法多数高估了烧伤患者的营养需求<sup>[10]</sup>。在烧伤引起的高代谢中,REE可提高至正常水平的2倍<sup>[11]</sup>,能量消耗的增加显著促进了营养不良的发展。有研究指出,所有烧伤面积>20%总体表面积(TBSA)的成年烧伤患者必须接受特定和(或)个性化的营养支持<sup>[12]</sup>。

在能量代谢的研究中,间接测热法(IC)被认为是衡量热量消耗的“金标准”,它是通过测定氧气(O<sub>2</sub>)的消耗和二氧化碳(CO<sub>2</sub>)产生来评估患者的REE<sup>[13]</sup>。另外,一定时间内机体CO<sub>2</sub>产生量与O<sub>2</sub>消耗量的比值即呼吸商(RQ)可用于推断呼吸底物,对于评估营养支持不当有一定的价值<sup>[14]</sup>。严重烧伤患者常出现多器官功能障碍综合征(MODS),可增加病死率<sup>[15-16]</sup>。炎症反应和高代谢是烧伤的常见特征,炎症反应的严重程度和应激表现在烧伤患者中是特有的<sup>[17]</sup>。本研究采用IC评估烧伤患者的REE和RQ水平,了解不同烧伤程度患者的能量代谢特点,并观察不同烧伤程度、炎症状态、营养代谢指标及烧伤并发症对REE和RQ的影响;分析影响烧伤患者REE的相关因素。

## 1 资料与方法

**1.1 研究对象:**选择本院烧伤科2016年4月至2018年3月采用间接能量测定仪(代谢车)测定

REE的烧伤患者26例。排除发生褥疮者、妊娠期女性和有恶性肿瘤、代谢性疾病以及心、肝、肾基础疾病者。

**1.2 伦理学:**本研究符合医学伦理学标准,并通过本院医学伦理委员会的批准(审批号:20190576),所有对患者采取的治疗和检测均得到过患者或其家属的知情同意。

**1.3 烧伤严重程度分级方法:**根据烧伤面积和深度,将烧伤的严重程度分为轻、中、重、特重度。轻度烧伤是指Ⅱ度烧伤面积<10%,没有Ⅲ度烧伤;中度烧伤是指Ⅱ度烧伤面积为11%~30%,或Ⅲ度烧伤面积<10%;重度烧伤是指Ⅱ度烧伤面积为30%~50%,或Ⅲ度烧伤面积为11%~20%;特重度烧伤是指烧伤面积>50%,或Ⅲ度烧伤面积>20%。对于烧伤面积<30%,但全身情况较重或已经有休克、复合伤或中毒、中重度吸入性肺损伤、婴儿头部烧伤超过5%者,均属于重度烧伤。

**1.4 能量代谢测定:**采用美国Medical Graphics公司Carefusion的Vamax Enocore29n代谢车测定患者REE。根据机体在一定时间内吸入气体和呼出气体中O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>的浓度差和总气体量,计算出该时间段内氧气的消耗量(VO<sub>2</sub>)和二氧化碳的产生量(VCO<sub>2</sub>),从而计算出RQ。根据代谢车利用Harris-Benedict(HB)公式计算预计REE。

**1.5 全身炎症反应综合征(SIRS)的诊断标准:**具有以下表现中任意2项即可诊断,①体温>38℃或<36℃;②心率>90次/min;③呼吸频率>20次/min;④白细胞计数(WBC)>12×10<sup>9</sup>/L或<4×10<sup>9</sup>/L。

**1.6 指标收集:**①收集不同烧伤程度患者REE和RQ、WBC、中性粒细胞/淋巴细胞比值(NLR)、C-反应蛋白(CRP)、血红蛋白(Hb)和总蛋白、白蛋白等资料;②采用Pearson或Spearman相关分析法评价烧伤患者炎症指标、营养代谢指标、体表面积(BSA)、Ⅲ度TBSA、烧伤后天数(PBD)与REE、RQ的相关性;③比较有无SIRS、应激性高血糖、吸入性肺损伤、休克等并发症患者REE和RQ的差异。

**1.7 统计学分析:**使用SPSS 21.0统计软件分析数据;符合正态分布的计量资料以均数±标准差

( $\bar{x} \pm s$ )表示,否则用中位数(四分位数间距)[ $M(Q_R)$ ]表示。两个独立样本比较采用  $t$  检验,多个独立样本比较采用方差分析,如果样本不符合正态性分布,则采用 Wilcoxon 秩和检验或 Kruskal-Wallis  $H$  非参数检验;计数资料采用频数、构成比或百分比表示。各指标间的相关性采用 Pearson 或 Spearman 相关分析法分析,相关系数用  $r_s$  表示。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 一般资料:** 共入选 26 例患者,男性 20 例,女性 6 例;年龄 48.50(30.00)岁;身高(168.58 ± 5.09)cm;体质量为(66.67 ± 10.36)kg;体质量指数(BMI)为(23.42 ± 3.15)kg/cm<sup>2</sup>,烧伤总面积为 11.50(25.00)%TBSA,Ⅲ度烧伤体表面积为 5.00(12.00)%TBSA。PBD 4.50(7.00)d, TBSA(1.79 ± 0.15)m<sup>2</sup>。其中轻度烧伤 7 例,中度烧伤 10 例,重度烧伤 5 例,特重度烧伤 4 例。

**2.2 纳入 26 例不同烧伤程度患者能量代谢和 RQ 的比较(表 1):** 不同烧伤程度患者 REE 和 RQ 比较差异均无统计学意义(均  $P > 0.05$ )。

表 1 26 例不同烧伤程度患者能量代谢和 RQ 的比较[ $\bar{x} \pm s$  或  $M(Q_R)$ ]

烧伤程度	例数(例)	预计 REE (kJ/d)	实测 REE (kJ/d)	RQ
轻度	7	6 359.68 ± 854.37	614.21 ± 656.93	0.91 ± 0.07
中度	10	6 388.55 ± 826.09	5 636.68 ± 670.78	0.86 ± 0.08
重度	5	5 856.76 ± 884.04	5 811.58 (3 773.97)	0.83 ± 0.37
特重度	4	6 377.46 ± 904.79	7 762.37 ± 2 634.54	0.85 (0.01)
$F/\chi^2$ 值		0.499	4.533	4.525
$P$ 值		0.687	0.209	0.210

  

烧伤面积	例数(例)	预计 REE (kJ/d)	实测 REE (kJ/d)	RQ
<20% TBSA	8	6 298.38 ± 786.09	5 738.48 ± 628.00	0.88 ± 0.08
≥20% TBSA	18	6 236.00 ± 954.54	6 627.46 (3 953.46)	0.82 (0.10)
$t/Z$ 值		0.179	-1.698	-1.808
$P$ 值		0.860	0.090	0.071

注: REE 为静息能量消耗, RQ 为呼吸商, TBSA 为总体表面积

**2.3 烧伤患者炎症及营养代谢指标与能量代谢和 RQ 的相关性分析(表 2):** 相关性分析显示: CRP 与实测 REE 呈明显正相关( $P < 0.05$ ), Hb 与实测 REE 呈明显负相关( $P < 0.05$ ),其余指标与 REE 和 RQ 均无明显相关性(均  $P > 0.05$ )。

**2.4 烧伤患者并发症的发生对能量代谢和 RQ 的影响(表 3):** 根据 SIRS 诊断标准和疾病生理状态诊断出 SIRS 8 例,应激性高血糖 7 例,吸入性肺损伤 12 例,烧伤性休克 9 例,比较各烧伤并发症的

生对 REE 和 RQ 的影响,结果显示,仅 SIRS 的发生对 RQ 有影响,有 SIRS 患者 RQ 明显高于无 SIRS 者( $P < 0.05$ );其余并发症对能量代谢无影响,有无并发症患者间能量代谢和 RQ 比较差异均无统计学意义(均  $P > 0.05$ )。

表 2 烧伤患者炎症指标及营养代谢指标与能量代谢和 RQ 的相关性分析

项目	预计 REE		实测 REE		RQ	
	$r_s$ 值	$P$ 值	$r_s$ 值	$P$ 值	$r_s$ 值	$P$ 值
WBC	-0.017	0.934	0.052	0.802	-0.162	0.430
NLR	-0.223	0.273	-0.210	0.303	-0.183	0.371
CRP	-0.264	0.192	0.402	0.042	-0.362	0.070
Hb	0.047	0.819	-0.606	0.001	-0.030	0.883
总蛋白	0.304	0.130	-0.314	0.199	0.169	0.408
白蛋白	0.370	0.062	-0.329	0.101	0.238	0.241

注: RQ 为呼吸商, REE 为静息能量消耗, WBC 为白细胞计数, NLR 为中性粒细胞/淋巴细胞比值, CRP 为 C-反应蛋白, Hb 为血红蛋白

表 3 有无不同并发症烧伤患者的能量代谢和 RQ 水平比较[ $\bar{x} \pm s$  或  $M(Q_R)$ ]

并发症	例数(例)	预计 REE (kJ/d)	实测 REE (kJ/d)	RQ	
SIRS	有	18	6 173.49 ± 853.16	5 739.99 ± 649.78	0.86(0.14)
	无	8	6 509.26 ± 774.67	7 457.48 ± 2 473.83	0.81(0.14) <sup>a</sup>
应激性高血糖	有	19	6 253.32 ± 718.52	5 811.57(7 087.84)	0.87 ± 0.08
	无	7	6 340.02 ± 1 145.08	6 041.70(5 895.26)	0.84 ± 0.30
吸入性肺损伤	有	14	6 458.00 ± 826.72	5 834.59(1 104.58)	0.89(0.14)
	无	12	665.42 ± 815.67	5 920.36(1 577.37)	0.83(0.07)
休克	有	17	6 376.67 ± 811.07	5 769.74(983.24)	0.89(0.13)
	无	9	688.18 ± 879.23	6 041.70(3 866.02)	0.82(0.10)

注: RQ 为呼吸商, REE 为静息能量消耗, SIRS 为全身炎症反应综合征;与有 SIRS 患者比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$

**2.5 烧伤患者 TBSA、Ⅲ度 TBSA、PBD、BSA 与能量代谢和 RQ 的相关性分析(表 4):** Ⅲ度 TBSA 与实测 REE 呈明显正相关,与 RQ 呈明显负相关;BSA 与预计 REE、实测 REE 均呈明显正相关(均  $P < 0.05$ ),其余指标与 REE 和 RQ 均无相关性(均  $P > 0.05$ )。

表 4 烧伤患者 PBD、TBSA、Ⅲ度 TBSA、BSA 与能量代谢和 RQ 的相关性分析

项目	预计 REE		实测 REE		RQ	
	$r_s$ 值	$P$ 值	$r_s$ 值	$P$ 值	$r_s$ 值	$P$ 值
TBSA	-0.113	0.583	0.223	0.273	-0.329	0.101
Ⅲ度 TBSA	-0.126	0.540	0.410	0.038	-0.466	0.016
PBD	0.059	0.776	0.155	0.446	0.217	0.287
BSA	0.863	0.000	0.508	0.008	0.070	0.735

注: PBD 为烧伤后天数, TBSA 为总体表面积, BSA 为体表面积, RQ 为呼吸商, REE 为静息能量消耗

## 3 讨论

重度烧伤患者分解代谢活跃<sup>[18]</sup>,能量消耗增加,可导致进行性体质量下降、免疫和内脏器官功能障碍、伤口愈合延迟,甚至死亡<sup>[19]</sup>。合理的营养

支持对于改善患者营养状况和预后、减少并发症的发生有重要意义<sup>[20-22]</sup>。因此,准确了解烧伤患者能量消耗是制定针对性营养干预措施的必要条件。重度烧伤后的能量需求明显高于 REE,但随着时间的推移,能量需求是可变的<sup>[23]</sup>。目前 IC 是测定患者 REE 的“金标准”<sup>[24]</sup>。张存海等<sup>[25]</sup>研究表明,代谢车较 HB 公式能更准确地指导重症患者每日总能量摄入,利用代谢车制定营养支持方案具有一定的推广价值。有研究已表明, TBSA、PBD 和 BSA 是影响烧伤患者 REE 的主要因素<sup>[26]</sup>。而本研究显示,仅 BSA 和Ⅲ度 TBSA 与 REE 有相关性,一项有关成人烧伤后病理生理反应的研究显示,严重病理生理反应与 PBD 和 TBSA 有关<sup>[27]</sup>。

严重烧伤后的炎症反应伴随着大量促炎和抗炎细胞因子的释放<sup>[28]</sup>,从而导致高代谢与高分解反应。SIRS 为各种感染或非感染损伤引发的机体全身炎症反应<sup>[29]</sup>,是大面积烧伤常见的并发症,在危重烧伤患者中的发生率很高<sup>[30]</sup>。有研究证明,在烧伤患者中炎症驱动高代谢,炎症程度的增加导致分解代谢反应增强,以及出现可能造成死亡的器官功能障碍和全身损害<sup>[31]</sup>。CRP 是在机体受到感染或组织损伤时血浆中一些含量急剧上升的蛋白质(急性蛋白),是临床上最常用的急性时相反应指标。本研究结果显示,CRP 与实测 REE 呈正相关。

在烧伤后的高代谢反应中,糖酵解-糖异生循环增加 2.5 倍,三酰甘油-脂肪酸循环增加 4.5 倍<sup>[32]</sup>。所有这些变化累积为胰岛素敏感性受损和与胰岛素抵抗相关的严重高血糖<sup>[33]</sup>。因此,烧伤后空腹血糖、胰岛素水平均明显升高,葡萄糖清除率明显降低。RQ 常被用来预测烧伤患者的进食情况,但有研究表明, RQ 在评估烧伤患儿喂养状态方面的价值是有限的<sup>[34]</sup>,仍需要通过实际 REE 来预测患者的营养需求。

营养支持可降低严重热损伤的发病率和病死率<sup>[35]</sup>,但过多摄入热量和蛋白质不能克服危重疾病的分解代谢反应<sup>[36]</sup>。当营养不足时,患者可能会出现并发症<sup>[37]</sup>,导致预后不良。然而,过量喂养也会增加代谢负担<sup>[38]</sup>,加重患者的内部环境紊乱<sup>[39]</sup>。由于影响新陈代谢的因素非常复杂,受多种因素调控<sup>[40]</sup>,因此很难用单一公式精确衡量每例患者的营养需求。因此,也没有公式能生成与烧伤患者实际能量消耗完全一致的估计值,公式只能提供一个粗略的范围。

本研究不足之处是样本量较小,且代谢车测量

时各烧伤患者的病理状态不同可能会影响代谢车的检测结果<sup>[41]</sup>。另外,能量供应决策应根据患者的具体情况而定。除了考虑预测的能量需求,医生还必须考虑患者的代谢能力。患者对所提供能量的代谢能力可能在相当长一段时间内低于能量消耗<sup>[42]</sup>。通过准确检测患者的能量需求,可确切了解烧伤患者的能量债和累积能量失衡情况<sup>[43]</sup>,为及时调整营养方案和预测预后提供可靠数据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参考文献

- [1] 蔡晨,郭光华,徐庆连,等.肠内免疫营养对烫伤大鼠肠黏膜损伤的保护作用[J].中华危重病急救医学,2006,18(10):609-612,插1. DOI:10.3760/j.issn:1003-0603.2006.10.010.
- [2] 陈俏华,杨薛康,胡大海.严重烧伤患者的营养治疗研究进展[J].中华烧伤杂志,2016,32(10):628-631. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2016.10.013.
- [3] Chen QH, Yang XK, Hu DH. Advances in the research of nutrition therapy in patients with severe burn[J]. Chin J Burns, 2016, 32(10): 628-631. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2016.10.013.
- [4] Moreira E, Burghi G, Manzanares W. Update on metabolism and nutrition therapy in critically ill burn patients[J]. Med Intensiva, 2018, 42(5): 306-316. DOI: 10.1016/j.medint.2017.07.007.
- [5] 袁志强,彭毅志,李晓鲁,等.严重烧伤早期肠黏膜组织热休克蛋白 70 的表达规律[J].中华危重病急救医学,2005,17(5):264-267. DOI:10.3760/j.issn:1003-0603.2005.05.003.
- [6] Yuan ZQ, Peng YZ, Li XL, et al. Expression of heat shock protein 70 in intestinal mucosa during the early stage after severe burns and its significance[J]. Chin Crit Care Med, 2005, 17(5): 264-267. DOI: 10.3760/j.issn:1003-0603.2005.05.003.
- [7] 邓志云,郭光华.烧伤与肠内营养[J].江西医学院学报,2006,46(2):182-184. DOI:10.3969/j.issn.1000-2294.2006.02.068.
- [8] Deng ZY, Guo GH. Burn and enteral nutrition[J]. Acta Acad Med Jiangxi, 2006, 46(2): 182-184. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2294.2006.02.068.
- [9] Belba MK, Belba GP. Review of statistical data about severe burn patients treated during 2001 and evidence of septic cases in Albania[J]. Burns, 2004, 30(8): 813-819. DOI: 10.1016/j.burns.2004.06.008.
- [10] Rousseau AF, Losser MR, Ichai C, et al. ESPEN endorsed recommendations: nutritional therapy in major burns[J]. Clin Nutr, 2013, 32(4): 497-502. DOI: 10.1016/j.clnu.2013.02.012.
- [11] Davis KA, Kimm T, Esposito TJ, et al. Nutritional gain versus financial gain: The role of metabolic carts in the surgical ICU[J]. J Trauma, 2006, 61(6): 1436-1440. DOI: 10.1097/01.ta.0000242269.12534.79.
- [12] 陈欣.参考通气状态估算烧伤病人能量消耗的方程式[J].国际骨科学杂志,1993,14(2):106.
- [13] Chen X. An equation for estimating energy consumption of burn patients with reference to ventilation state[J]. Int J Orthop, 1993, 14(2): 106.
- [14] Dickerson RN, Gervasio JM, Riley ML, et al. Accuracy of predictive methods to estimate resting energy expenditure of thermally-injured patients[J]. JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2002, 26(1): 17-29. DOI: 10.1177/014860710202600117.
- [15] Herndon DN. Total burn care[J]. J Intensive Care Med, 2010, 12(2): 110-111. DOI: 10.1111/j.1525-1489.1997.00110.pp.x.
- [16] Deitch EA. Nutritional support of the burn patient[J]. Crit Care Clin, 1995, 11(3): 735-750. DOI:10.1016/S0749-0704(18)30062-9.
- [17] Lam YY, Ravussin E. Indirect calorimetry: an indispensable tool

- to understand and predict obesity [J]. *Eur J Clin Nutr*, 2017, 71 (3): 318–322. DOI: 10.1038/ejcn.2016.220.
- [14] Westerterp KR. Food quotient, respiratory quotient, and energy balance [J]. *Am J Clin Nutr*, 1993, 57 (5 Suppl): 759S–764S. DOI: 10.1093/ajcn/57.5.759S.
- [15] Nielson CB, Duethman NC, Howard JM, et al. Burns: Pathophysiology of Systemic Complications and Current Management [J]. *J Burn Care Res*, 2017, 38 (1): e469–e481. DOI: 10.1097/BCR.0000000000000355.
- [16] Herndon DN, Tompkins RG. Support of the metabolic response to burn injury [J]. *Lancet*, 2004, 363 (9424): 1895–1902. DOI: 10.1016/S0140-6736(04)16360-5.
- [17] 王春城, 唐宇菲, 张玥, 等. 疏辛酸对烧伤家兔炎症介质和氧化应激的影响 [J]. *中国临床药理学杂志*, 2018, 34 (21): 2526–2528. DOI: 10.13699/j.cnki.1001-6821.2018.21.012.
- Wang CC, Tang YF, Zhang Y, et al. Effect of lipoic acid on inflammatory mediators in burn rabbits during stress period [J]. *Chin J Clin Pharmacol*, 2018, 34 (21): 2526–2528. DOI: 10.13699/j.cnki.1001-6821.2018.21.012.
- [18] Williams FN, Herndon DN, Jeschke MG. The hypermetabolic response to burn injury and interventions to modify this response [J]. *Clin Plast Surg*, 2009, 36 (4): 583–596. DOI: 10.1016/j.cps.2009.05.001.
- [19] Jeschke MG, Chinkes DL, Finnerty CC, et al. Pathophysiologic response to severe burn injury [J]. *Ann Surg*, 2008, 248 (3): 387–401. DOI: 10.1097/SLA.0b013e3181856241.
- [20] 邓婕. 危重症患儿营养支持研究进展 [J]. *中国当代儿科杂志*, 2018, 20 (12): 1075–1079. DOI: 10.7499/j.issn.1008-8830.2018.12.018.
- Deng J. Research advances in nutritional support for critically ill children [J]. *Chin J Contemp Pediatr*, 2018, 20 (12): 1075–1079. DOI: 10.7499/j.issn.1008-8830.2018.12.018.
- [21] Stoecklin P, Delodder F, Pantet O, et al. Moderate glycemic control safe in critically ill adult burn patients: a 15 year cohort study [J]. *Burns*, 2016, 42 (1): 63–70. DOI: 10.1016/j.burns.2015.10.025.
- [22] 乔涌起, 葛文颀, 郑潇濠, 等. 不同营养支持方式对胃癌患者术后恢复的影响 [J]. *中华肿瘤杂志*, 2019, 41 (5): 378–383. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253?3766.2019.05.011.
- Qiao YQ, Ge WD, Zheng XH, et al. Analysis of the effects of different nutritional support methods on postoperative recovery in patients with gastric cancer [J]. *Chin J Oncol*, 2019, 41 (5): 378–383. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253?3766.2019.05.011.
- [23] Wang SL. How to evaluate energy requirement of burn patients—a question still needs farther investigation [J]. *Chin J Burns*, 2009, 24 (6): 407–409.
- [24] 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. DOI: 10.1016/j.clnu.2018.04.020.
- [25] 张存海, 李成恩, 卞月梅. 间接能量代谢测定与Harris-Benedict公式预算重症昏迷患者静息能量消耗对预后的影响 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2019, 26 (1): 76–78. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.01.021.
- Zhang CH, Li CE, Bian YM. The effect of resting energy expenditure on the prognosis of patients with severe coma determined by the indirect energy metabolism measurement and Harris-Benedict budget formula [J]. *Chin J TCM WM Crit Care*, 2019, 26 (1): 76–78. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.01.021.
- [26] Peng X, Wang K, Zhang Y, et al. Establishment and assessment of new formulas for energy consumption estimation in adult burn patients [J]. *PLoS ONE*, 2014, 9 (10): e110409. DOI: 10.1371/journal.pone.0110409.
- [27] Stanojeic M, Abdullahi A, Rehoul S, et al. Pathophysiological response to burn injury in adults [J]. *Ann Surg*, 2018, 267 (3): 576–584. DOI: 10.1097/SLA.0000000000002097.
- [28] Ahmad A, Herndon DN, Szabo C. Oxandrolone protects against the development of multiorgan failure, modulates the systemic inflammatory response and promotes wound healing during burn injury [J]. *Burns*, 2019, 45 (3): 671–681. DOI: 10.1016/j.burns.2018.10.006.
- [29] Shafik S, Mallick S, Fogel J, et al. The utility of systemic inflammatory response syndrome (SIRS) for diagnosing sepsis in the immediate postpartum period [J]. *J Infect Public Health*, 2019, 12 (6): 799–802. DOI: 10.1016/j.jiph.2019.04.003.
- [30] Rae L, Fidler P, Gibran N. The physiologic basis of burn shock and the need for aggressive fluid resuscitation [J]. *Crit Care Clin*, 2016, 32 (4): 491–505. DOI: 10.1016/j.ccc.2016.06.001.
- [31] Cowan FM, Broomfield CA, Lenz DE, et al. Putative role of proteolysis and inflammatory response in the toxicity of nerve and blister chemical warfare agents: implications for multi-threat medical countermeasures [J]. *J Appl Toxicol*, 2003, 23 (3): 177–186. DOI: 10.1002/jat.901.
- [32] Yu YM, Tompkins RG, Ryan CM, et al. The metabolic basis of the increase of the increase in energy expenditure in severely burned patients [J]. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*, 1999, 23 (3): 160–168. DOI: 10.1177/0148607199023003160.
- [33] Jeschke MG, Chinkes DL, Finnerty CC, et al. Pathophysiologic response to severe burn injury [J]. *Ann Surg*, 2008, 248 (3): 387–401. DOI: 10.1097/SLA.0b013e3181856241.
- [34] Liusuwan MRA, Palmieri TL, Greenhalgh DG. The respiratory quotient has little value in evaluating the state of feeding in burn patients [J]. *J Burn Care Res*, 2008, 29 (4): 655–659. DOI: 10.1097/BCR.0b013e3181817db9e3.
- [35] Clark A, Imran J, Madni T, et al. Nutrition and metabolism in burn patients [J]. *Burns Trauma*, 2017, 5: 11. DOI: 10.1186/s41038-017-0076-x.
- [36] Vijfhuizen S, Verburg M, Marino L, et al. An evaluation of nutritional practice in a paediatric burns unit [J]. *S Afr Med J*, 2010, 100 (6): 383–386. DOI: 10.7196/samj.3628.
- [37] Joosten K, van Puffelen E, Verbruggen S. Optimal nutrition in the paediatric ICU [J]. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 2016, 19 (2): 131–137. DOI: 10.1097/MCO.0000000000000258.
- [38] Holt B, Graves C, Faraklas I, et al. Compliance with nutrition support guidelines in acutely burned patients [J]. *Burns*, 2012, 38 (5): 645–649. DOI: 10.1016/j.burns.2011.12.002.
- [39] Masters B, Wood F. Nutrition support in burns: is there consistency in practice? [J]. *J Burn Care Res*, 2008, 29 (4): 561–571. DOI: 10.1097/BCR.0b013e31817db85f.
- [40] Bento-Silva A, Koistinen VM, Mena P, et al. Factors affecting intake, metabolism and health benefits of phenolic acids: do we understand individual variability? [EB/OL]. *Eur J Nutr*, 2019 (2019-04-16) [2019-02-14]. <https://doi.org/10.1007/s00394-019-01987-6>.
- [41] 秦启红, 钮丹叶, 刘军, 等. 代谢车在重度烧伤病人能量代谢测定中的应用 [J]. *肠外与肠内营养*, 2016, 23 (6): 332–335. DOI: 10.16151/j.1007-810x.2016.06.004.
- Qin QH, Niu DY, Liu J, et al. Metabolic cart for measuring the energy metabolism in severely burned patients [J]. *Parenter Enteral Nutr*, 2016, 23 (6): 332–335. DOI: 10.16151/j.1007-810x.2016.06.004.
- [42] Yang Q, Vijayakumar A, Kahn BB. Metabolites as regulators of insulin sensitivity and metabolism [J]. *Nat Rev Mol Cell Biol*, 2018, 19 (10): 654–672. DOI: 10.1038/s41580-018-0044-8.
- [43] 曹丽萍, 邓诗琳. 烧伤病人能量消耗实际测量的研究 [J]. *肠外与肠内营养*, 1995, 2 (3): 165–168. DOI: CNKI:SUN:CWCN.0.1995-03-004.
- Cao LP, Deng SL. Study on the actual measurement of energy consumption in burn patients [J]. *Parenter Enteral Nutr*, 1995, 2 (3): 165–168. DOI: CNKI:SUN:CWCN.0.1995-03-004.

(收稿日期: 2019-09-10)