

Variabilidade diária do gasto energético de repouso em pacientes com lesão renal aguda em tratamento dialítico

Daily variability of resting energy expenditure in acute kidney injury patients on dialysis

Autores

Cassiana Regina de Góes¹

Ana Claudia Soncini Sanches¹

André Balbi¹

Daniela Ponce¹

¹ Universidade Estadual Paulista.

Data de submissão: 26/4/2016.

Data de aprovação: 14/10/2016.

Correspondência para:

Cassiana Regina de Góes.
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina de Botucatu.
Av Paranapanema, nº 165, Bairro Braz II, Avaré, SP, Brasil.
CEP: 18701-240
E-mail: cassiana.goes@yahoo.com.br

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

DOI: 10.5935/0101-2800.2017003

RESUMO

Introdução: É imprescindível a correta estimativa do gasto energético de repouso (GER), que pode apresentar considerável variação diária no paciente crítico com lesão renal aguda (LRA). **Objetivo:** Avaliar a variabilidade diária do GER medido por calorimetria indireta (CI) em pacientes com LRA e indicação dialítica e identificar as variáveis clínicas associadas ao GER. **Métodos:** O GER foi medido no dia da indicação do procedimento dialítico e nos quatro dias subsequentes. Também foram avaliados parâmetros que podem influenciar o GER. As diferenças diárias foram analisadas pelo modelo linear generalizado para medidas repetidas, com distribuição gama, além da correlação de Spearman e regressão linear múltipla. **Resultados:** Foram 301 medidas de CI realizadas em 114 pacientes, com idade de $60,65 \pm 16,9$ anos e 68,4% do sexo masculino. O GER médio foi de 2081 ± 645 Kcal, com aumento no dia 5 (2270 ± 556 Kcal), quando comparado aos dias 2 e 3 (2022 ± 754 ; 2022 ± 660 kcal, respectivamente, $p = 0,04$); quando normalizado para peso, não houve diferença significativa no GER (kcal/kg/dia) durante o acompanhamento. GER correlacionou-se positivamente com temperatura corporal, contagem total de leucócitos, proteína C reativa, volume minuto (VM), fração inspirada de oxigênio (FiO_2), aparecimento de nitrogênio ureico (UNA), peso corporal e estatura e inversamente com idade. Após a regressão linear múltipla, somente VM, FiO_2 e peso corporal e idade se correlacionaram independentemente. **Conclusão:** Pacientes com LRA dialíticos apresentam GER estável. O GER foi associado independentemente com FiO_2 , VM, peso e idade. Assim, requisitos ventilatórios precisam ser avaliados diariamente para que alterações necessárias na prescrição dietética sejam feitas.

Palavras-chave: consumo de energia; lesão renal aguda; metabolismo energético.

ABSTRACT

Introduction: It is needed for nutrition prescription correct estimate of resting energy expenditure (REE), which is a challenge given the possible daily variation in critically ill patients with acute kidney injury (AKI). **Objective:** To evaluate the daily variability of REE measured by indirect calorimetry (IC) in patients with AKI and dialysis indication and identify clinical variables associated with REE. **Methods:** The REE was measured on the time of dialysis indication and the subsequent four days. We also evaluated parameters that can influence the REE. The daily differences were analyzed by generalized linear model for repeated measures. We also used Spearman correlation and multiple linear regression. **Results:** There were 301 IC measurements in 114 patients, mean age of 60.65 ± 16.9 years and 68.4% were male. The average REE was 2081 ± 645 kcal, rising on day 5 (2270 ± 556 kcal) compared to the days 2 and 3 (2022 ± 754 ; 2022 ± 660 kcal, respectively, $p = 0,04$). When normalized to weight, there was no significant difference in REE (kcal/kg/day) during follow-up. REE was positively correlated with total leukocyte count, C-reactive protein, minute volume (MV), fraction of inspired oxygen (FiO_2) urea nitrogen appearance (UNA), weight and height and inversely with age. After multiple regression, MV, FiO_2 , weight and age are correlated independently with REE. **Conclusion:** Patients with AKI have REE stable. The REE was associated independently with FiO_2 , MV, body weight and age. Thus, ventilatory parameters should be evaluated each day for the necessary dietary changes may be made.

Keywords: acute kidney injury; energy consumption; energy metabolism.

INTRODUÇÃO

A lesão renal aguda (LRA) é definida como queda abrupta na taxa de filtração glomerular (TFG), resultando em aumento das escórias nitrogenadas, distúrbios no equilíbrio ácido-base, de fluidos e de eletrólitos.¹ A LRA é complicação comum em pacientes hospitalizados, e pode acometer 10% a 30% dos pacientes admitidos em unidades de terapia intensiva (UTI). Aproximadamente 5% desses pacientes necessitaram de terapia de substituição renal (TSR).²

Em UTI, a LRA geralmente desenvolve-se no contexto da falência de múltiplos órgãos. A terapia nutricional nesses pacientes tem a finalidade de reverter ou atenuar os efeitos negativos do catabolismo e do hipermetabolismo associados a essas doenças agudas. A base de suporte nutricional é preservar a massa magra corporal e a função imunológica, além de prevenir as complicações relacionadas à sub e superalimentação.

Dessa forma, o apoio nutricional adequado é essencial na estratégia terapêutica tanto da LRA como da insuficiência de múltiplos órgãos e sistemas. Além disso, quando a TSR é necessária, deve ser cuidadosamente ajustado a ela, visto as perturbações metabólicas características e os efeitos da TSR no balanço de nutrientes.³

Para a prescrição do melhor aporte nutricional, é imprescindível a correta estimativa das necessidades nutricionais e a calorimetria indireta (CI) é considerada o padrão ouro para medida do gasto energético (GE) em pacientes críticos.⁴

Entretanto, muitos fatores podem alterar o GE em pacientes em UTI, como dor, medicamentos, temperatura corporal, dieta, ritmo cardíaco, entre outros.⁵ Somado a esses fatores, pacientes com LRA grave também podem ter seu GE alterado devido à perda da função homeostática renal e aos efeitos adversos da TSR escolhida.^{1,3} Assim, somente uma medida de GE isolada pode não caracterizar a correta necessidade energética do paciente.

Estudos com pacientes críticos observaram variação do GE diário entre 4% e 56%, e que pacientes mais estáveis clinicamente apresentavam menor variabilidade.⁶⁻⁸ Em pacientes com LRA, poucos estudos avaliaram o GE por CI e somente um estudo avaliou, longitudinalmente, GE de repouso em pacientes críticos, mecanicamente ventilados com LRA em TSR contínua.

Os autores mostraram que o gasto energético de repouso (GER) medido no primeiro dia foi de $2153 \pm$

380 Kcal e houve aumento de 56 ± 24 cal/d durante o período de estudo de 6 dias, com GER no final de 2431 ± 498 Kcal ($p < 0,0001$).⁹ Entretanto, nesse estudo, a CI foi feita em pacientes durante a TSR e os *guidelines* de uso de CI contraindicam esse momento para a medida do GE, devido a possíveis interferências do procedimento dialítico nas trocas gasosas, o que levaria a erros na medida de GE pela CI.^{5,10,11}

O presente estudo tem como objetivo avaliar a variabilidade diária do GER medido por CI em pacientes com LRA e indicação dialítica e identificar as variáveis clínicas associadas ao GER.

MÉTODOS

Estudo tipo coorte prospectivo que avaliou pacientes maiores de 18 anos, de março de 2013 a dezembro de 2015.

PACIENTES

Foram incluídos pacientes admitidos em UTI com diagnóstico de LRA de acordo com os critérios do KDIGO,¹² quadro clínico sugestivo de Necrose Tubular Aguda (NTA) e necessidade de TRS (estágio 3), e mecanicamente ventilados.

Foram excluídos pacientes que apresentavam LRA de outras etiologias, transplantados renais ou com doença renal crônica estádios 4 e 5 (Taxa de Filtração Glomerular - TFG - < 30 ml/min estimada pelo *Modification of Diet in Renal Disease - MDRD*,¹³ considerando para o cálculo a creatinina basal do paciente, definida como o valor de creatinina sérica obtido mais recentemente antes da internação, não antecedendo 12 meses da hospitalização. Se esse valor for desconhecido ou obtido 12 meses antes da internação, foi considerada creatinina basal o menor valor observado durante o acompanhamento).¹⁴

Também foram critérios de exclusão fração inspirada de O_2 (FiO_2) maior que 0,60; pressão positiva expiratória final (PEEP) > 10 cm H_2O ; pressão máxima das vias aéreas > 60 cm de H_2O ; presença de agitação; uso bloqueadores neuromusculares; vazamento de ar no circuito do ventilador, ao redor do *cuff* do tubo endotraqueal, ou a partir de uma fístula broncopleural, devido a esses fatores levarem a imprecisão na medida de GER pela CI.

Os pacientes tiveram CI realizada diariamente. O protocolo foi iniciado no dia da indicação dialítica, sendo a primeira medida de GER feita antes do início da terapia. O paciente foi acompanhado por mais quatro dias consecutivos, e as CI diárias eram feitas antes do início do procedimento dialítico

diário. Assim, os pacientes foram acompanhados por, no máximo, cinco dias consecutivos, ou menos, se suspensão da diálise por recuperação da função renal ou óbito.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição (protocolo 4383/2012). O Termo de Consentimento foi assinado pelo responsável legal do participante antes da entrada em estudo.

MEDIDA DE GASTO ENERGÉTICO

O gasto energético de repouso (GER) é medido devido à impossibilidade de conseguir as condições para medir o GE basal de pacientes críticos. Para garantir a medida do GER, o paciente necessitava estar em posição supina e em repouso durante pelo menos 30 minutos antes da medição; em ambiente de termoneutralidade (22-25°C) durante pelo menos 30 minutos antes e durante a medição; não ter usado analgésicos e sedativos adicionais dentro de 30 minutos do início da CI; sem procedimentos dentro de 60 minutos do início da CI; sem anestesia geral no prazo de 8 horas do início da CI; e a nutrição parenteral e/ou enteral continuada durante o período de coleta de dados.

CI foi realizada utilizando o aparelho Quark RMR (Cosmed, Roma, Itália). O Quark RMR é projetado para medir com precisão e instantaneamente as necessidades energéticas de pacientes respirando espontaneamente ou mecanicamente. Para nosso estudo, o calorímetro foi utilizado ligado ao ventilador mecânico do paciente, com conectores na saída exalatória do ventilador e no circuito respiratório: dessa forma, torna-se possível coletar tanto gases inspirados quanto expirados. O aparelho tem sensor de oxigênio paramagnético para medir as concentrações de oxigênio e analisadores baseados na absorção de infravermelho para medições de dióxido de carbono.

O calorímetro foi calibrado antes de cada utilização. O exame tinha duração média de 30 minutos. Desejava-se que os pacientes alcançassem o estado de equilíbrio durante o teste. O estado de equilíbrio foi definido como uma variabilidade de < 10% nas medições de consumo de oxigênio (VO_2) e produção de dióxido de carbono (VCO_2), e < 5% no quociente respiratório de minuto a minuto.

Além do GER medido, foi estimado o GE basal (GEB), pela fórmula de Harris e Benedict.¹⁵ Para o cálculo da equação a estatura (cm) do paciente, foi medida na admissão na UTI, quando possível, ou

foi usado o valor documentado no registro médico. O peso (kg) foi medido usando camas hospitalares calibradas, na admissão, na maioria dos pacientes. Se o paciente apresentava edema no momento da medida, de acordo com a avaliação médica, o peso habitual do paciente foi perguntado aos familiares, e usado como peso real para fórmula.

Também foram avaliados parâmetros que podem influenciar o GER, como ventilatórios (volume minuto, frequência respiratória, PEEP, FIO_2), droga vasoativa e temperatura corporal.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram descritos por mediana e intervalo interquartil ou média e desvio padrão. As diferenças diárias nos parâmetros estudados foram analisadas pelo modelo linear generalizado para medidas repetidas, com distribuição gama.

Para avaliar os parâmetros que se correlacionavam com o GER, e que poderiam influenciar em sua variabilidade diária, todas as medidas de GER, parâmetros clínicos, laboratoriais, ventilatórios e marcadores de catabolismo efetuadas durante o acompanhamento foram utilizadas. Foi utilizado primeiramente o teste de correlação univariado de Spearman, e as variáveis com p significativo foram colocadas na regressão linear múltipla para analisar qual se associava independentemente com GER.

Variáveis com distribuição assimétrica foram transformadas pela função log para inclusão na análise multivariada. A colinearidade das variáveis predictoras foi testada pela tolerância (*Tolerance*) e o Fator de Inflação da Variância (*VIF*), e se a tolerância for < 0,1 e/ou o *VIF* > 4, então uma delas foi retirada dos modelos multivariados.

Foi adotado como estatisticamente significativo p < 0,05.

RESULTADOS

Foram avaliados 114 pacientes, com média de idade de $60,65 \pm 16,9$ anos e 68,4% do sexo masculino. Os diagnósticos de sepse e doença cardiovascular (DCV) foram responsáveis por 79,8% das internações. A etiologia da LRA foi associada à sepse na maioria dos pacientes (81,6%). O índice prognóstico específico para NTA (ATN-ISS) foi $0,64 \pm 0,18$. O GEB estimado pela fórmula de Harris-Benedict foi em média 1540 ± 346 Kcal, enquanto o GER medido pela CI no dia 1 foi significativamente maior (2061 ± 700 Kcal,

$p < 0,001$). A Tabela 1 mostra as características clínicas da população geral estudada, no momento da indicação da diálise.

TABELA 1 CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS DA POPULAÇÃO COM LRA

Parâmetros	
Idade (anos)	60,6 ± 16,9
Sexo Masculino (%)	78(68,4)
LRA (%)	
associada a sepse	93 (81,6)
isquêmica	13 (11,4)
nefrotóxica	6(5,3)
mista	2 (1,8)
ATN-ISS	0,64 ± 0,18
GEB (Kcal)	1540 ± 346
Raça (%)	
Branca	98(86)
Parda	5 (4,4)
Negra	11 (9,6)
Peso (kg)	77,6 ± 22,4
Diagnóstico principal:	
DCV	35(30,7)
Sepse, sepse grave, choque	56 (49,1)
Neoplasia	9(7,9)
Hepatopatias	8 (7)
Trauma	6 (5,3)
Óbito	73 (63)

Valores mostrados em frequência, média e desvio padrão ou mediana e intervalo interquartil. DCV: doença cardiovascular; LRA: lesão renal aguda; ATN-ISS: Escore de Severidade Individual na Necrose Tubular Aguda; GEB: Gasto energético Basal.

Foram realizadas 301 medidas de CI. Setenta e seis pacientes completaram dois dias de avaliação, 53 três dias e 35 quatro dias. Somente 24 pacientes obtiveram cinco medidas de CI em dias consecutivos. A saída desses pacientes do estudo foi pela suspensão do procedimento dialítico, por recuperação da função renal ou óbito. Desses, 73 pacientes deixaram o estudo devido a óbito (63%).

O GER médio medido pela CI foi de 2081 ± 645 Kcal (27,7 ± 10kcal/Kg/dia). Houve aumento do GER no dia 5 (2270 ± 556 Kcal), quando comparado aos dias 2 e 3 (2022 ± 754; 2022 ± 660 kcal, respectivamente, $p = 0,04$), somente quando observado o GER total (kcal/dia). Quando normalizado pelo peso, não houve diferença significativa durante os dias de acompanhamento.

As variáveis dose de droga vasoativa (DVA), ventilação minuto (VM) e temperatura corporal

mantiveram-se constantes durante o acompanhamento. Houve diminuição significativa dos níveis de ureia e creatinina séricas a partir do dia 3. Fração inspirada de oxigênio (FiO₂) e proteína C reativa (PCR) também diminuíram no dia 5, quando comparado aos dias 1 e 2 ($p < 0,05$), enquanto houve aumento dos parâmetros balanço nitrogenado (BN) e frequência respiratória (FR) nos dias 4 e 5 quando comparado aos dias 1 e 2.

A porcentagem de aumento (ou diminuição) do GER foi calculada para observar a variabilidade média no GE de um dia para o outro. Esse cálculo foi feito subtraindo o GER do dia de interesse pelo GER do dia anterior e dividindo essa diferença pelo GER do dia anterior, vezes 100 (porcentagem). Essa variabilidade teve a mediana de 0,44% (-14, 14).

A Tabela 2 apresenta a evolução dos parâmetros clínicos e laboratoriais durante os 5 dias de acompanhamento.

Foram feitas correlações do GER com parâmetros clínicos (temperatura e dose de DVA), laboratoriais [ureia e creatinina séricas, contagem total de leucócitos (CTL) e PCR], ventilatórios (VM e FiO₂) e de catabolismo (BN e aparecimento de nitrogênio ureico-UNA). As correlações são apresentadas na Tabela 3. O GER se correlacionou de forma positiva e significativa com temperatura corporal, CTL, PCR, VM, FiO₂ e UNA, peso e estatura e inversamente com BN e idade.

Após a regressão linear múltipla, somente VM, FiO₂, peso corporal e idade se correlacionaram independentemente com GER. O resultado da regressão está na Tabela 4.

DISCUSSÃO

Avaliação do dispêndio energético de pacientes com LRA é escassa na literatura. Nosso estudo observou que o GE basal estimado pela fórmula de Harris e Benedict¹⁵ foi significativamente menor do que o medido pela CI. Esse achado corrobora indicação de não se utilizar essa fórmula em pacientes críticos,^{7,16-18} e em paciente com LRA.¹⁹

A melhor maneira para se avaliar as necessidades energéticas de pacientes críticos com LRA é por meio da CI.¹⁹ No presente estudo houve aumento do GER, medido pela CI, no quinto dia de acompanhamento, comparado com os dias 2 e 3. Porém, esse aumento significativo foi visto somente no GER sem a normalização para o peso. Quando normalizado (kcal/kg/dia), não apresentou diferença significativa durante o acompanhamento.

TABELA 2 EVOLUÇÃO DOS PARÂMETROS CLÍNICOS E LABORATORIAIS DE PACIENTES COM LESÃO RENAL AGUDA DIALÍTICA DURANTE 5 DIAS

	Dia 1 N = 114	Dia 2 N = 76	Dia 3 N = 52	Dia 4 N = 35	Dia 5 N = 24
GER (Kcal)	2061 ± 700	2022 ± 754 ^a	2022 ± 660 ^a	2150 ± 539	2270 ± 556
GER (Kcal/Kg/d)	27,9 ± 10,4	26,6 ± 10,6	26,6 ± 9,6	29,2 ± 8,9	30,4 ± 8,3
Variabilidade do GER (%)		-5 (-16, 7).	-1,6 (-10, 12).	0 (-11, 17).	8 (-13, 25).
DVA (mcg/Kg/min)	0,18 (0,06-0,58)	0,1 (0-0,28)	0,04 (0-0,19)	0,06 (0-0,33)	0 (0-0,19)
VM	8,5 ± 2,6	8,3 ± 2,4	9,1 ± 2,6	8,8 ± 2,7	9 ± 3,6
Freq. (resp/min)	16 ± 4	16 ± 5	18 ± 5,5 ^{a,b}	18 ± 6 ^b	19 ± 6 ^b
PEEP	6 ± 2	6 ± 2	6 ± 2	6 ± 1	6 ± 1
FIO ₂	40 ± 11,3 ^a	40 ± 12 ^a	37,5 ± 10 ^c	37,6 ± 9,1	34,2 ± 10
Temperatura (°C)	37,7 ± 0,95	37,5 ± 0,8	37,6 ± 0,9	37,6 ± 0,83	37,8 ± 1
Ureia (mg/dl)	178 ± 79	160 ± 63 ^b	142 ± 51 ^{b,c}	131,4 ± 46,4 ^{b,c}	143 ± 68,7 ^b
CTL (mm ³)	17050 (12300-22400) ^d	17600 (10600-25500) ^d	17800 (13700-26100) ^d	22300 (14800- 29300)	16900 (12500- 22600)
PCR (mg/dl)	27,3 (11- 35,3)	25,2 (7,8-31)	23 (6,7-31) ^b	26,7 (7,4-36,7)	19,3 (6,6-37,3) ^b
BN (g/dia)	-5,51 (-14,12;-0,68)	-7,74 (-18,13; -1,63)	-6,1 (-11,7; 3,1)	-1,27 (-5,8; 1,98) ^b	-0,81 (-7,98; 3,12) ^b
UNA (g/dia)	13,65 (7,56; 19,12)	18 (9,87; 24,6) ^b	14,24 (8,6; 22,5)	15,6 (9,5; 23,3)	14,13 (9,93; 20)

Valores mostrados em frequência, média e desvio padrão ou mediana e intervalo interquartil. GER: Gasto energético de repouso; DVA: droga vasoativa; FIO₂: fração inspirada de oxigênio; Vm: volume minuto; Freq: frequência respiratória; PEEP: pressão positiva expiratória final; Creat: creatinina sérica; CTL: Contagem total de leucócitos; PCR: proteína C reativa; BN: balanço nitrogenado; UMA: Aparecimento de nitrogênio ureico. Variabilidade do GER foi calculada como: (GER dia que quero avaliar - GER dia anterior)/GER dia anterior. ^a $p > 0,05$ quando comparado com o dia 5; ^b $p < 0,05$ quando comparado com dia 1; ^c $p < 0,05$ quando comparado com dia 2; ^d $p < 0,05$ quando comparado com dia 4.

Aumento do GER foi observado por Scheinkestel *et al.*⁹ em pacientes em TSRC e o valor médio do GER nos pacientes desse estudo também foi próximo ao do presente estudo (2153 ± 380 Kcal e 2081 ± 645 Kcal, respectivamente). Apesar dessa semelhança no GE, nosso estudo avaliou os pacientes no momento não dialítico, como recomendado pelos *guidelines* para uso de CI.^{5,20,21}

Essa recomendação é devido ao fato de que durante a diálise pode ocorrer a correção da acidose metabólica e remoção do CO₂,²²⁻²⁴ resultando em subestimação do GE. Além disso, TSRC podem também levar a uma redução na temperatura corporal e diminuir o GER.²⁵ Assim, a comparação entre esses dois estudos pode ficar prejudicada.

Koukiasa *et al.*,²⁶ ao avaliar pacientes críticos com hemorragia intracraniana não sépticos, também observaram elevação do GER durante o acompanhamento, no sétimo dia de estudo. Normalmente, esse aumento do GE é visto em pacientes críticos em UTI. O pico da taxa metabólica é atingido durante a segunda semana pós-admissão,

e algumas explicações para isso são complicações ou interrupção da sedação. O aumento visto por Koukiasa *et al.*²⁶ no GE pode ser explicado, parcialmente, pela elevação da temperatura corporal.

No presente estudo não houve alteração na temperatura corporal durante o acompanhamento. Somente parâmetros ventilatórios como FR e FiO₂ alteraram no dia 5, em comparação com os dias iniciais.

A variabilidade diária do GER em nosso estudo foi de 0,44 % (-14, 14). A variabilidade na literatura se mostrou maior. Reid⁷ obteve uma variabilidade diária de 31,7 ± 22,6% e Weissman *et al.*⁶ registraram variabilidade média de 21 ± 16%. Ambos foram estudos com pacientes críticos em UTI. Avaliando pacientes com falência intestinal em uso de parenteral domiciliar, Ławiński *et al.*²⁷ encontraram variabilidade mais próxima à de nosso estudo (8% ± 7%) quando avaliaram duas medidas de GER.

Essa diferença na variabilidade vista nos estudos em UTI pode ser devido à heterogeneidade da população estudada, visto que o GE pode ser alterado por vários

TABELA 3 ASSOCIAÇÃO UNIVARIADA ENTRE O GASTO ENERGÉTICO DE REPOUSO E PARÂMETROS CLÍNICOS, LABORATORIAIS, VENTILATÓRIO E NUTRICIONAIS DE PACIENTES COM LESÃO RENAL AGUDA DIALÍTICA (N = 301).

Coefficiente de correlação de Spearman com GER		<i>p</i>
DVA	0,009	0,883
Vm	0,246	< 0,001
FiO ₂	0,183	0,001
Temperatura	0,167	0,004
UR	0,105	0,068
Creat	0,100	0,085
CTL	0,159	0,11
PCR	0,105	0,045
BN	-0,129	0,05
UMA	0,158	0,026
Peso	0,320	< 0,001
Estatura	0,158	0,006
Idade	-0,361	< 0,001

GER: Gasto energético de repouso; DVA: droga vasoativa; UR: ureia sérica; Creat: creatinina sérica; CTL: Contagem total de leucócitos; PCR: proteína C reativa; BN: balanço nitrogenado; UMA: Aparecimento de nitrogênio ureico; FiO₂: fração inspirada de oxigênio, Vm: volume minuto.

fatores, como a gravidade e curso da doença, sedação, ventilação mecânica, complicações infecciosas, déficit neurológico, entre outros.²⁶

No presente estudo, alguns parâmetros se correlacionaram com o GE, como temperatura corporal, CTL, PCR, VM, FiO₂, UNA, peso, estatura e idade e, após análise múltipla, a VM, a FiO₂, peso e idade se mantiveram associados independentemente com o GER medido pela CI.

Influências do VM e do FiO₂ são esperadas, visto que o cálculo do GER pela CI é feito a partir da

fórmula de Weir,²⁸ que leva em consideração o volume inspirado de O₂ (VO₂) e expirado de CO₂ (VCO₂). Para cálculo do VO₂ e do VCO₂ pela CI, as medidas necessárias são concentração (frações) inspiradas e expiradas de oxigênio (FIO₂, FEO₂), de dióxido de carbono (FICO₂, FEEO₂) e o volume de ar inspirado e expirado (VI, VE).²⁹

Quanto ao VM, seu aumento pode ser devido a aumento do volume de gás carbônico (VCO₂) durante o aumento do metabolismo, segundo Kiiski & Takala.³⁰ Já Kinney *et al.*³¹ mostraram que o aumento no VM não é proporcional à elevação na taxa metabólica. Além disso, é ainda possível que a febre, por si só, estimule o aumento do volume exalado, independentemente do aumento do consumo de oxigênio ou produção de CO₂. Apesar destes efeitos variáveis, existe uma relação linear entre o VM e a taxa metabólica em pacientes críticos.³²

É conhecida a relação linear entre peso e GER. Peso corporal e massa livre de gordura são duas variáveis que afetam diretamente o gasto energético. Mudanças no peso corporal (ganho e/ou perda) mostram relação direta com aumento ou redução do GER.^{33,34} Relação também é vista do GER com idade, porém uma correlação negativa.

O envelhecimento está associado com menor massa de alguns órgãos que contribuem para o metabolismo de energia e com mudanças na massa magra corporal (redução) e no tecido adiposo (aumento).³⁵ Estudos têm relatado um declínio progressivo no GER de cerca de 1-2% por década, e que este declínio é explicado em grande parte pelas mudanças da composição corporal.³⁶⁻³⁹ Além disso, também tem sido sugerido que o aparecimento destas alterações do GER pode depender do sexo, grau de adiposidade e de massa magra corporal.^{35,40}

TABELA 4 DETERMINANTES DO GASTO ENERGÉTICO DE REPOUSO EM PACIENTES COM LESÃO RENAL AGUDA (N = 301)

	Beta	Erro padrão	t	<i>p</i>	Tolerância	VIF
Vm (l/min)	51,776	19,119	2,708	0,008	0,925	1,081
FiO ₂ (%)	14,248	5,033	2,831	0,005	0,764	1,309
Temperatura (°C)	96,952	64,394	1,506	0,134	0,859	1,164
Peso (Kg)	5,504	2,608	2,111	0,036	0,761	1,314
Estatura (m)	-6,184	7,046	-0,878	0,382	0,671	1,491
Idade (Anos)	-15,127	3,142	-4,814	0,000	0,915	1,093
LnPCR	39,621	64,314	0,616	0,539	0,797	1,255
LnUNA	-25,165	71,799	-0,350	0,726	0,781	1,280
LnCLT	73,657	78,287	0,941	0,348	0,828	1,207

Vm: volume minuto; FiO₂: fração inspirada de oxigênio; LNCTL: logaritmo neperiano da contagem total de leucócitos; LnPCR: logaritmo neperiano da proteína C reativa; LnUNA: logaritmo neperiano do aparecimento de nitrogênio ureico.

O estudo apresenta algumas limitações. Primeiramente, foi realizado em um único centro, e apesar do número substancial de medidas de CI, somente 24 pacientes completaram os cinco dias de acompanhamento. Além disso, nosso estudo apresenta avaliação de uma população específica em UTI: pacientes com LRA em diálise, ou seja, seus resultados não podem ser extrapolados para todos os pacientes críticos ou todos os pacientes com LRA. Apesar dessas limitações, no nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo a avaliar a variabilidade do GER em pacientes com LRA, fora do momento dialítico.

Como conclusão, os pacientes com LRA dialítica apresentam pequena variabilidade do GER durante 5 dias de acompanhamento. O GER nesses pacientes foi associado independentemente e positivamente com FiO_2 , VM e peso e inversamente com idade. Assim, requisitos ventilatórios precisam ser avaliados diariamente para que alterações necessárias na prescrição dietética sejam feitas nesse paciente, a fim de evitar as conhecidas influências negativas da sub e hiperalimentação em pacientes críticos.

REFERÊNCIAS

- Krenitsky J, Rosner MH. Nutritional Support for Patients with Acute Kidney Injury: How Much Protein is Enough or Too Much? *Pract Gastroenterol* 2011;35:28-42.
- Uchino S, Kellum JA, Bellomo R, Doig GS, Morimatsu H, Morgera S, et al.; Beginning and Ending Supportive Therapy for the Kidney (BEST Kidney) Investigators. Acute renal failure in critically ill patients: a multinational, multicenter study. *JAMA* 2005;294:813-8. PMID: 16106006 DOI: <http://dx.doi.org/10.1001/jama.294.7.813>
- Fiaccadori E, Regolisti G, Cabassi A. Specific nutritional problems in acute kidney injury, treated with non-dialysis and dialytic modalities. *NDT Plus* 2010;3:1-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/ndtplus/sfp017>
- McClave SA, Taylor BE, Martindale RG, Warren MM, Johnson DR, Braunschweig C, et al.; 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.). *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2016;40:159-211.
- Schlein KM, Coulter SP. Best practices for determining resting energy expenditure in critically ill adults. *Nutr Clin Pract* 2014;29:44-55. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0884533613515002>
- Weissman C, Kemper M, Hyman AI. Variation in the resting metabolic rate of mechanically ventilated critically ill patients. *Anesth Analg* 1989;68:457-61. PMID: 2929978 DOI: <http://dx.doi.org/10.1213/00000539-198904000-00006>
- Reid CL. Poor agreement between continuous measurements of energy expenditure and routinely used prediction equations in intensive care unit patients. *Clin Nutr* 2007;26:649-57. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2007.02.003>
- Vermeij CG, Feenstra BW, van Lanschot JJ, Bruining HA. Day-to-day variability of energy expenditure in critically ill surgical patients. *Crit Care Med* 1989;17:623-6. PMID: 2736921 DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00003246-198907000-00005>
- Scheinkestel CD, Kar L, Marshall K, Bailey M, Davies A, Nyulasi I, et al. Prospective randomized trial to assess caloric and protein needs of critically ill, anuric, ventilated patients requiring continuous renal replacement therapy. *Nutrition* 2003;19:909-16. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0899-9007\(03\)00175-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0899-9007(03)00175-8)
- Haugen HA, Chan LN, Li F. Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. *Nutr Clin Pract* 2007;22:377-88. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0115426507022004377>
- Singer P, Singer J. Clinical Guide for the Use of Metabolic Carts: Indirect Calorimetry--No Longer the Orphan of Energy Estimation. *Nutr Clin Pract* 2016;31:30-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0884533615622536>
- Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Acute Kidney Injury Work Group. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney Inter Suppl* 2012;2:1-138.
- Levey AS, Bosch JP, Lewis JB, Greene T, Rogers N, Roth D. A more accurate method to estimate glomerular filtration rate from serum creatinine: a new prediction equation. Modification of Diet in Renal Disease Study Group. *Ann Intern Med* 1999;130:461-70. DOI: <http://dx.doi.org/10.7326/0003-4819-130-6-199903160-00002>
- Brito GA, Balbi AL, Abrão JM, Ponce D. Long-term outcome of patients followed by nephrologists after an acute tubular necrosis episode. *Int J Nephrol* 2012;2012:361528. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2012/361528>
- Harris JA, Benedict FG. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1918;4:370-3.
- Mettenfeld D, Hise M, Malone A, Russell M, Gradwell E, Compher C; Evidence Analysis Working Group. Prediction of resting metabolic rate in critically ill adult patients: results of a systematic review of the evidence. *J Am Diet Assoc* 2007;107:1552-61. PMID: 17761232 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jada.2007.06.010>
- Kross EK, Sena M, Schmidt K, Stapleton RD. A comparison of predictive equations of energy expenditure and measured energy expenditure in critically ill patients. *J Crit Care* 2012;27:321.e5-12. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrc.2011.07.084>
- Hickmann CE, Roeseler J, Castanares-Zapatero D, Herrera EI, Mongodin A, Laterre PF. Energy expenditure in the critically ill performing early physical therapy. *Intensive Care Med* 2014;40:548-55. PMID: 24477456 DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-014-3218-7>
- de Góes CR, Berbel-Bufarah MN, Sanches AC, Xavier PS, Balbi AL, Ponce D. Poor Agreement between Predictive Equations of Energy Expenditure and Measured Energy Expenditure in Critically Ill Acute Kidney Injury Patients. *Ann Nutr Metab* 2016;68:276-84. DOI: <http://dx.doi.org/10.1159/000446708>
- da Rocha EE, Alves VG, da Fonseca RB. Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2006;9:247-56. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/01.mco.0000222107.15548.f5>
- Lev S, Cohen J, Singer P. Indirect calorimetry measurements in the ventilated critically ill patient: facts and controversies--the heat is on. *Crit Care Clin* 2010;26(4):e1-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ccc.2010.08.001>
- Hunt JM, Chappell TR, Henrich WL, Rubin LJ. Gas exchange during dialysis. Contrasting mechanisms contributing to comparable alterations with acetate and bicarbonate buffers. *Am J Med* 1984;77:255-60. PMID: 6431811 DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0002-9343\(84\)90700-9](http://dx.doi.org/10.1016/0002-9343(84)90700-9)
- Symreng T, Flanigan MJ, Lim VS. Ventilatory and metabolic changes during high efficiency hemodialysis. *Kidney Int* 1992;41:1064-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/ki.1992.162>
- Carlson GC, Campfield PB, Goldiner PL, Turnbull AD. Hypoxemia during hemodialysis. *Crit Care Med* 1979;7:497-9. PMID: 487846 DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00003246-197911000-00004>
- Cadena M, Medel H, Rodriguez F, Flores P, Mariscal A, Franco M, et al. Isothermic vs thermoneutral hemodiafiltration evaluation by indirect calorimetry. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2008;2008:719-22.
- Koukiasa P, Bitzani M, Papaioannou V, Pnevmatikos I. Resting Energy Expenditure in Critically Ill Patients With Spontaneous Intracranial Hemorrhage. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2015;39:917-21. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0148607114539352>
- Ławiński M, Singer P, Gradowski Ł, Gradowska A, Bzikowska A, Majewska K. Predicted versus measured resting energy expenditure in patients requiring home parenteral nutrition. *Nutrition* 2015;31:1328-32. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nut.2015.05.002>

28. Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 1949;109:1-9. PMID: 15394301 DOI: <http://dx.doi.org/10.1113/jphysiol.1949.sp004363>
29. Branson RD, Johannigman JA. The measurement of energy expenditure. *Nutr Clin Pract* 2004;19:622-36. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0115426504019006622>
30. Kiiski R, Takala J. Hypermetabolism and efficiency of CO₂ removal in acute respiratory failure. *Chest* 1994;105:1198-203. PMID: 8162749 DOI: <http://dx.doi.org/10.1378/chest.105.4.1198>
31. Kinney JM, Askanazi J, Gump FE, Foster RJ, Hyman AI. Use of the ventilatory equivalent to separate hypermetabolism from increased dead space ventilation in the injured or septic patient. *J Trauma* 1980;20:111-9. PMID: 7354492 DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00005373-198002000-00001>
32. Frankenfield D. Validation of an equation for resting metabolic rate in older obese, critically ill patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2011;35:264-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0148607110377903>
33. Leibel RL, Rosenbaum M, Hirsch J. Changes in energy expenditure resulting from altered body weight. *N Engl J Med* 1995;332:621-8. PMID: 7632212 DOI: <http://dx.doi.org/10.1056/NEJM199503093321001>
34. Weinsier RL, Hunter GR, Zuckerman PA, Redden DT, Darnell BE, Larson DE, et al. Energy expenditure and free-living physical activity in black and white women: comparison before and after weight loss. *Am J Clin Nutr* 2000;71:1138-46. PMID: 10799376
35. Siervo M, Oggioni C, Lara J, Celis-Morales C, Mathers JC, Bazzucchi A, et al. Age-related changes in resting energy expenditure in normal weight, overweight and obese men and women. *Maturitas* 2015;80:406-13. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.maturitas.2014.12.023>
36. Roberts SB, Rosenberg I. Nutrition and aging: changes in the regulation of energy metabolism with aging. *Physiol Rev* 2006;86:651-67. DOI: <http://dx.doi.org/10.1152/physrev.00019.2005>
37. Krems C, Lührmann PM, Strassburg A, Hartmann B, Neuhäuser-Berthold M. Lower resting metabolic rate in the elderly may not be entirely due to changes in body composition. *Eur J Clin Nutr* 2005;59:255-62. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602066>
38. Alfonzo-González G, Doucet E, Bouchard C, Tremblay A. Greater than predicted decrease in resting energy expenditure with age: cross-sectional and longitudinal evidence. *Eur J Clin Nutr* 2006;60:18-24. PMID: 16151460 DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602262>
39. Cooper JA, Manini TM, Paton CM, Yamada Y, Everhart JE, Cummings S, et al. Longitudinal change in energy expenditure and effects on energy requirements of the elderly. *Nutr J* 2013;12:73. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1475-2891-12-73>
40. Manini TM. Energy expenditure and aging. *Ageing Res Rev* 2010;9:1-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arr.2009.08.002>