

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 30/08/2018.

Cassiana Regina de Góes

Avaliação do gasto energético de repouso e
identificação de fatores de risco para hiper e
hipometabolismo em pacientes com lesão renal aguda
submetidos a diferentes tipos de diálise

Tese apresentada à Faculdade de
Medicina, Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de
Doutora em Fisiopatologia em Clínica
Médica.

Orientadora: Profa. Dra Daniela Ponce.
Coorientador: Prof. Dr. André Luis Balbi

Botucatu
2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Góes, Cassiana Regina de.

Avaliação do gasto energético de repouso e identificação de fatores de risco para hiper e hipometabolismo em pacientes com lesão renal aguda submetidos a diferentes tipos de diálise / Cassiana Regina de Góes. - Botucatu, 2016

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina de Botucatu

Orientador: Daniela Ponce

Coorientador: André Luis Balbi

Capes: 40101134

1. Metabolismo energético. 2. Lesão Renal Aguda. 3. Calorimetria Indireta. 4. Diálise.

Palavras-chave: Calorimetria Indireta; Diálise; Lesão Renal Aguda; Metabolismo Energético.

Epigrafe



“I may not be the man I want to be; I may not be the man I ought to be;
I may not be the man I could be; I may not be the man I truly can be; but
praise God, I’m not the man I once was”
(Martin Luther King Jr)

Dedicatória

À minha família, meus pais, Maria José e José Aparecido, e minhas irmãs Lídiana e Juliana, meus maiores apoiadores, em todos os momentos da minha vida.

Sem vocês esse sonho não teria se tornado realidade, são minha calma, nos momentos de tormenta, minha torcida, nos momentos de triunfo, minha força nos momentos de fraqueza.

Minha rocha, meu porto seguro, meu exemplo...

Obrigado pelo amor incondicional e companheirismo!

Aos meus cunhados, Jonathan e Fábio, que vieram para completar a família, completar a alegria, e preencher de companheirismo e felicidade nossa vida. Obrigada por estarem sempre presentes e dispostos a ajudar em todos os momentos!

Essa vitória é nossa!

Amo demais vocês!!!

Agradecimentos Especiais

À minha orientadora Dra Daniela Ponce, companheira nessa caminhada da pós-graduação.

Minha formação, inclusive pessoal, não teria sido a mesma sem sua pessoa.

Sou muito grata pela sua confiança, apoio, dedicação, paciência, compreensão durante todos os anos de convívio.

Obrigada por ter me auxiliado a “concluir esse filho”, e alcançar mais esse objetivo!

Por ter aberto o mundo da pesquisa para mim, paixão que eu não sabia ter até então.

Vou ser sempre grata aos ensinamentos, profissionais e pessoais, que nossa convivência proporcionou.

Espero que tenha orgulho de sua primeira “doutora”!

Ao Dr André Luis Balbí, meu coorientador.

Por ter aberto a equipe da lesão renal aguda, família que me ajudou a realizar esse sonho.

Muito grata pelos ensinamentos, paciência e confiança depositada em mim.

À equipe da LRA do HC-FMB: Mariele, Bianca, Cristininha, Elza, Daniela, Vânia e Andréia, que foram minha família quando estava longe da minha! Apoiando e ajudando em todos os momentos.

Aprendi a trabalhar em equipe com vocês!

Esse projeto, e tantos outros, não aconteceriam sem a dedicação de vocês. Eternamente grata pelo aprendizado...

Eternamente grata pela amizade!

Agradecimientos

Em primeiro lugar, agradecer à Deus, pela força e coragem durante toda esta caminhada.

Às minhas grandes amigas, companheiras nessa jornada na pós-graduação: Barbara, Marcela, Mariana Cassani, Mariana Borges, Thayse, Viviana e Juliana. Não teria conseguido sem o apoio e força de vocês! Nossas aulas, happy hour, estatística, almoço conjunto, discussão de artigos, terapia comunitária, entre outros, tudo muito repleto de risadas e companheirismo, tornaram essa caminhada muito mais fácil e prazerosa de ser percorrida.

Amo vocês, queridas!

À Cibele, amiga e companheira, pela companhia em todas as noites/fins de semana de avaliação de pacientes! Por seu auxílio para desvendarmos os mistérios da calorimetria indireta! Não teria conseguido fazer esse trabalho se não fosse pelo seu companheirismo em todas as horas, não somente na vida profissional, mas principalmente na pessoal!

À equipe médica da unidade de Dialise HC-FMB, Dr Rogério, Dra Vanessa, Dra Vanessinha, Dr Gustavo, Dra Paula e Dr João Henrique pelos importantes ensinamentos.

Aos docentes Dr Pasqual Barreti e Dra Jaqueline Caramori, essenciais em minha formação. Muito grata pela importância que sempre deram à nutrição, e a valorização dos profissionais da equipe.

Às enfermeiras Marcela e Estela, as técnicas Diná, Edna, Bel, e as secretárias Ana Cláudia, Romilda e Janaina, sempre prontas a ajudar em todos os momentos.

Às nutricionistas da equipe da LRA, Marina, Patrícia e Ana Cláudia, pelo aprendizado e companhia.

A todos os residentes da nefrologia, pela cumplicidade, companheirismo, ajuda, compreensão e paciência que tiveram comigo e com meu "carrinho". Vocês têm grande participação nesse projeto!

CAPITULO I: ARTIGO DE REVISÃO “GASTO ENERGÉTICO DE REPOUSO NO PACIENTE COM LRA: USO DA CALORIMETRIA INDIRETA”	12
RESUMO	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 CALORIMETRIA INDIRETA: PRINCÍPIOS FISIOLÓGICOS.....	15
3 REALIZAÇÃO DO TESTE DE CI	17
4 INDICAÇÕES DA CI.....	18
5 CONTRAINDICAÇÕES E LIMITAÇÕES PARA O USO DA CI	20
6 INTERPRETAÇÃO DO GER MEDIDO PELA CI.....	22
7 GE E NECESSIDADE ENERGÉTICA EM PACIENTES CRÍTICOS COM LRA.....	23
8 CONCLUSÃO	25
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
 CAPITULO II: ARTIGO “INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MODALIDADES DIALÍTICAS NA MEDIDA DO GASTO ENERGÉTICO DE REPOUSO EM PACIENTES COM LESÃO RENAL AGUDA EM UTI31	
RESUMO	32
1 INTRODUÇÃO	33
2 METODOLOGIA	34
2.1 <i>Pacientes</i>	34
2.2 <i>Medida de gasto energético</i>	35
2.3 <i>Diálise</i>	35
2.4 <i>Análise estatística</i>	36
3 RESULTADOS.....	37
4 DISCUSSÃO	41
5 AGRADECIMENTOS.....	43
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
 CAPITULO III: ARTIGO “AVALIAÇÃO DOS FATORES ASSOCIADOS AO HIPER E HIPOMETABOLISMO EM PACIENTES COM LESÃO RENAL AGUDA GRAVE	47
RESUMO	48
1 INTRODUÇÃO	49
2 METODOLOGIA	50
2.1 <i>Pacientes</i>	50
2.2 <i>Medida de gasto energético</i>	51

2.3	<i>Categorização do metabolismo</i>	52
2.4	<i>Análise estatística</i>	52
3	RESULTADOS	53
4	DISCUSSÃO	59
5	AGRADECIMENTOS	63
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
CAPITULO IV: ARTIGO “VARIABILIDADE DIÁRIA DO GASTO ENERGÉTICO DE REPOUSO EM		
PACIENTES COM LESÃO RENAL AGUDA EM TRATAMENTO DIALÍTICO		69
	RESUMO	70
1	INTRODUÇÃO	71
2	METODOLOGIA	72
2.1	<i>Pacientes</i>	72
2.2	<i>Medida de gasto energético</i>	73
2.3	<i>Análise estatística</i>	74
3	RESULTADOS	74
4	DISCUSSÃO	78
5	AGRADECIMENTOS	80
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
APÊNDICE: ARTIGO PUBLICADO “POOR AGREEMENT BETWEEN PREDICTIVE EQUATIONS OF		
ENERGY EXPENDITURE AND MEASURED ENERGY EXPENDITURE IN CRITICALLY ILL AKI		
PATIENTS”		84
	ABSTRACT	85
1	INTRODUCTION	86
2	METHODS	87
3	RESULTS	90
4	DISCUSSION	95
5	REFERENCES	99

Capítulo I: Artigo de revisão “Gasto energético de repouso no paciente com LRA: uso da calorimetria indireta”

Resumo

O gasto energético (GE) de pacientes críticos é extremamente variável, dependendo da doença, sua gravidade e estado nutricional. A terapia nutricional adequada depende da capacidade da equipe de terapia nutricional de estimar o GE da maneira mais assertiva. A calorimetria indireta (CI) é considerada método padrão ouro para medida de GE em pacientes críticos. A lesão renal aguda (LRA) é uma complicação frequente em pacientes em unidade de terapia intensiva (UTI) e o estudo do GE nesses pacientes ainda é muito limitado. Este artigo tem como finalidade discutir o uso da CI, seus princípios, indicações e limitações, aplicação e interpretação nos pacientes com LRA em UTI.

1 Introdução

A LRA é frequente em UTI e reflete um largo espectro de apresentações clínicas que variam de leve aumento da creatinina sérica, até a lesão grave que pode resultar em perda permanente e completa de função renal. A LRA é definida como diminuição abrupta da taxa de filtração glomerular, com consequente retenção dos produtos nitrogenados e distúrbios hidroeletrólíticos e acidobásicos, diagnosticada por um aumento absoluto do valor da creatinina sérica de 0,3 mg/dl em 48 horas; ou relativo de 1,5 vezes o valor basal, conhecido ou presumidamente ocorrida em 7 dias; ou pela diminuição do volume urinário em $<0,5$ ml/ kg/h durante 6 horas (3).

A incidência global da LRA em UTI é de aproximadamente 20%, com mortalidade superior a 50% (4). Estudos observacionais encontraram associações entre desnutrição e aumento da morbidade e mortalidade nesses pacientes(5) e entre o déficit calórico acumulado e pior prognóstico renal e sobrevida de pacientes críticos (6,7).

O GE em pacientes criticamente doentes é extremamente variável, dependendo da doença, sua gravidade e estado nutricional. Estudos mostraram que a quantidade de energia fornecida impacta, indubitavelmente, no desfecho de pacientes críticos (1,2).

Quando a LRA é monofatorial e não complicada, ela parece não alterar o GE de repouso (GER), apesar do rim ser responsável por aproximadamente 10% do GER. O metabolismo na LRA não complicada, medido por calorimetria indireta (CI), raramente excede 1,3 vezes o GE de indivíduos saudáveis (8,9). Porém em pacientes críticos, a LRA raramente é monofatorial ou ocorre como falência do órgão isolado. Frequentemente, ela representa um componente da síndrome de insuficiência de múltiplos órgãos, que requer intervenção nutricional adequada como elemento fundamental da estratégia de tratamento (10).

A meta de energia ideal para pacientes críticos com LRA ainda não está definida, e os *guidelines* indicam o uso da CI para medir o GE em pacientes em UTI (11–13).

Em UTI existe a dificuldade de se medir o GE basal (GEB), pois são necessários, entre outros requisitos, que o indivíduo esteja totalmente desperto, deitado em silêncio, completamente relaxado e respirando normalmente. Por isso normalmente mede-se o gasto energético de repouso (GER), que é muito próximo do GEB, quando o indivíduo está em repouso. O GER pode ser 3-10% maior do que GEB devido à influência da dieta (termogênese induzida pela dieta) e da atividade física mais recente (14–17).

Apesar da CI ser proposta como padrão ouro para medir o GER, não é aplicada universalmente. As razões são, principalmente, devido ao custo (inicial e de manutenção), falta de profissional treinado para operar o equipamento e interpretar os resultados(18), e no caso da LRA, algumas limitações específicas para esses pacientes(13).

A correta determinação do GER auxilia no ajuste da oferta nutricional desses indivíduos, assegurando que suas necessidades energéticas sejam satisfeitas a fim de evitar as complicações associadas à hiper ou subalimentação, que podem aumentar ainda mais a morbimortalidade desses pacientes. Visto isso, nosso objetivo foi através de uma revisão narrativa, discorrer sobre o uso da CI em pacientes críticos, suas indicações e contra-indicações, com ênfase nos pacientes com LRA.

8 Conclusão

A LRA grave geralmente desenvolve-se no contexto da falência de múltiplos órgãos e a terapia nutricional deve ser destinada a atenuar os efeitos negativos do catabolismo e hipermetabolismo associado com a doença crítica. Assim, o apoio nutricional adequado é considerado um elemento-chave da estratégia terapêutica. Para isso, a correta prescrição das necessidades nutricionais é fundamental e a CI é o melhor método para medir o GER. Entretanto existem poucos estudos utilizando essa técnica no paciente crítico com LRA e muitas são as possíveis limitações do método para pacientes com necessidade de diálise.

Portanto, há grande necessidade de estudos bem delineados que abordem todos os aspectos do cuidado nutricional nos pacientes com LRA, principalmente no âmbito do GE e das necessidades energéticas ideais, visando diminuir a morbimortalidade desses pacientes.

9 Referências Bibliográficas

1. Singer P, Anbar R, Cohen J, Shapiro H, Shalita-Chesner M, Lev S, et al. The tight calorie control study (TICACOS): a prospective, randomized, controlled pilot study of nutritional support in critically ill patients. *Intensive Care Med.* 2011;37(4):601–9.
2. Heidegger CP, Berger MM, Graf S, Zingg W, Darmon P, Costanza MC, et al. Optimisation of energy provision with supplemental parenteral nutrition in critically ill patients: a randomised controlled clinical trial. *Lancet.* 2013;381(9864):385–93.
3. Kidney Disease IGO (KDIGO) AKIWG. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney Int.* 2012;(2):1–138.
4. Case J, Khan S, Khalid R, Khan A. Epidemiology of acute kidney injury in the intensive care unit. *Crit Care Res Pract.* 2013;2013:479730.
5. Fiaccadori E, Lombardi M, Leonardi S, Rotelli CF, Tortorella G, Borghetti A. Prevalence and clinical outcome associated with preexisting malnutrition in acute renal failure: a prospective cohort study. *J Am Soc Nephrol.* 1999 ;10(3):581–93.
6. Dvir D, Cohen J, Singer P. Computerized energy balance and complications in critically ill patients: an observational study. *Clin Nutr.* 2006;25(1):37–44.
7. Alberda C, Gramlich L, Jones N, Jeejeebhoy K, Day AG, Dhaliwal R, et al. The relationship between nutritional intake and clinical outcomes in critically ill patients: results of an international multicenter observational study. *Intensive Care Med.* 2009;35(10):1728–37.
8. Schneeweiss B, Graninger W, Stockenhuber F, Druml W, Ferenci P, Eichinger S, et al. Energy metabolism in acute and chronic renal failure. *Am J Clin Nutr.* 1990;52(4):596–601.
9. Faisy C, Guerot E, Diehl J-L, Labrousse J, Fagon J-Y. Assessment of resting energy expenditure in mechanically ventilated patients. *Am J Clin Nutr.* 2003;78(2):241–9.
10. 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):1–7.
11. Guttormsen AB, Pichard C. Determining energy requirements in the ICU. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2014;17(2):171–6.
12. McClave SA, Taylor BE, Martindale RG, Warren MM, Johnson DR, Braunschweig C, 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 Parenter Enter Nutr.* 2016;40(2):159–211.
13. Cano NJM, Aparicio M, Brunori G, Carrero JJ, Cianciaruso B, Fiaccadori E, et al. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: adult renal failure. *Clin Nutr.* 2009;28(4):401–14.
14. Brandi LS, Bertolini R, Calafà M. Indirect calorimetry in critically ill patients: clinical applications and practical advice. *Nutr.* 1997;13(4):349–58.

15. Weir JBDB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol*. 1949;109(1-2):1-9.
16. AARC clinical practice guideline. Metabolic measurement using indirect calorimetry during mechanical ventilation. American Association for Respiratory Care. *Respir Care*. 1994;39(12):1170-5.
17. da Rocha EEM, Alves VGF, da Fonseca RBV. Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2006;9(3):247-56.
18. 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(1):30-8.
19. Haugen HA, Chan L-N, Li F. Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. *Nutr Clin Pract*. 2007;22(4):377-88.
20. Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. 1949. *Nutr*. 1990;6(3):213-21.
21. McClave SA, McClain CJ, Snider HL. Should indirect calorimetry be used as part of nutritional assessment? *J Clin Gastroenterol*. 2001 Jul;33(1):14-9.
22. Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L, Evidence Analysis Working Group. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc*. 2006;106(6):881-903.
23. Schlein KM, Coulter SP. Best practices for determining resting energy expenditure in critically ill adults. *Nutr Clin Pract*. 2014;29(1):44-55.
24. Wooley JA. Indirect calorimetry: applications in practice. *Respir Care Clin N Am*. 2006;12(4):619-33.
25. McClave SA, Lowen CC, Kleber MJ, McConnell JW, Jung LY, Goldsmith LJ. Clinical use of the respiratory quotient obtained from indirect calorimetry. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2003;27(1):21-6.
26. Liusuwan Manotok RA, Palmieri TL, Greenhalgh DG. The respiratory quotient has little value in evaluating the state of feeding in burn patients. *J Burn Care Res Off Publ Am Burn Assoc*. 2008;29(4):655-9.
27. Matarese LE. Indirect calorimetry: technical aspects. *J Am Diet Assoc*. 1997;97(10 Suppl 2):S154-160.
28. McClave SA, Martindale RG, Kiraly L. The use of indirect calorimetry in the intensive care unit. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2013;16(2):202-8.
29. 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.
30. Smyrniotis NA, Curley FJ, Shaker KG. Accuracy of 30-minute indirect calorimetry studies in predicting 24-hour energy expenditure in mechanically ventilated, critically ill patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 1997;21(3):168-74.

31. Zijlstra N, ten Dam SM, Hulshof PJM, Ram C, Hiemstra G, de Roos NM. 24-hour indirect calorimetry in mechanically ventilated critically ill patients. *Nutr Clin Pract.* 2007;22(2):250–5.
32. Battezzati A, Viganò R. Indirect calorimetry and nutritional problems in clinical practice. *Acta Diabetol.* 2001;38(1):1–5.
33. Wooley JA, Btaiche IF, Good KL. Metabolic and nutritional aspects of acute renal failure in critically ill patients requiring continuous renal replacement therapy. *Nutr Clin Pract.* 2005;20(2):176–91.
34. Fiaccadori E, Maggiore U, Cabassi A, Morabito S, Castellano G, Regolisti G. Nutritional evaluation and management of AKI patients. *J Ren Nutr.* 2013;23(3):255–8.
35. Fiaccadori E, Cremaschi E, Regolisti G. Nutritional assessment and delivery in renal replacement therapy patients. *Semin Dial.* 2011;24(2):169–75.
36. Branson RD, Johannigman JA. The Measurement of Energy Expenditure. *Nutr Clin Pract.* 2004;19(6):622–36.
37. 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(2):255–60.
38. Symreng T, Flanigan MJ, Lim VS. Ventilatory and metabolic changes during high efficiency hemodialysis. *Kidney Int.* 1992 Apr;41(4):1064–9.
39. Carlon GC, Campfield PB, Goldiner PL, Turnbull AD. Hypoxemia during hemodialysis. *Crit Care Med.* 1979;7(11):497–9.
40. Kolhe NV, Muirhead AW, Wilkes SR, Fluck RJ, Taal MW. National trends in acute kidney injury requiring dialysis in England between 1998 and 2013. *Kidney Int.* 2015;88(5):1161–9.
41. Hsu RK, McCulloch CE, Heung M, Saran R, Shahinian VB, Pavkov ME, et al. Exploring Potential Reasons for the Temporal Trend in Dialysis-Requiring AKI in the United States. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2016;11(1):14–20.
42. Blumberg A, Keller G. Oxygen consumption during maintenance hemodialysis. *Nephron.* 1979;23(6):276–81.
43. Patterson RW, Nissenson AR, Miller J, Smith RT, Narins RG, Sullivan SF. Hypoxemia and pulmonary gas exchange during hemodialysis. *J Appl Physiol.* 1981;50(2):259–64.
44. 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.
45. Horáček J, Sulková SD, Fořtová M, Lopot F, Kalousová M, Sobotka L, et al. Resting energy expenditure and thermal balance during isothermic and thermoneutral haemodialysis—heat production does not explain increased body temperature during haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant.* 2007;22(12):3553–60.

46. Sande FM van der, Rosales LM, Brener Z, Kooman JP, Kuhlmann M, Handelman G, et al. Effect of Ultrafiltration on Thermal Variables, Skin Temperature, Skin Blood Flow, and Energy Expenditure during Ultrapure Hemodialysis. *J Am Soc Nephrol*. 2005;16(6):1824–31.
47. Mault JR, Dechert RE, Bartlett RH, Swartz RD, Ferguson SK. Oxygen consumption during hemodialysis for acute renal failure. *Trans - Am Soc Artif Intern Organs*. 1982;28:510–3.
48. Rokyta R, Matejovic M, Krouzecky A, Opatrny K, Ruzicka J, Novak I. Effects of continuous venovenous haemofiltration-induced cooling on global haemodynamics, splanchnic oxygen and energy balance in critically ill patients. *Nephrol Dial Transplant*. 2004;19(3):623–30.
49. McClave SA, Martindale RG, Vanek VW, McCarthy M, Roberts P, Taylor B, 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.). *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2009;33(3):277–316.
50. Preiser J-C, van Zanten ARH, Berger MM, Biolo G, Casaer MP, Doig GS, et al. Metabolic and nutritional support of critically ill patients: consensus and controversies. *Crit Care*. 2015;19:35.
51. Boullata J, Williams J, Cottrell F, Hudson L, Compher C. Accurate Determination of Energy Needs in Hospitalized Patients. *J Am Diet Assoc*. 2007;107(3):393–401.
52. 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(3):321.e5-12.
53. Frankenfield D, Hise M, Malone A, Russell M, Gradwell E, Compher C, et al. Prediction of resting metabolic rate in critically ill adult patients: results of a systematic review of the evidence. *J Am Diet Assoc*. 2007;107(9):1552–61.
54. Saxena A. Dietary management in acute kidney injury. *Clin Queries Nephrol*. 2012;1(1):58–69.
55. 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(11–12):909–16.
56. Edens NK, Gil KM, Elwyn DH. The effects of varying energy and nitrogen intake on nitrogen balance, body composition, and metabolic rate. *Clin Chest Med*. 1986;7(1):3–17.
57. Macias WL, Alaka KJ, Murphy MH, Miller ME, Clark WR, Mueller BA. Impact of the nutritional regimen on protein catabolism and nitrogen balance in patients with acute renal failure. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 1996;20(1):56–62.

58. Fiaccadori E, Maggiore U, Rotelli C, Giacosa R, Picetti E, Parenti E, et al. Effects of different energy intakes on nitrogen balance in patients with acute renal failure: a pilot study. *Nephrol Dial Transplant*. 2005;20(9):1976–80.
59. Arabi YM, Tamim HM, Dhar GS, Al-Dawood A, Al-Sultan M, Sakkijha MH, et al. Permissive underfeeding and intensive insulin therapy in critically ill patients: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr*. 2011;93(3):569–77.
60. Malone AM. Permissive underfeeding: its appropriateness in patients with obesity, patients on parenteral nutrition, and non-obese patients receiving enteral nutrition. *Curr Gastroenterol Rep*. 2007;9(4):317–22.
61. Ahrens CL, Barletta JF, Kanji S, Tyburski JG, Wilson RF, Janisse JJ, et al. Effect of low-calorie parenteral nutrition on the incidence and severity of hyperglycemia in surgical patients: a randomized, controlled trial. *Crit Care Med*. 2005;33(11):2507–12.
62. McCowen KC, Friel C, Sternberg J, Chan S, Forse RA, Burke PA, et al. Hypocaloric total parenteral nutrition: effectiveness in prevention of hyperglycemia and infectious complications--a randomized clinical trial. *Crit Care Med*. 2000;28(11):3606–11.
63. National Heart, Lung, and Blood Institute Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) Clinical Trials Network, Rice TW, Wheeler AP, Thompson BT, Steingrub J, Hite RD, et al. Initial trophic vs full enteral feeding in patients with acute lung injury: the EDEN randomized trial. *JAMA*. 2012;307(8):795–803.
64. Bellomo R, Cass A, Cole L, Finfer S, Gallagher M, Lee J, et al. Calorie intake and patient outcomes in severe acute kidney injury: findings from The Randomized Evaluation of Normal vs. Augmented Level of Replacement Therapy (RENAL) study trial. *Crit Care*. 2014;18(2):R45.
65. Arabi YM, Aldawood AS, Haddad SH, Al-Dorzi HM, Tamim HM, Jones G, et al. Permissive Underfeeding or Standard Enteral Feeding in Critically Ill Adults. *N Engl J Med*. 2015;372(25):2398–408.
66. Choi EY, Park D-A, Park J. Calorie intake of enteral nutrition and clinical outcomes in acutely critically ill patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2015;39(3):291–300.
67. Heyland DK, Dhaliwal R, Drover JW, Gramlich L, Dodek P. Canadian clinical practice guidelines for nutrition support in mechanically ventilated, critically ill adult patients. *J Parenter Enter Nutr*. 2003;27(5):355–73.
68. Marik PE, Zaloga GP. Early enteral nutrition in acutely ill patients: a systematic review. *Crit Care Med*. 2001;29(12):2264–70.
69. Wischmeyer PE. Ensuring Optimal Survival and Post-ICU Quality of Life in High-Risk ICU Patients: Permissive Underfeeding Is Not Safe! *Crit Care Med*. 2015;43(8):1769–72.
70. Wei X, Day AG, Ouellette-Kuntz H, Heyland DK. The Association Between Nutritional Adequacy and Long-Term Outcomes in Critically Ill Patients Requiring Prolonged Mechanical Ventilation: A Multicenter Cohort Study. *Crit Care Med*. 2015;43(8):1569–79.