

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA  
PÓS GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO CLÍNICA COM ÊNFASE EM ADULTOS

ISABEL DO VALLE PEREIRA BITTENCOURT

**USO DA CALORIMETRIA INDIRETA EM PACIENTE  
CRÍTICO**

Porto Alegre

2011

ISABEL DO VALLE PEREIRA BITTENCOURT

**USO DA CALORIMETRIA INDIRETA EM PACIENTE  
CRÍTICO**

Monografia apresentada ao Curso de Pós Graduação em Nutrição Clínica da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Nutrição Clínica.

Orientador: Ana Harb

Porto Alegre

2011

## Resumo

**Objetivo:** Revisar na literatura o uso da calorimetria indireta em pacientes críticos para avaliar o seu benefício.

**Metodologia:** Foi realizado um estudo exploratório do tipo revisão bibliográfica. As referências foram coletadas da base de dados *Lilacs*, *PubMed*, *Scielo*. Esta revisão bibliográfica foi feita a partir de estudos com seres humanos, publicados nos últimos 10 anos, nos idiomas português, inglês e espanhol. Foram encontrados 220 artigos, sendo utilizados no total 5 artigos para a elaboração desta revisão.

**Resultados:** Entre os 5 estudos selecionados, apenas 1 não evidenciaram uma diferença significativa entre a calorimetria indireta e fórmula preditiva. Os outros 4 artigos, demonstraram diferença significativa entre o cálculo da necessidade energética mensurado pela calorimetria indireta e estimado pelas fórmulas preditivas.

**Conclusão:** A calorimetria indireta é o mais confiável para pacientes críticos, uma vez que as fórmulas preditivas não foram desenvolvidas para todas as alterações metabólicas que estes pacientes apresentam. Como utiliza o O<sub>2</sub> inspirado e o CO<sub>2</sub> expirado, a calorimetria indireta apresenta um resultado mais confiável para pacientes críticos, porém o alto custo do aparelho dificulta a sua utilização nos hospitais.

**Palavras-chave:** Calorimetria Indireta, Paciente Crítico.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	5
2	METODOLOGIA .....	7
3	REFERENCIAL TEÓRICO .....	8
3.1	Gasto energético .....	10
3.1.1	Calorimetria indireta .....	12
3.1.2	Fórmulas preditivas .....	15
4	Resultados.....	19
	CONCLUSÃO .....	23
	REFERÊNCIAS .....	24

## 1. INTRODUÇÃO

A doença grave ou crítica refere-se a várias condições clínicas ou cirúrgicas que apresentam risco à vida e que, na maior parte das vezes, exigem internação em unidade de terapia intensiva (UTI) (Maicá et al, 2008). O paciente, em terapia intensiva, frequentemente encontra-se em estado hipermetabólico, decorrente do trauma, sepse ou qualquer outro quadro de gravidade (Cortês et al, 2003)

A ventilação mecânica é um dos principais recursos utilizados na UTI. Entende-se por ventilação mecânica a aplicação, por modo invasivo ou não, de uma máquina que substitui, total ou parcialmente, a atividade ventilatória do paciente (DREYER E et al, 2000).

A doença aguda e o tratamento alteram o metabolismo do paciente crítico, levando ao aumento ou diminuição do gasto energético (BASILE-FILHO et al, 2003). Dentre os fatores de alteração do metabolismo estão: infecções, sepses, cirurgias, estado metabólico e nutricional, sedação e analgesia, modo ventilatório, entre outros (SANTOS et al, 2009). Por estes motivos, o cálculo preciso do seu gasto energético é imprescindível, principalmente naqueles com terapia nutricional. O objetivo específico é evitar a sub ou superalimentação. A superalimentação pode promover a lipogênese (transformação do excesso de glicose em gordura), hiperglicemia, exacerbação da insuficiência respiratória. Já a subalimentação, pode levar a desnutrição, que está associada com a deterioração da massa magra, má cicatrização, maior risco de infecções nosocomiais, enfraquecimento dos músculos respiratórios, imunidade comprometida, disfunção orgânica, aumento da morbidade e da mortalidade (WALKER, HEUBERGER, 2009).

O dispêndio energético de repouso pode ser medido por calorimetria indireta ou estimado por equações preditivas. A calorimetria indireta é um método não-invasivo que determina as necessidades nutricionais e a taxa de utilização dos substratos energéticos a partir do consumo de oxigênio e da

produção de gás carbônico obtidos por análise do ar inspirado e expirado pelos pulmões (DIENER, 1997).

A equação de Harris-Benedict, que é a mais utilizada, estima o dispêndio de repouso com uma precisão de  $\pm 10\%$  em 80% a 90% dos indivíduos saudáveis. Quando empregada em pacientes gravemente enfermos, porém, essa equação prediz corretamente o dispêndio em menos de 50% dos indivíduos. Essa variabilidade está relacionada à gravidade da doença, a modificações da composição corporal, atividade metabólica alterada e múltiplas intervenções clínicas (DIENER, 1997).

A recomendação de empregar fatores de correção para adequar o dispêndio calculado ao estado clínico do paciente não melhora o poder preditivo e, frequentemente, é causa de administração excessiva de calorias e nutrientes, com potenciais efeitos deletérios (DIENER, 1997).

Este trabalho se propõe a revisar na literatura o uso da calorimetria indireta em pacientes críticos.

## 2. METODOLOGIA

Foi realizado um estudo exploratório do tipo revisão bibliográfica. As referências foram coletadas da base de dados PubMed, Scielo, *Lilacs*. Esta revisão bibliográfica foi feita a partir de artigos publicados nos últimos 10 anos nos idiomas português e inglês. Foi realizada a busca em estudos com humanos e com as palavras-chave: Calorimetria Indireta, Paciente crítico.

Através da leitura exploratória foram encontrados 220 artigos envolvendo calorimetria indireta e paciente crítico. Dentre os artigos selecionados para leitura analítica, apenas 5 artigos para o estudo através da leitura interpretativa

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

Os pacientes críticos, caracterizados pelo aumento do gasto energético basal e pelo balanço nitrogenado negativo, ambos correlacionados com a gravidade da doença ou a extensão do trauma, na grande maioria, são hipercatabólicos ou hipermetabólicos (HWANG et al, 1994). Normalmente estão imobilizados ao leito, tendem a perder tecido muscular-esquelético, e apresentam taxa metabólica elevada (MIRANDA et al, 2000).

Os pacientes hipermetabólicos (sépticos ou traumatizados) apresentam gasto metabólico basal elevado. No pós-operatório pode chegar a 25% acima do normal, em politraumatizados 75% acima, e em grandes queimados pode ultrapassar 100%. Com isso, esses pacientes têm suas reservas energéticas e proteicas esgotadas muito mais rapidamente do que pacientes não-estressados (MIRANDA et al, 2000).

Esses pacientes apresentam uma resposta metabólica fisiológica ao trauma com dois períodos distintos:

A fase Ebb ou choque, que é breve (12 a 24h), após a injúria. A pressão sanguínea, o débito cardíaco, a temperatura corporal e o consumo de O<sub>2</sub> estão reduzidos. Ocorre uma rápida mobilização de substratos energéticos, levando a hiperglicemia, aumento do lactado e de ácidos graxos livres (MIRANDA et al, 2000).

A fase Flow ou hiperdinâmica caracteriza-se pelo hipermetabolismo, aumento do débito cardíaco, perdas de nitrogênio urinário aumentadas, metabolismo da glicose alterado e catabolismo acelerado (MIRANDA et al, 2000).

A ventilação mecânica é um método frequente de tratamento do paciente grave. O suporte ventilatório pode ser realizado por método invasivo e não invasivo e por curto ou longo prazo ( DAVID et al, 2001) .

Na ventilação invasiva, o acesso as vias aéreas inferiores é feito por intubação oro ou nasotraqueal, ou ainda por traqueostomia (DREYER et al, 2000).

O suporte ventilatório não invasivo é realizado com dois modos ventilatórios principais: ventilação por pressão positiva contínua (CPAP) ou pressão positiva por duplo nível pressóricoco (BiPAP). O CPAP é um método de ventilação espontânea, que necessita de um estímulo respiratório, já o BiPAP, é o modo de suporte ventilatório com dois níveis de pressão positiva que combina ventilação espontânea e controlada por pressão e ciclada a tempo (DAVID et al, 2001).

### **Como medir a severidade das doenças**

Nos pacientes de UTI, são utilizados índices, para estratificá-los segundo gravidade e probabilidade de morte. Estes índices tornaram-se instrumentos de medida que possibilitam, de forma objetiva, avaliar os resultados e investimentos em UTI (BALSANELLI et al, 2006)

Os índices utilizados são:

APACHE II score (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation)

- A. SAPS II (Simplified Acute Physiologic Score) calculado a partir de 17 parâmetros clínicos e biológicos determinados durante as primeiras 24 horas após admissão.
- B. Parâmetros Bioquímicos:
  - Hemograma completo
  - Contagem de linfócitos
  - Nível sérico de proteína total, albumina, uréia no sangue, creatinina, proteína c reativa
  - Determinar no mesmo dia da medida antropométrica

### 3.1 Gasto energético

O gasto energético basal diário compreende o dispêndio energético basal (DEB), o efeito térmico dos alimentos e o dispêndio da atividade física. O DEB refere-se ao gasto energético do metabolismo em repouso, que significa 60% a 75% do total, incluindo a energia gasta pelo organismo para manter nossas funções vitais, como a bomba sódio-potássio e outros sistemas que mantêm o gradiente eletroquímico das membranas celulares, a energia da síntese dos componentes do organismo, a energia necessária para o funcionamento dos sistemas cardiovascular e respiratório e a energia despendida pelos mecanismos termo reguladores para manter a temperatura corporal (DIAS et al, 2009, FONTOURA et al, 2006). Em indivíduos em repouso, enquanto recebendo medicamentos ou tratamento de suporte, incluindo o suporte nutricional, este gasto energético de repouso costuma ser 10% maior que o gasto energético basal (FONTOURA et al, 2006). Podemos definir como hipermetabolismo quando o gasto energético é maior que 30% do metabolismo basal e hipometabolismo quando o metabolismo basal é menor que 10% (DIAS et al, 2009).

O efeito térmico dos alimentos varia de acordo com o substrato consumido. Refere-se ao gasto provocado pela digestão, absorção, transporte e transformação, assimilação e/ou armazenamento dos nutrientes. Para pessoas eutróficas, com uma dieta balanceada, estima-se que o efeito térmico do alimento seja de aproximadamente 5% a 7% do seu conteúdo energético (DIAS et al, 2009). Para o paciente em jejum prolongado ou recebendo alimentação contínua é acrescido ainda mais 5% (WALKER, HEUBERGER, 2009).

O dispêndio energético pode ser estimado por meio de fórmulas padronizadas ou medido através da calorimetria indireta. A realização do trabalho mecânico externo representa 15% a 30% do dispêndio energético diário, variando de acordo com a atividade física realizada (DIAS et al, 2009) .

A doença aguda e o tratamento alteram o metabolismo do paciente crítico, levando ao aumento ou diminuição do gasto energético (BASILE-FILHO et al, 2003). Dentre os fatores de alteração do metabolismo estão: infecções, sepse, cirurgias, estado metabólico e nutricional, sedação e analgesia, modo ventilatório, entre outros (SANTOS et al, 2009). Devido a isto, o cálculo preciso do seu gasto energético é obrigatório, principalmente naqueles com terapia nutricional. Com isto, não ocorre a sub ou hiperalimentação, que para estes pacientes deve-se ser evitado (DIAS et al, 2009).

A superalimentação pode promover a lipogênese (transformação do excesso de glicose em gordura), hiperglicemia, exacerbação da insuficiência respiratória. Já a subalimentação, pode levar a desnutrição, que está associada com a deteriorização da massa magra, má cicatrização, maior risco de infecções nosocomiais, enfraquecimento dos músculos respiratórios, imunidade comprometida, disfunção orgânica, aumento da morbidade e da mortalidade ((WALKER, HEUBERGER, 2009).

O suporte nutricional é parte vital da terapia da maioria dos pacientes hospitalizados, uma vez que a desnutrição pode se desenvolver ou estar presente na grande maioria dos pacientes. É fundamental na diminuição da morbimortalidade de pacientes críticos e na diminuição destes na Unidade de Terapia Intensiva (UTI), além de diminuir as taxas de infecções e de melhorar a cicatrização (MIRANDA et al, 2000).

O estado nutricional do paciente crítico pode ser melhorado ou mantido através do suporte nutricional precoce, nas primeiras 48h após o trauma ou doença crítica, seja ele via oral, enteral ou parenteral (MIRANDA et al, 2000).

A maneira mais usada para medir o gasto energético, nessa população de pacientes, é através da equação de Harris-Benedict, acrescentando-se fatores de correção. No entanto, esta prática tem sido muito questionada por vários autores, pelo fato do emprego desta metodologia sub ou superestimar as reais necessidades energéticas de cada paciente em até 50% (COLETTTO et al, 2003).

Pelo fato da hiper ou subnutrição, levarem a resultados negativos para os pacientes críticos, a calorimetria indireta tornou-se “padrão-ouro”, para o cálculo das necessidades energéticas (BASILE-FILHO et al, 2003). A calorimetria indireta oferece a possibilidade de se observar a variabilidade do gasto energético diário e proceder às correções necessárias, a fim de manter o balanço energético, durante todo o período de internação (COLETTI et al, 2003).

### 3.1.1 Calorimetria indireta

Existem muitos métodos para calcular a necessidade energética destes pacientes, porém, todos têm limitações. Atualmente o “padrão ouro” é a calorimetria indireta. Entretanto, esta possui limitações técnicas, como exigência de pessoal treinado com disponibilidade de tempo, necessidade de uma fração de oxigênio menor que 0,6 e o custo elevado do equipamento (BASILE-FILHO et al, 2003).

A calorimetria indireta, ou medida metabólica da conversão da energia livre, foi desenvolvida entre o século XIX e XX, como uma aplicação da termodinâmica para a vida animal (MARCHINI et al, 2007). Porém somente a partir da década de 80, o calorímetro começou a ser utilizados pelos intensivistas (BASILE-FILHO et al, 2003). É baseada no conhecimento da combustão do substrato energético ingerido e necessário pelo organismo (MARCHINI et al, 2007).

É um método não-invasivo, que mede o gasto energético diário, por meio da determinação das trocas gasosas pulmonares, ou seja, usa o volume de ar expirado, a porcentagem de oxigênio consumido, a porcentagem de gás carbônico produzido (DIAS et al, 2009, MARCHINI et al, 2007). A relação entre  $O_2$  e o  $VO_2$ , conhecida como quociente respiratório (quadro 1), indica o tipo de substrato energético que está sendo oxidado pela indivíduo. Este diminui quando a gordura é o substrato predominante, como, por exemplo, na inanição.

Quadro 1:

QR	Volume de O <sub>2</sub> consumido	Volume de CO <sub>2</sub> produzido	Substrato oxidado
1,00	0,829	0,829	Carboidrato
0,70	2,019	1,427	Lipídio
0,83	1,010	0,844	Proteína
0,7 a 1,00	-	-	HC, PTN, LIP

(AVESANI CM, SANTOS NSJ, CUPPARI L. Necessidades e Recomendações de Energia. In: CUPPARI L. Nutrição Clínica no Adulto. São Paulo: Editora Manole, 2003. p 27-45)

Cada substrato, carboidrato, lipídio e proteína, consomem diferentes quantidades de oxigênio e produzem diferentes quantidades de gás carbônico. O carboidrato e o lipídio são oxidados até CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. Já a proteína além do CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, também produz N<sub>2</sub> (nitrogênio), que é excretado pela urina. Através destes dados é possível estimar a oxidação protéica através da média da excreção de nitrogênio na urina. Para a obtenção do DEB, utiliza-se uma fórmula simplificada, fórmula de Weir (1949), a qual transforma os valores de VO<sub>2</sub> e VCO<sub>2</sub>:

Fórmula completa:

Produção de calor (kcal/min/dia) = 3,9 [VO<sub>2</sub> (L/min)] + 1,1 [VCO<sub>2</sub> (L/min)] – 2,7 [NU(g/dia)]

GE(kcal/dia)= produção de calor X 1440 min

Fórmula abreviada:

Produção de calor (kcal/min/dia) = 3,9 [VO<sub>2</sub> (L/min)] + 1,1 [VCO<sub>2</sub> (L/min)]

GE (kcal/dia)= produção de calor x 1440min

Cálculo do nitrogênio urinário de 24 horas

NU = uréia urinária (g/24h) / 2,14

Em que:

Ge: gasto energético; VO<sub>2</sub> volume de oxigênio consumido; VCO<sub>2</sub> volume de dióxido de carbono produzido; NU nitrogênio urinário

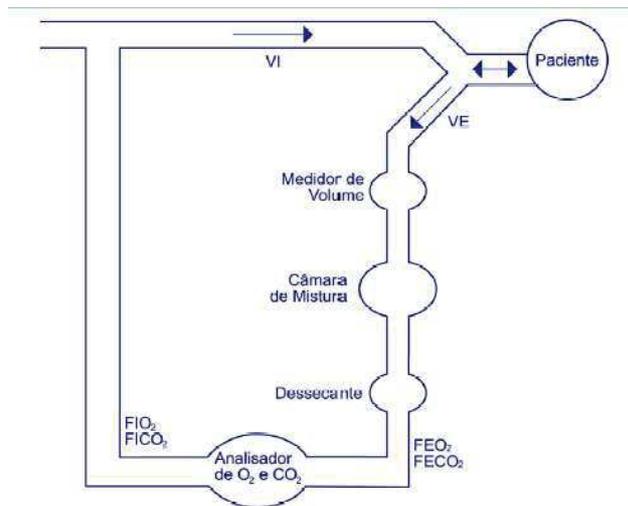
(AVESANI CM, SANTOS NSJ, CUPPARI L. Necessidades e Recomendações de Energia. In: CUPPARI L. Nutrição Clínica no Adulto. São Paulo: Editora Manole, 2003. p 27-45)

O uso da calorimetria indireta é contra indicado em pacientes que a retirada da ventilação mecânica para avaliação resulte em hipoxia, bradicardia ou outro efeito adverso. O uso de drogas sedativas acaba por diminuir o VO<sub>2</sub>, devido à diminuição da frequência respiratória pelo efeito sedativo, o que pode levar a um falso resultado no cálculo do DEB, assim como em pacientes em

hemodiálise, pois os resultados de  $VO_2$  são subestimados, uma vez que a hemodiálise retira o  $VCO_2$  no seu processo.

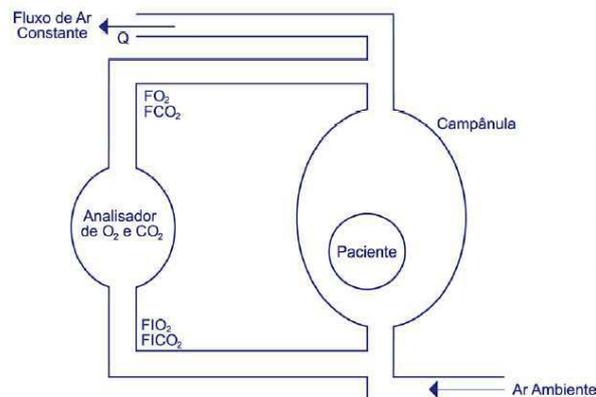
Os calorímetros podem ser classificados como de circuito fechado e circuito aberto:

**Circuito fechado:** o  $VO_2$  e o  $VCO_2$  são medidos por alterações no volume dentro de um reservatório fechado contendo oxigênio, apesar deste ser padrão ouro, não tem sido muito utilizado.



FIO<sub>2</sub> = Fração de oxigênio no ar inspirado; FICO<sub>2</sub> = Fração de gás carbônico no ar inspirado; FEO<sub>2</sub> = Fração de oxigênio no ar expirado; FECO<sub>2</sub> = Fração de gás carbônico no ar expirado; VI = Volume minuto inspiratório; VE = Volume minuto expiratório.

**Circuito aberto:** os extremos do aparelho se comunicam com o ambiente. A análise dos gases é realizada por meio de sensores ligados a um computador.



FIO<sub>2</sub> = Fração de oxigênio no ar inspirado; FICO<sub>2</sub> = Fração de gás carbônico no ar inspirado; FEO<sub>2</sub> = Fração de oxigênio no ar expirado; FECO<sub>2</sub> = Fração de gás carbônico no ar expirado; Q: Fluxo total de ar

Para a realização deste teste, o paciente deve estar em um ambiente silencioso, com pouca iluminação e em uma temperatura em torno de 20°C, para evitar alterações por frio ou ansiedade, assim como estar em repouso de no mínimo 30 minutos e um jejum de 2 a 3 horas. Nos pacientes em terapia nutricional, deve-se manter a taxa de infusão constante (DIAS et al, 2009).

### 3.1.2. Fórmulas Preditivas

O uso de fórmulas para o cálculo da estimativa das necessidades de energia é de grande importância para a prática clínica. Dentre as fórmulas preditivas, estão Harris & Benedict, fórmula de Fick, Ireton-Jones. Dentre estas, as que possuem mais variáveis podem proporcionar um resultado mais preciso na determinação do gasto energético, uma vez que os pacientes críticos têm muitos fatores de injúria (BASILE-FILHO et al, 2003, SANTOS et al, 2009).

**Harris & Benedict (HB):** A equação de Harris & Benedict, utiliza medida de peso, altura e idade do indivíduo. Esta pode ser acrescida de vários fatores de estresse, para prever o custo energético das alterações metabólicas, sendo assim, muito utilizada devido a facilidade de execução e um custo zero (DIAS et al, 2009, BASILE-FILHO et al, 2003).

Homens:  $TMB \text{ (kcal/dia)} = 66 + (13,7 \times P) + (5 \times E) - (6,8 \times I)$   
Mulheres:  $TMB \text{ (kcal/dia)} = 655 + (9,6 \times P) + (1,7 \times E) - (4,7 \times I)$

Em que:

TMB: taxa metabólica basal

P(kg): peso atual quando  $IMC \leq 40 \text{ kg/m}^2$  e peso ideal ou desejável quando  $IMC > 40 \text{ kg/m}^2$

E(cm): estatura

I (anos): idade

Para pacientes em processo de doença, deve-se ainda multiplicar pelos fatores de injúria:

Fator atividade (FA)	Fator Lesão (FL)	Fator térmico (FT)
Acamado = 1,2	Paciente não complicado=	38°C = 1,1
Acamado + móvel =	1,0	39°C = 1,2
1,25	Pós-operatório câncer =	40°C = 1,3
Ambulante = 1,3	1,1	41°C = 1,4
	Fratura = 1,2	
	Sepse = 1,3	
	Peritonite = 1,4	
	Multitrauma	
	reabilitação=1,5	
	Multitrauma+sepsis=1,6	
	Queimadura 30-50%= 1,7	
	Queimadura 50-70% = 1,8	
	Queimadura 70-90% = 2,0	

GEB = TMB X FA X FL X FT.

**Ireton-Jones:** A fórmula de Ireton-Jones (IJ), foi desenvolvida para pacientes críticos, porém, vem se demonstrando que também pode apresentar falhas em relação à estimativa do gasto energético (SANTOS et al, 2009).

Gasto energético (GE) = 1784 – 11 X idade (anos) + 5 X peso(kg) + 244 X sexo + 239 X trauma + 804 X queimadura

Variáveis: sexo masculino = 1; sexo feminino = 0; trauma existente = 1; trauma ausente = 0; queimadura existente = 1; queimadura ausente = 0.

Para pacientes obesos a fórmula de Ireton-Jones tem alguns ajustes:

$IJ = 1,44 - (12 \times idade) + (9 \times \text{Peso}) + (606 \times \text{sexo}) + (400 \times \text{ventilação})$

Sexo: masculino = 1; feminino = 0; Ventilação: presente = 1; ausente = 0 (BOULLATA et al, 2007).

**American College of Chest Physicans (Fórmula de bolso):** O consenso de 1997 do American College of Chest Physicans indica que se deve evitar uma sobrecarga calórica em pacientes internados na UTI, sendo necessário fornecer calorias suficientes para promover a função anabólica destes pacientes. Sua recomendação é de 25 kcal/kg para a maioria dos pacientes. Em pacientes obesos, o cálculo deve ser realizado com o peso

ideal, obtido através do índice de massa corporal (IMC). Já para pacientes críticos, a recomendação varia de acordo com o estresse do paciente: 25-30kcal/kg para pacientes com leve e moderado estresse; 30-35kcal/kg para pacientes catabólicos (BOULLATA et al, 2007; WALKER et al, 2009).

**Mifflin-St Jeor:** A equação foi criada em 1990, derivada de um estudo com 498 indivíduos saudáveis. Inicialmente era uma mesma fórmula para ambos os sexos, mas esta foi simplificada e separada por sexo sem que houvesse alteração nos resultados (MIFFLIN et al, 1990).

Homens:  $5 + (10 \times \text{Peso}) + (6,25 \times \text{Altura}) - (5 \times \text{idade})$  (BOULLATA et al, 2007).

Mulher:  $-161 + (10 \times \text{Peso}) + (6,25 \times \text{Altura}) - (5 \times \text{idade})$  (BOULLATA et al, 2007).

**Swinamer (S):** A equação de Swinamer foi criada em 1990, a partir de um estudo com 112 pacientes críticos em ventilação mecânica. Foi derivada de variáveis que contribuem com menos de 3% dos gastos energéticos, tais como área superfície corporal, idade, temperatura corpora, frequência respiratória e volume respiratório. Esta equação tem uma acurácia maior que as outras equações, porém o seu uso não é frequente devido a dificuldade de obter todas as informações necessárias (WALKER et al, 2009).

$S = -4,349 + (945 \times \text{área superfície corporal}) - (6,4 \times \text{idade}) + (108 \times \text{temperatura}) + (24,2 \times \text{frequência respiratória}) + (81,7 \times \text{volume respiratório})$  (BOULLATA et al, 2007).

**Penn State (PS):** A primeira equação de Penn State foi criada em 1998, a partir de um estudo com 169 pacientes críticos. Nos pacientes obesos, o peso ajustado era utilizado para o cálculo da necessidade energética. Em 2003, após alguns estudos, foi verificado que alguns ajustes deveriam ser feitos nesta equação e a partir daí o peso atual, passou a ser usado nos pacientes obesos. Enquanto a equação de 2003 é recomendada para pacientes críticos eutróficos, a de 1998 é recomendada para pacientes críticos, obesos, em ventilação mecânica (WALKER et al, 2009).

PS 1998 = (1,1 x HB) + (140 X temp. máxima) + (32 x ventilação por min) – 5,340 (WALKER et al, 2009).

PS 2003 = (0,85 x HB) + (175 X temp. maxima) + (33 x ventilação por min) – 6,433 (WALKER et al, 2003).

**Brandi:** Criada em 1992, utiliza o valor de VO2 encontrado para calcular o gasto energético do paciente.

$$\text{GER} = \text{VO}_2 \times 6,996 \text{ (BRANDI et al, 1992)}$$

**Liggett:** Equação criada em 1987, que utiliza dados hemodinâmicos para obter o gasto energético do paciente.

$$\text{GER} = \text{DC} \times [96,54 \times \text{Hb} \times (\text{SaO}_2 - \text{SvO}_2)], \text{ em kcal/dia (LIGGETT et al, 1987)}$$

#### 4. RESULTADOS

O estudo de Coletto et AL (2003), realizado no CTI do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto, teve por objetivo comparar as medidas do gasto energético obtidas pela calorimetria indireta e pela equação de Harris-Benedict. Foram analisados 28 pacientes de ambos os sexos, separados em dois grupos com fatores de correção para injúria e atividade em estado grave, vítimas de sepse de qualquer origem e sob ventilação mecânica: grupo 1 (19 pacientes com quatro séries de medidas de 30 minutos de calorimetria) e grupo 2 (09 pacientes com as medidas isoladas). Foram realizadas 85 medidas de calorimetria indireta nos 28 pacientes.

Os valores médios obtidos através da equação de Harris-Benedict do gasto energético real (GER) obtido através da calorimetria indireta foi de  $1669 \pm 266$  kcal/dia para o grupo 1 e de  $1351,22 \pm 275,34$  kcal/dia para os demais. O valor médio do gasto energético basal (GEBH-B) foi de  $1507,5 \pm 208,1$  kcal/dia para os pacientes avaliados no grupo 1 e  $1317,1 \pm 240,7$  kcal/dia para os do grupo 2. Quando utilizados os fatores de correção para injúria e atividade, os valores do gasto energético total calculado representaram  $2894,5 \pm 399,6$  kcal/dia e  $2528,82 \pm 462,15$  kcal/dia, para os grupos 1 e 2, respectivamente. Os resultados evidenciaram diferença estatisticamente significativa ( $p = 0,02$ ) entre o gasto energético médio resultante da equação de Harris-Benedict ( $1507,5 \pm 208$  kcal/dia) e o valor médio obtido pela calorimetria indireta ( $1669,0 \pm 266,0$  kcal/dia) no grupo 1. No grupo 2, não foi observada diferença estatisticamente significativa ( $p = 0,41$ ) entre o GEBH-B ( $1317,1 \pm 240,70$  kcal/dia) e o GER ( $1351,22 \pm 275,34$  kcal/dia) (COLETTTO et al, 2003).

Santos et AL (2009) conduziram um estudo observacional prospectivo com 40 pacientes adultos em ambos os sexos, internados no Hospital das Clínicas de Porto Alegre. O objetivo foi avaliar a concordância entre o gasto energético mensurado pela calorimetria indireta e o estimado pela fórmula de Ireton-Jones de pacientes críticos em ventilação mecânica assistida. A média de gasto energético mensurado pela calorimetria indireta nestes pacientes foi de  $1558 \pm 304$  kcal/dia e a média de gasto energético estimado pela fórmula de IJ foi de  $1911 \pm 246$  kcal/dia. A conclusão do estudo foi de que a fórmula de IJ

superestimou o gasto energético mensurado pela calorimetria indireta. Sendo assim o resultado entre os métodos foi significativo ( $p < 0,004$ ) (SANTOS et al, 2009).

Em 2003, outro estudo realizado no Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto, avaliou o gasto energético em pacientes sépticos, através da correlação entre a calorimetria indireta e duas equações preditivas, obtidas a partir de dados hemodinâmicos (amostra de sangue venoso e sangue arterial para análise dos gases sanguíneos, permitindo assim a avaliação da concentração de hemoglobina; saturação de oxigênio e pressão parcial de oxigênio; para a obtenção do  $VO_2$ ). Foram avaliados 15 pacientes adultos de ambos os sexos, com choque séptico, após restauração volêmica e estabilização hemodinâmica. A média do gasto energético obtido pela calorimetria indireta foi de  $1669 \pm 271$  kcal/dia. Foi também calculado pelas equações de Brandi e Liggett, que utilizam dados hemodinâmicos, nos quais foram encontrados  $1815 \pm 355$  kcal/dia e  $1361 \pm 277$  kcal/dia, respectivamente. A diferença encontrada entre as equações preditivas e a calorimetria indireta não foi significativa ( $p < 0,05$ ).

Em um estudo prospectivo, longitudinal, realizado nos Hospitais da Universidade de Cleveland, Ohio (EUA), com uma amostra de conveniência de 360 pacientes críticos, no período de 14 meses, teve como objetivo avaliar a adequação nutricional dos pacientes. Para isso foram analisados os valores calóricos recebidos pelos pacientes e comparado com a prescrição médica, prescrição da nutricionista, resultado da calorimetria indireta e ainda comparado a prescrição médica com a prescrição da nutricionista. Os dados foram obtidos através de prontuários. Todos os pacientes tinham 18 anos ou mais, estavam em uso de ventilação mecânica. Para o cálculo do valor calórico, as nutricionistas utilizaram o guideline da American College of Chest Physicians (25-30 kcal/kg pacientes com estresse leve e moderado e 30-35 kcal/kg em pacientes catabólicos). Para a análise dos resultados, foram consideradas  $< 90\%$  subalimentação, 90-110% alimentação adequada e  $> 110\%$  hiperalimentação. O resultado obtido foi que os pacientes recebiam 83% do valor calórico prescrito pelo médico, 68% do prescrito pela nutricionista e 105% do calculado através da calorimetria indireta. Quando comparada com a prescrição nutricional, a prescrição médica atingia 84% (HIGGINS et al, 2006)

Um estudo realizado no Hospital da Universidade da Pensilvânia através da avaliação retrospectiva no banco de dados de 1991, incluiu pacientes que foram avaliados pela calorimetria indireta além da avaliação nutricional. O objetivo do estudo foi de avaliar a precisão de equações preditivas em pacientes hospitalizados. Apenas a primeira medida do gasto energético de repouso (GER) foi considerada. Utilizando o peso atual (PA) dos pacientes que foram calculados pelas equações de Harris-Benedict (HB), Mifflin-St Jeor, Ireton-Jones, American College of Chest Physicians (ACCP). Em pacientes obesos também foi calculado o peso ajustado (Paj) através da equação de James e Hamwin. Para pacientes críticos foram utilizadas as equações de Swinamer e Penn State. No total, 375 pacientes foram incluídos no estudo. O valor de GER foi de  $1617 \pm 355$  kcal/dia. Através das equações de Harris-Benedict e Mifflin-Jt Jeor, foram obtidos menores GER,  $1478 \pm 301$  e  $1406 \pm 220$  kcal/kg respectivamente. Quando adicionado o fator de estresse de 1,1, os resultados foram de  $1626 \pm 331$  e  $1546 \pm 242$  kcal/dia respectivamente. Os resultados obtidos pela American College of Chest Physicians e Ireton-Jones foram os maiores,  $1920 \pm 341$  e  $1764 \pm 444$  kcal/kg. Em pacientes obesos, o GER foi de  $1790 \pm 397$  kcal/kg. Através da equação de Harris-Benedict foi encontrado o valor de  $1771 \pm 375$  kcal/kg e pela equação de Ireton-Jones  $2079 \pm 474$  kcal/kg. Quando utilizado o peso ajustado, pela equação de Hamwi e de James, foi encontrado  $1554 \pm 317$  e  $1602 \pm 262$  kcal/kg, respectivamente. Já para os pacientes em ventilação mecânica, o valor de GER foi de  $1730 \pm 402$  kcal. Utilizando a equação de Swinamer foi encontrado o valor de  $1696 \pm 360$  kcal/kg, e pela equação de Penn State  $1536 \pm 327$  kcal/kg. Quando utilizado o fator de estresse na equação de Harris-Benedict para estes pacientes, foi encontrado o valor de  $1729 \pm 326$  kcal/kg (BOULLATA et al, 2007).

	GER pela Calorimetria Indireta	GER pelas Equações preditivas (kcal/kg)
Paciente Eutrofico	$1617 \pm 355$ kcal	HB: $1478 \pm 301$ kcal HB x 1,1: $1626 \pm 331$ kcal Mifflin-St Jeor: $1406 \pm 220$ kcal Mifflin-St Jeor: $1546 \pm 242$ kcal ACCP: $1920 \pm 341$ kcal

		Ireton-Jones: 1764±444 kcal
Pacientes Obesos	1790±397kcal/kg	HB (PA): 1771±375 kcal HB(Paj): eq. Hamwin: 1554±317 kcal Eq. James: 1602±263 kcal Ireton-Jones: 2079±474 kcal
Pacientes em VM	1730±402kcal/kg	Swinamer: 1696±360 kcal Penn State: 1536±327 kcal HB x 1,1: 1729±326 kcal

## CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo revisar na literatura o uso da calorimetria indireta em pacientes críticos para avaliar o seu benefício. Especial ênfase foi dada aos artigos científicos que comparam a calorimetria indireta com fórmulas preditivas.

Ressalta-se que existem poucos artigos comparando o cálculo das necessidades energéticas através da calorimetria indireta e as fórmulas preditivas, porém é possível afirmar que o resultado encontrado a partir da calorimetria indireta é o mais confiável para pacientes críticos, uma vez que as fórmulas preditivas não foram desenvolvidas para todas as alterações metabólicas que estes pacientes apresentam. Os valores encontrados pelas fórmulas preditivas sub ou superestimaram o valor encontrado pela calorimetria indireta. A diferença de resultados pode ser influenciada por vieses, como por exemplo, dados antropométricos. O peso não é aferido diariamente, portanto este pode haver alteração, uma vez que o paciente crítico é muito instável. A condição clínica e o diagnóstico dos participantes dos estudos também podem contribuir para erros de resultados.

Como utiliza o percentual de  $O_2$  inspirado e o  $CO_2$  expirado, a calorimetria indireta apresenta um resultado mais confiável para pacientes críticos, porém o alto custo do aparelho dificulta a sua utilização nos hospitais. Portanto, torna-se necessário o desenvolvimento mais estudos e pesquisas nessa área, a fim de comprovar, com mais respaldo científico, a importância de um calorímetro nas Unidades de Terapia Intensiva, a fim de adequar as necessidades energéticas de cada paciente.

## REFERENCIAS

1. BASILE-FILHO A, MARTINS, MA, BATISTON MT, VINHA PP. **Gasto energético em pacientes sépticos: Correlação entre calorimetria indireta e as equações preditivas derivadas a partir de dados hemodinâmicos.** Rev Bras Ter Intensiva. V.15, n. 3, p. 101-107, 2003
2. BASILE-FILHO A, MARTINS MA, ANTONIAZZI P, MARCHINI JS. **Calorimetria Indireta no Paciente em Estado Crítico.** Rev Bras Ter Intensiva. V. 15, n. 1, p. 29-33, 2003.
3. BALSANELLI AP, ZANEI SSSV, WHITAKER IR. Carga de trabalho de Enfermagem e sua relação com a gravidade dos pacientes cirúrgicos em UTI. Acta Paul. Enfermagem. V. 19, n. 1, 2006.
4. BRANDI LS, GRANA M, MAZZANTI T et al. **Energy expenditure and gas exchange measurements in postoperative patients: Thermodilution versus indirect calorimetry.** Crit. Care Med. V. 20, p. 1273-1283, 1992.
5. BOULLATA J, WILLIAMS J, COTTRELL F, HUDSON L, COMPER C. **Accurate Determination of Energy Needs in Hospitalized Patients.** Journal of American Dietetic Association. V. 107, n. 3, p 393-401, 2007.
6. CORTÊS JFF, FERNANDES SL, NOGUEIRA-MADURO IPN, FILHO AB, et al. **Terapia Nutricional no Paciente Criticamente Enfermo.** Medicina, Ribeirão Preto. V.36, abr./dez., p. 394-398, 2003.
7. DAVID CM, GOLDWASSER R. Como Iniciar e Manter o Paciente em Ventilação Mecânica. In: DAVID CM. **Ventilação Mecânica: Da Fisiologia à Prática Clínica.** Rio de Janeiro: Editora Revinter, 2001. p 291 – 307
8. DAVID CM. Ventilação não Invasiva. In: DAVID CM. **Ventilação Mecânica: Da Fisiologia à Prática Clínica.** Rio de Janeiro: Editora Revinter, 2001. p 409-427
9. DIAS ACF, SILVA FILHO AA, CÔMODO ARO, TOMAZ BA et al. **Gasto Energético Avaliado pela Calorimetria Indireta.** Projeto Diretrizes. Janeiro, 2009.
10. DIENER JRC. **Calorimetria Indireta.** Rev Ass Med Brasil. V. 43, n. 3, p. 245-253, 1997.
11. DREYER E, ZUNIGÃ QGP. Ventilação Mecânica. In CINTRA EA, NISHIDE VM, NUNES WA. **Assistência de Enfermagem ao Paciente Crítico.** São Paulo: Editora Atheneu, 2000. p 351 – 367.
12. FONTOURA CSM, CRUZ DO, LONDERO LG, VIEIRA RM. **Avaliação Nutricional de Paciente Crítico.** Rev Bras Ter Intensiva. V18, n. 3, p. 298 – 306, 2006.
13. HIGGINS PA, DALY BJ, LIPSON AR, GUO SE. **Assessing Nutritional Status in Chronically Ill Adult Patients.** American Journal of Critical Care. V. 15, n. 2, p. 166-176, 2006.
14. Hwang TL, Huang SL, Chen MF. **The use of indirect calorimetry in critically ill patients. The relationship of measured energy expenditure to injury severity**

- score, septic severity score, and APACHE II score.** J Trauma 1993; 34:247.  
Frankenfield DC, Wiles CE, Bagley S, Siegel JH. Relationship between resting and total energy expenditure in injured and septic patients. Crit Care Med 1994; 22:1796.
15. LIGGETT SB, St JOHN RE, LEFRAK SS. **Determination of resting energy expenditure utilizing the thermo dilution pulmonary artery catheter.** Chest. V. 91, p. 562-566, 1987.
  16. MAICÀ AO, SCHWEIGERT ID. **Avaliação nutricional em pacientes graves.** Rev Bras Ter Intensiva. V. 20, n. 3, p.286-295, 2008.
  17. MARCHINI JS, FETT CA, FETT WCR, SUEN VMM. **Calorimetria: aplicações práticas e considerações críticas.** Fitness e Performance. V. 4, n. 2, p. 90-96, 2007.
  18. MIFFLIN MD, JEOR ST, HILL LA, SCOTT BJ, DAUGHERTY AS, KOH YO. **A New Predictive Equation for Resting Energy Expenditure in Healthy Individuals.** The American Journal of Clinical Nutrition. V.51, n. 2, p. 241-247, 1990.
  19. MIRANDA AF, BRITO S. Suporte Nutricional. In: CINTRA EA, NISHIDE VM, NUNES WA. **Assistência de Enfermagem ao Paciente Crítico.** São Paulo: Editora Atheneu, 2000. p 187 – 221.
  20. SANTOS LJ, BALBINOTTI L, MARQUES AC, ALSCHER S, VIEIRA SRR. **Gasto energético em ventilação mecânica: existe concordância entre equação de Ireton-Jones e a calorimetria indireta?** Rev Bras Ter Intensiva. V. 21, n. 2, p. 129-134, 2009.
  21. COLETTI FA, MARSON F, CAMPOS AD, MARCHINI JS, BASILE-FILHO A. **Análise comparativa do gasto energético entre as equações de Harris-Benedict e de Long e a calorimetria indireta em pacientes sépticos.** Rev Bras Ter Intensiva. V. 15, n. 3, p. 93-100, 2003.
  22. WALKER RN, HEUBERGER RA. **Predictive Equations for Energy Needs for the Critically Ill.** Respiratory Care. V. 54, n. 4, p 509 – 521, 2009.