

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA - PNEUMOLOGIA**

**GASTO ENERGÉTICO DE PACIENTES EM  
VENTILAÇÃO MECÂNICA:  
ESTUDO COMPARATIVO DAS MODALIDADES  
CONTROLADA E ASSISTIDA ATRAVÉS DA  
CALORIMETRIA INDIRETA.**

**JORGE AMILTON HÖHER**

**Tese de Doutorado**

**Orientador: Prof. Dr. PAULO JOSÉ ZIMERMANN TEIXEIRA**

**Porto Alegre, setembro de 2005.**

H719g Höher, Jorge Amilton

Gasto energético de pacientes em ventilação mecânica: estudo comparativo das modalidades controlada e assistida através da calorimetria indireta / Jorge Amilton Höher; orient. Paulo José Zimmermann Teixeira. – 2005.

59 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Medicina. Programa de Pós-Graduação Medicina: Pneumologia. Porto Alegre, BR-RS, 2005.

1. Respiração artificial 2. Metabolismo energético 3. Calorimetria indireta I. Teixeira, Paulo José Zimmermann II. Título.

NLM: WF 145

Catálogo Biblioteca FAMED/HCPA

**Bibliotecárias Responsáveis:**

Liana Franzen

Maria de Lourdes dos Santos Ponte

Helen Rose Flores de Flores CRB/10-1042

**Defesa da Tese:** 16 de setembro de 2005

**Banca Examinadora:**

Prof<sup>a</sup>. Dra. Carmen Sílvia Valente Barbas

Livre-docente pela Universidade de São Paulo, USP, Brasil.

Pós-Doutora pela St. Paul University, STPAUL, Estados Unidos.

Prof<sup>a</sup>. Dra. Denise Ziegler

Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil.

Professora da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS, Brasil.

Prof<sup>a</sup>. Dra. Sílvia Regina Rios Vieira

Pós-Doutora pela Université de Paris VI, U.P. VI, França.

Professora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil.

**Conceitos atribuídos pela Banca:** A / A / A

**Conceito Final atribuído:** A

## **AGRADECIMENTOS**

Um registro de agradecimento a todas as pessoas e entidades que, de forma direta ou indireta, colaboraram para a viabilização deste trabalho, em particular à Dra. Léria Rosane Holsbach, Prof<sup>a</sup>. Ms. Denise Zaffari e Prof<sup>a</sup>. Ms. Laura da Palma Elsing. Um agradecimento especial ao Prof. Ms. Honores Mambrini, ao Prof. Dr. José da Silva Moreira, pelo incentivo e apoio sempre demonstrados e ao Prof. Dr. Paulo Zimmermann Teixeira, orientador deste trabalho, pela amizade que foi reafirmada, eficiência, dedicação e disponibilidade constantes.

## SUMÁRIO

Resumo	5
Abstract	7
Lista de Tabelas	9
Lista de Figuras	10
Abreviaturas	11
1. Introdução	12
1.1. Conceitos em Nutrição	13
1.2. Métodos para Medida do Gasto Energético	15
1.2.1. Calorimetria Direta	15
1.2.2. Calorimetria Indireta Respiratória	15
1.2.3. Água Duplamente Marcada	16
1.2.4. Método de Fick – Termodiluição	16
1.3. Estimativas do Gasto Energético Total	18

1.4. Padrão Áureo para Medida do Gasto Energético	
.....	20
1.5. Aspectos da Mecânica Respiratória	
.....	22
2. Hipóteses	
.....	26
3. Objetivos	
.....	27
4. Material e Métodos	
.....	28
5. Resultados	
.....	33
6. Discussão	
.....	46
7. Conclusões	
.....	50
8. Bibliografia	
.....	51
9. Anexos	
.....	57

## RESUMO

A necessidade de estimar com precisão o gasto energético dos pacientes gravemente doentes é cada vez mais importante para que se possa planejar uma nutrição adequada. Está bem estabelecido que tanto a desnutrição quanto o excesso alimentar prejudicam a evolução favorável destes doentes, especialmente quando estão sob ventilação mecânica.

O objetivo do presente estudo foi comparar o Gasto Energético Total (GET) dos pacientes ventilados mecanicamente nos modos controlado e assistido, através da calorimetria indireta, medidos pelos monitores de gases TEEM-100 e DATEX-OHMEDA, verificando a necessidade de ajuste no aporte calórico em cada modo, correlacionando-os com a equação de Harris-Benedict (H-B).

Foram estudados 100 pacientes em que os gases exalados (CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>) foram medidos durante 20 minutos em cada modo ventilatório (controlado e assistido) e o gasto energético calculado pela fórmula de "Weir", determinando o GET, em 24 horas e comparado com o GET estimado pela equação de H-B. A média do escore APACHE II foi  $21,1 \pm 8,3$ .

A média dos valores estimados pela equação de H-B foi de  $1853,87 \pm 488,67$  Kcal/24 h, considerando os fatores de atividade e estresse.

Os valores médios obtidos pela calorimetria indireta (CI) foram de  $1712,76 \pm 491,95$  Kcal/24 h para a modalidade controlada e de

1867,33±542,67 Kcal/24 h para a assistida. A média do GET na modalidade assistida foi de 10,71% maior do que na controlada ( $p<0,001$ ).

A comparação das médias do GET, obtidos por CI com a equação de H-B ajustada para fatores de atividade e estresse demonstraram que a equação superestimou em 141,10 Kcal/24 h (8,2%) ( $p=0,012$ ), quando na modalidade controlada. Retirando-se os fatores de atividade, observou-se uma tendência não significativa a subestimar em 44,28 Kcal/24 h (2,6%) ( $p=0,399$ ).

Quando na modalidade assistida, a comparação com H-B sem o fator de atividade, a medida por CI subestima em 198,84 Kcal/24 h, (10,71%), ( $p=0,001$ ), enquanto que com o fator de atividade também subestimam, mas em 13,46 Kcal/24 h (0,75%) sem significância estatística ( $p=0,829$ ).

As diferenças observadas com o uso ou não de vasopressor, presença ou não de infecção e sepse como causa de internação na UTI, o tipo de dieta parenteral ou enteral ou sem dieta, e as faixas etárias não tiveram significância estatística, portanto não tiveram influência no gasto energético entre os modos ventilatórios. Os homens quando ventilando no modo controlado gastaram mais energia em relação às mulheres (1838,08 vs. 1577,01;  $p=0,007$ ).

Concluindo-se, os dados sugerem que devemos considerar o fator de atividade de 10%, somente quando em VM assistida, uma vez que este fator de atividade determina hiperalimentação, quando no modo controlado.

#### PALAVRAS-CHAVE:

Ventilação Mecânica; Gasto Energético; Calorimetria Indireta.

## ABSTRACT

The need to accurately estimate energy expenditure in critically ill patients gains increasing importance in the planning of an appropriate nutrition strategy. Both under and overfeeding diet approaches have been fully proven to bear negative influence on outcomes of such patients, in particular when mechanically ventilated.

This study was designed to assess Total Energy Expenditure (TEE) in mechanically ventilated patients when control and assist ventilatory modes were used, verifying the need to adapt nutritional calories intake for each ventilation mode using Harris-Benedict equation (H-B) and comparing with indirect calorimetry (TEEM-100 and DATEX-OHMEDA monitors).

One-hundred patients under mechanical ventilation with a mean APACHE II score of  $21.1 \pm 8.3$  had their exhaled gases  $\text{CO}_2$  and  $\text{O}_2$  measured during 20 min for each ventilatory mode. TEE was calculated using the “*Weir*” formula for a 24-h period and then compared with the results calculated by the H-B equation. The mean TEE estimated by the H-B equation was  $1,853.87 \pm 488.67$  kcal/24h considering stress factor and activity level. The mean TEE measured by indirect calorimetry (IC) was  $1,712.76 \pm 491.95$  kcal/24h for control ventilation and  $1,867.33 \pm 542.67$  kcal/24h for assist ventilation.

Average TEE for assist ventilation was 10.71% above the figure for control ventilation ( $p < 0.001$ ).

For control ventilation, the comparison between TEE averages obtained by IC and H-B considering stress and activity level factors demonstrated that the H-B equation overestimated the IC measurement by 141.10 kcal/24h (8.2%) ( $p \leq 0.012$ ). Alternatively, when activity level factor were not considered, there was a non statistically significant trend to underestimate TEE by 44.28 kcal/24h (2.6%) ( $p \leq 0.399$ ). When patients were under assist ventilation, their TEE calculated by H-B equation without activity level factor, significantly underestimated TEE obtained by IC by 198.84 kcal/24h (10.71%) ( $p = 0.001$ ). Considering activity level factor, a TEE underestimation was observed (13.46 Kcal/24h), although not significant ( $p = 0.829$ ). Aspects such as the use of vasoactive agents, infection and/or sepsis as ICU admission criteria, parenteral or enteral diet, no diet, and age group had no statistical significance in the results obtained and therefore no influence on energy expenditure for the ventilation modes assessed. During control ventilation, men spent more energy as compared to women (1,838.08 and 1,577.01, respectively;  $p = 0.007$ ).

In conclusion, the data obtained suggest the 10% activity level factor should be used in H-B equation only when patients are under assist ventilation, since the factor determines overfeeding when they are under control ventilation.

**KEY WORDS:**

Mechanical Ventilation; Energy Expenditure; Indirect Calorimetry.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Características da população estudada .....	34
<b>Tabela 2</b> - Gasto Energético Total estimado pela equação de Harris-Benedict com fator de correção .....	35
<b>Tabela 3</b> - Valores médios do Gasto Energético Total dos pacientes em VM controlada e assistida e a variação entre os monitores calorimétricos .....	36
<b>Tabela 4</b> - Gasto Energético Total medido por Calorimetria Indireta.....	37
<b>Tabela 5</b> - Gasto Energético Total médio estimado com e sem Fator de Atividade pela equação de Harris-Benedict e medido por Calorimetria Indireta nos diferentes modos ventilatórios .....	38
<b>Tabela 6</b> - Gasto Energético Total medido pela Calorimetria Indireta conforme o suporte nutricional .....	44
<b>Tabela 7</b> - Gasto Energético Total medido pela Calorimetria Indireta conforme as faixas etárias .....	44

<b>Tabela 8</b> - Médias das medidas de Complacência encontradas nos dois modos ventilatórios .....	45
--	----

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Gasto Energético Total medido por calorimetria indireta nos modos ventilatórios controlado e assistido, estimados por Harris-Benedict com fator de atividade e sem fator de atividade .....	39
<b>Figura 2</b> - Gasto Energético Total medido por calorimetria indireta nos dois modos ventilatórios - expressos em médias e desvios padrão .....	40
<b>Figura 3</b> - Correlação entre o Gasto Energético Total estimado pela equação de Harris-Benedict e o Gasto Energético Total medido por Calorimetria Indireta no modo ventilatório controlado .....	41

**Figura 4** - Correlação entre o Gasto Energético Total estimado pela equação de Harris-Benedict e o Gasto Energético Total medido por Calorimetria Indireta no modo ventilatório assistido

..... 42

## **ABREVIATURAS**

1. APACHE = acute physiology and chronic health evaluation
2. CI = calorimetria indireta
3. CPAP = pressão positiva contínua nas vias aéreas
4. Delta P = variação de pressão
5. EMTN = equipe multidisciplinar de terapia nutricional
6. FA = fator de atividade
7. FiO<sub>2</sub> = fração de oxigênio no gás inspirado
8. FR = frequência respiratória

9. GEB = gasto energético basal
10. GET = gasto energético total
11. H-B = Harris-Benedict
12. Hgb = hemoglobina
13. IMV = ventilação mandatória intermitente
14. NPO = nada por via oral ou sem dieta
15. NPT = nutrição parenteral total
16. PCV = ventilação com pressão controlada
17. PEEP = pressão positiva no final da expiração
18. Pmédia = pressão média das vias aéreas
19. Ppico = pressão de pico das vias aéreas
20. Pplatô = pressão de platô das vias aéreas
21. PSV = ventilação com pressão suporte ou pressão assistida
22. QR = quociente respiratório
23. SIMV = ventilação mandatória intermitente sincronizada
24. VAC = volume de ar corrente
25. VCM = ventilação com volume minuto controlado
26. VCO<sub>2</sub> = dióxido de carbono produzido
27. VM = ventilação mecânica
28. VO<sub>2</sub> = oxigênio consumido

## **1. INTRODUÇÃO**

Avanços significativos ocorreram recentemente nos cuidados nutricionais de pacientes hospitalizados<sup>1</sup>. Novas e melhores dietas e técnicas de administração foram desenvolvidas para fornecer nutrientes de forma segura e eficiente. A avaliação e a prescrição nutricional são hoje componentes do cuidado integral do paciente<sup>2-5</sup>.

Vários estudos têm mostrado que o adequado aporte nutricional durante a doença crítica facilita o desmame da ventilação mecânica e reduz o tempo de hospitalização <sup>6</sup>.

É desafio para os clínicos prover energia adequada para a síntese dos tecidos e função imunológica bem como evitar complicações associadas ao excesso alimentar <sup>7</sup>.

A desnutrição, a inadequação do aporte nutricional ao paciente, assim como o excesso alimentar podem determinar complicações significativas que irão alterar o curso da doença <sup>8-9</sup>, especialmente em pacientes graves e ventilados mecanicamente <sup>5, 10-12</sup>.

A desnutrição tem sido associada à piora dos resultados: prolongamento do tempo de ventilação mecânica; e aumento do risco de infecção e também aumento da mortalidade <sup>13</sup>.

No paciente crítico, a desnutrição compromete a resposta imunológica, causa perda da massa magra <sup>14</sup>, promove fraqueza muscular respiratória, torna o paciente vulnerável à infecções graves, freqüentemente associadas à disfunções orgânicas, sendo essa associação, atualmente, a principal causa de morte nas Unidades de Tratamento Intensivo <sup>15</sup>. Também está associada a retardo na cicatrização de feridas e, deprimindo a função muscular, dificulta a função respiratória, aumentando a morbi-mortalidade <sup>16</sup>.

A oferta calórica excessiva a um paciente grave deve ser evitada, porque agrava o estado de hipermetabolismo e aumenta a produção de catecolaminas, aumentando a demanda cardiorrespiratória, prolongando o tempo de ventilação mecânica e o gasto energético <sup>4, 11</sup>.

Também pode ocorrer hiperglicemia, diurese osmótica, estados hiperosmolares, infiltração gordurosa do fígado, excesso da produção de dióxido de carbono e deterioração da função respiratória <sup>8, 17-19</sup>.

A primeira fonte calórica nos pacientes hipermetabólicos é a glicose. A taxa de oxidação da glicose é de 5 mg/kg/min, ou seja 7,2 g/kg/dia, e nestes pacientes parte dela é fornecida pela gliconeogênese. Desta forma, quando

administramos mais de 5 g/kg/dia, freqüentemente produzimos hiperglicemia, hiperosmolaridade, esteatose hepática e aumento da produção de CO<sub>2</sub> com conseqüente aumento do trabalho respiratório<sup>3</sup>. Neste sentido, o estudo clássico de Talper et. al. em 1992, com pacientes ventilados mecanicamente usando nutrição parenteral total, demonstrou que o aumento da produção de CO<sub>2</sub> estava mais relacionado com a hipernutrição do que com a fonte de carboidratos da dieta<sup>4,20</sup>.

Baseado neste conhecimento, na opinião de especialistas e a partir de dados obtidos em estudos envolvendo doentes cirúrgicos, queimados e pacientes com traumatismo craniano, o American College of Chest Physicians (ACCP) publicou, em 1997 diretrizes com o objetivo de uniformizar condutas nutricionais nas UTI(s)<sup>13,21</sup>.

## 1.1. CONCEITOS EM NUTRIÇÃO

**Metabolismo** é a denominação do conjunto de processos pelos quais os nutrientes são manipulados para fornecer energia e matéria prima para que o organismo desenvolva todas as suas atividades.

**Metabolismo basal** é a energia gasta pelo organismo para manter suas funções vitais, em repouso físico e mental, após jejum de doze horas, à temperatura ambiente de 20 graus centígrados, e em estado de vigília<sup>22</sup>.

**Gasto energético total** de um indivíduo é a soma da energia empregada no seu metabolismo basal, na termogênese e na atividade física.

**Termogênese** se define como as necessidades energéticas além do metabolismo basal em estado de repouso. Nela se incluem os efeitos da ingestão dos alimentos, que produz um aumento energético secundário aos processos biológicos de digestão, absorção, transformação e armazenamento dos substratos, assim como o aumento devido ao sistema nervoso simpático.

Nas necessidades energéticas, devidas à termogênese, se incluem a exposição ao frio e a todos os fatores que aumentam as demandas energéticas como ocorre, por exemplo, em traumatismos, febre, e sepse.

A atividade física tem muita importância no cálculo do gasto energético total (GET) do indivíduo sadio. O GET é reduzido sensivelmente quando o paciente se encontra acamado ou em repouso e, tem valor mínimo em pacientes em estado crítico <sup>23</sup>.

As necessidades de energia alimentar se expressam em unidades energéticas (calorias ou joules, onde 1 caloria equivale a 4,184 J) por dia.

A fonte de energia do homem é o metabolismo dos alimentos e esses precisam ser fornecidos regularmente para a produção de energia necessária à sobrevivência do organismo <sup>22</sup>.

A determinação precisa do gasto energético é muito importante em qualquer paciente grave, uma vez que é bem conhecido hoje que a hiperalimentação em pacientes críticos pode provocar complicações tanto quanto em situações de desnutrição <sup>11</sup>.

O Gasto Energético Total (GET) é a energia requerida pelo indivíduo durante o período de 24 horas. Esta energia despendida pode ser difícil de estimar, especialmente em pacientes graves. A medida deve ser obtida usando-se boa técnica para assegurar um resultado acurado <sup>24</sup>, uma vez que existem vários métodos disponíveis para a sua determinação <sup>25</sup>.

## **1.2. MÉTODOS PARA MEDIDA DO GASTO ENERGÉTICO**

### **1.2.1. Calorimetria Direta**

A Calorimetria Direta mede o metabolismo basal pela determinação da quantidade de calor, produzido pela oxidação dos nutrientes. Não é possível

medir em pacientes ventilados mecanicamente, por requerer um aparelho de grande porte, ter alto custo e demanda o isolamento total do paciente. Apresenta uma acurácia de 99%.

### 1.2.2. Calorimetria Indireta Respiratória

A Calorimetria Indireta Respiratória é um método seguro, prático, não invasivo, realizada com equipamento portátil à beira do leito. O calorímetro básico é composto de um coletor de gases que se adapta ao paciente (canópio, peça bucal ou dispositivo ligado ao respirador), um sistema de medida de volume e concentração de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>. O paciente inspira e expira um volume de ar conhecido e por meio da válvula unidirecional colhem-se amostras de ar expirado para quantificar o volume e as concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>. Conhecidos estes volumes e concentrações, calcula-se o gasto energético pela fórmula de “Weir”:

$$GE = [ 3,9(VO_2) + 1,1(VCO_2) 1,44 ]$$

GE = gasto energético (Kcal/dia)

VO<sub>2</sub> = oxigênio consumido (mL/min)

VCO<sub>2</sub> = dióxido de carbono produzido (mL/min) <sup>4-5, 24, 26-31</sup>.

A calorimetria indireta pode ser uma ferramenta útil na provisão do suporte nutricional. Ela permite determinar acuradamente o gasto energético e o tipo de substrato energético utilizado <sup>24, 26, 32</sup>. Baseia-se no princípio de que não existe uma reserva apreciável de oxigênio no organismo, que o oxigênio consumido reflete a oxidação dos nutrientes e que toda a energia química no organismo é proveniente do metabolismo de carboidratos, gorduras e proteínas. A quantidade de oxigênio utilizada para a oxidação e a produção de gás carbônico dependerá do substrato que está sendo oxidado <sup>33</sup>.

### 1.2.3. Água Duplamente Marcada

Água Duplamente Marcada consiste em um método criado em 1982, por Schoeller e Van Santen, e informa o gasto energético acumulado por mais de 2 dias. Considera que o “*turnover*” de O<sub>2</sub> no organismo é determinado tanto pelo fluxo de água através do organismo, quanto pelo O<sub>2</sub> inspirado e CO<sub>2</sub> expirado, enquanto que o “*turnover*” de hidrogênio é determinado só pelo fluxo de água <sup>34</sup>. O paciente ingere água com isótopos estáveis (isótopo H<sub>2</sub>-deuterium) e o O<sub>18</sub>, que em 3 horas se mistura com a água corporal total. Com o consumo de energia, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O são produzidos, sendo que o CO<sub>2</sub> é excretado pelos pulmões, pele e urina.

A taxa da perda de O<sub>18</sub> e H<sub>2</sub> é dada pela medida do declínio na concentração dos isótopos na urina (colheita de 2 a 21 dias).

A água marcada é cara e precisa de um espectrofotômetro para medir a concentração dos isótopos. O método não particulariza os momentos dos gastos energéticos <sup>4</sup>.

### 1.2.4. Método de FICK – Termodiluição

Também chamada de Calorimetria Indireta Circulatória. O método é utilizado em pacientes críticos, sendo necessária a disponibilidade de um cateter de *Swan–Ganz*, colocado na artéria pulmonar para medir o débito cardíaco <sup>35-36</sup>.

As medidas de débito cardíaco e saturação de O<sub>2</sub> são tomadas em um mesmo momento e aplicadas à fórmula .

$$\text{GER} = \text{DC} \times \text{Hgb} (\text{Sat a O}_2 - \text{Sat v O}_2) \times 95,18$$

Onde GER = Gasto Energético em Repouso

DC = Débito Cardíaco

Hgb = hemoglobina

Sat. a O<sub>2</sub> = saturação arterial de oxigênio

Sat. v O<sub>2</sub> = saturação venosa de oxigênio <sup>4</sup>

Este método tem demonstrado boa correlação com a calorimetria indireta respiratória e se aplica em pacientes que estão com fração inspirada de oxigênio maiores do que 60% <sup>37-39</sup>.

Outras maneiras de determinar o GET são as fórmulas e normogramas validados pelos diversos estudos comparativos realizados. A variedade de fórmulas disponíveis para estimar o gasto energético em repouso levam em conta: peso, altura, idade e sexo <sup>40</sup>. As tabelas, fórmulas e normogramas disponíveis apresentam a vantagem de serem rápidas, não necessitando de equipamentos caros. No entanto, oferecem somente uma estimativa de gasto energético, podendo sofrer variações. Eventos comuns em pacientes críticos, tais como variações na frequência cardíaca, na temperatura e flutuações do peso, decorrentes de edema, alteram o consumo energético destes.

Em 1919 James Arthur Harris e Francis G. Benedict publicaram seu famoso estudo, realizado com 249 pacientes e que originou a equação, amplamente utilizada para estimar o gasto energético basal <sup>29, 41-42</sup>.

### 1.3. ESTIMATIVAS DO GASTO ENERGÉTICO TOTAL

Obtém-se o GET, multiplicando o GEB obtido pela equação de H-B, pelo fator de estresse e pelo fator de atividade <sup>5, 41,43</sup>.

$$\text{Homens} = \text{GEB} = 66,47 + (13,75 \times P) + (5,0 \times A) - (6,76 \times I)$$

$$\text{Mulheres} = \text{GEB} = 665,1 + (9,56 \times P) + (1,85 \times A) - (4,68 \times I)$$

onde:

GEB = gasto energético basal

P = peso em Kg

A = altura em centímetros

I = idade em anos

GET = gasto energético total

GET = GEB x fator de estresse x fator de atividade<sup>4, 41</sup>.

Fator de estresse :

1.20 – pós-operatório e doença febril

1.40 – 1.50 – trauma maior, infecção moderada, duas ou mais falências.

1.50 – 1.80 – sepse severa, falência de múltiplos órgãos

1.80 – 2.0 – grande queimado com sepse

Fator de atividade :

1.10 – acamado e com ventilação mecânica

1.15 – acamado

1.25 – atividade normal

1.5 – atleta com alta atividade<sup>44</sup>.

Na literatura, as tabelas apresentadas para fatores de estresse e atividade mostram variações como a apresentada no clássico estudo de Long e cols. 1979<sup>41</sup>, que não contempla diferenças entre ventilação espontânea ou mecânica.

Fator de atividade:

1.20– confinado ao leito

1.30– deambulando

Fator de estresse:

1.20 – cirurgia menor

1.35 – traumatismo esquelético

1.60 – sepse grave

2.10 – grande queimado <sup>41-45</sup>

Na prática clínica, não se considera no cálculo do GET o efeito térmico dos alimentos. O efeito térmico dos alimentos é a energia consumida na digestão, ao se moverem pelos intestinos. Do mesmo modo é requerida energia na secreção dos sucos digestivos no trato intestinal. Uma maquinaria celular é ativada e calor é gerado. É estimado que o efeito térmico dos alimentos alcança 10% das necessidades calóricas diárias. Entretanto, essa carga energética pode ser ignorada no cálculo diário, porque há imprecisão nos métodos de determinação <sup>46</sup>.

Daly e cols. 1985, demonstraram que Harris–Benedict superestimam em 10 a 15 % o Gasto Energético Total <sup>47</sup>. Coletto, 2002, estudando 28 pacientes graves com sepse e/ ou trauma demonstrou que, quando a equação é corrigida pelos fatores de estresse, o gasto energético é superestimado em mais de 50%<sup>48</sup>.

Faisy e cols. 2003, partindo de que as equações usuais que determinam o gasto energético em repouso não são apropriadas para pacientes criticamente doentes e de que a calorimetria indireta é uma rotina operacionalmente difícil, estudaram 70 pacientes ventilados mecanicamente. Mediram o gasto energético pela calorimetria indireta e compararam com o gasto estimado pela equação de Harris–Benedict, observando que o gasto medido foi 25% a mais do que o gasto energético em repouso estimado sem o fator de estresse. Esta diferença não foi estatisticamente significativa, quando a equação foi corrigida por fatores de estresse proposto por Long e cols.<sup>29, 49</sup>. Estes achados também foram confirmados nos trabalhos de Weissman e cols 1986 e 1989 <sup>30, 50</sup>, Swinamer e cols. 1990 <sup>51</sup>, Carlsson e cols. 1984 <sup>52</sup>, e Van Lanschot e cols. 1986 <sup>8</sup>.

As fórmulas de Long e de Ireton–Jones têm a pretensão de serem mais fidedignas para pacientes com suporte ventilatório, mas seus resultados não têm sido validados adequadamente por outros pesquisadores.

Para pacientes dependentes do ventilador:

$$\text{GET} = 1925 - 10 (\text{idade}) + 5 (\text{peso}) + 281 (\text{sexo}) + 292 (\text{trauma}) + 831 (\text{queimado})$$

Para pacientes que respiram espontaneamente:

$$\text{GET} = 629 - 11 (\text{idade}) + 25 (\text{peso}) - 609 (\text{obesidade})$$

onde:            sim (1)            masculino (1)  
                   não (0)            feminino (0)<sup>4-5</sup>

#### 1.4. PADRÃO ÁUREO PARA MEDIDA DO GASTO ENERGÉTICO

Estudos do gasto energético, utilizando calorimetria direta e indireta, fornecem evidências da eficácia do método indireto<sup>47</sup>.

Estes dois métodos foram comparados em experimentos durante 40 dias com três pacientes. As calorias liberadas por estes pacientes eram em média de 2723 Kcal/24 h, quando medidas diretamente pela troca de calor e alcançavam 2717 Kcal/24 h, quando calculadas indiretamente pelo consumo de oxigênio, com uma diferença de 0,22%. Outros experimentos foram realizados em animais e humanos, sob exercícios moderados, demonstrando concordância entre os métodos direto e indireto. A diferença foi menor do que 1%<sup>53</sup>.

Deste modo, a calorimetria indireta constitui-se no método mais fidedigno, principalmente para os doentes intubados e sob suporte ventilatório mecânico<sup>28, 54</sup>.

O padrão áureo da determinação do gasto energético em repouso é a calorimetria indireta, medida a partir da colheita do volume total de gases expirados. Quando disponível, pode ser um método auxiliar não invasivo, que favorece a diminuição da morbidade de pacientes graves, encurtando o tempo de internação na terapia intensiva e no hospital e, finalmente diminuindo a mortalidade <sup>55</sup>.

O uso da CI depende do monitor metabólico que analisa o consumo de oxigênio, produção de dióxido de carbono, energia despendida e quociente respiratório.

Técnicas de CI são usadas para determinar o quociente respiratório (QR) através da quantificação do CO<sub>2</sub> produzido e o O<sub>2</sub> consumido <sup>56</sup>.

Este índice reflete o número de moléculas de CO<sub>2</sub> produzidas por moléculas de oxigênio consumidas, demonstrando a utilização do substrato pelo organismo, que varia de 0,7 a > 1,0 <sup>24</sup>. O QR dos carboidratos é 1,0, da proteínas é 0,8 e dos lipídeos 0,7 <sup>4</sup>.

Em geral, se o QR é maior do que 1,0, o total de calorias oferecidas deve ser reduzido. Se o QR é igual a 1,0, deve-se diminuir o aporte de carboidratos e/ ou lipídeos. Se o QR é menor que 0,82, deve-se aumentar o total de energia oferecida <sup>5</sup>.

A interpretação do QR deve ser cautelosa pois há várias causas metabólicas que reduzem os valores para níveis menores do que 0,71, como: oxidação do etanol e cetonas; lipólise e subalimentação; diabetes melito; cetoacidose ou altas taxas de excreção urinária de glicose. A hipoventilação e as dificuldades técnicas de aferição de medidas dos gases podem resultar em um QR baixo, sem refletir na utilização do substrato energético.

Uma possível causa para o QR maior que 1,0 inclui o excesso na produção de CO<sub>2</sub>, íon hidrogênio tamponado por bicarbonato com geração de CO<sub>2</sub>, lipogênese e superalimentação. O QR não reflete a utilização do substrato metabólico durante a hiperventilação, alcalose metabólica, pós operatório de 6 a 8 horas após anestesia geral ou as recentes modificações no

regime ventilatório. Variações esperadas para QR imediatamente após a alimentação é 1,0 , durante a desnutrição é 0,83 e no diabetes melito é 0,71 <sup>24, 30</sup>.

## 1.5. ASPECTOS DA MECÂNICA RESPIRATÓRIA

O trabalho respiratório é uma denominação da física e concebe uma noção energética do esforço muscular .

Representa a energia necessária para movimentar determinado volume de gás através das vias aéreas e insuflando os pulmões, realiza trocas gasosas nos alvéolos <sup>57-58</sup>.

Enquanto o trabalho respiratório representa somente 2% a 5% do total de energia despendida em humanos sadios, na insuficiência respiratória o trabalho respiratório aumenta de 20% a 30% <sup>5</sup>.

Na VM, um considerável esforço muscular respiratório é realizado de forma imperceptível. A pressão inspiratória positiva, nem sempre é capaz de aliviar a musculatura respiratória.

Estudos demonstraram que pacientes em ventilação mecânica, no modo assistido/controlado, podem realizar esforço muscular de até 150 % daquele que estariam realizando espontaneamente. Este esforço pode alcançar 50 % do gasto energético basal do organismo. Isto significa que parte da oferta de oxigênio destinada aos tecidos pode ser consumida pela musculatura respiratória <sup>59-60</sup>.

Mínimo trabalho respiratório é realizado em VM controlada, notadamente com bloqueio neuromuscular farmacológico. Os outros modos de VM, tais como pressão suporte (VM assistida) e ventilação mandatória intermitente (IMV) estão associados com mais alta demanda energética, tal como nos pacientes que respiram espontaneamente. Já naqueles com pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP) ou ventilação espontânea,

como no “T” de Ayre, onde o mínimo de assistência é oferecido, também demandam maior energia.

O modo ventilatório usado, assim como o estado do paciente e sua doença de base vão determinar o trabalho respiratório e seu gasto energético.

O trabalho respiratório é quantificado pelo produto da *pressão x volume* que seria o equipamento pneumático do produto *força x deslocamento*, da mecânica clássica, expresso em unidades de *joules*.

O trabalho mecânico realizado pelos músculos pode ser diretamente relacionado às necessidades calóricas da musculatura respiratória ou, ainda, ao consumo do oxigênio das células musculares <sup>59</sup>.

O trabalho mecânico realizado pelos músculos é um dos principais responsáveis pelo gasto energético das miofibrilas (consumo de ATP (adenosina-tri-fosfato) e creatina-fosfato, bem como pelo consumo de oxigênio da fosforilação oxidativa).

Pouco antes de iniciar um ciclo respiratório assistido, o paciente faz um grande esforço inspiratório, sem nenhum deslocamento de ar, até alcançar o limiar de sensibilidade efetiva do respirador <sup>61-63</sup>.

Isto significa que o trabalho respiratório neste período será nulo, mas com grande consumo de energia gasto pelos músculos respiratórios.

A quantificação do gasto energético muscular respiratório pode ser realizada à beira do leito por três métodos <sup>64</sup>.

1. Cálculo das áreas em diagramas *pressão x volume*, onde a pressão motriz é estimada por meio da pressão esofágica ou pressão traqueal e o volume é o próprio volume inspiratório.
2. Medida da pressão motriz inspiratória média ou produto *pressão x tempo* feita por meio do cálculo de áreas em diagramas *pressão x tempo*.
3. Medida do consumo de oxigênio dos músculos respiratórios. Medindo-se a diferença de consumo de oxigênio do organismo durante a ventilação assistida e, posteriormente, durante um modo

controlado com repouso muscular total. Presume-se que esta diferença se deve exclusivamente à atividade muscular respiratória.

Modalidades assistidas de ventilação mecânica como PSV (pressão suporte), IMV (ventilação mandatória intermitente), SIMV (ventilação mandatória intermitente sincronizada) ou o CPAP (pressão positiva contínua nas vias aéreas), são classicamente modalidades em que o paciente inicia a processo inspiratório e, portanto, controla a sua própria frequência respiratória. Esses modos implicam em um esforço muscular respiratório acima daquele observado em uma ventilação espontânea. Isto porque o paciente tem de vencer a resistência oferecida pelo tubo traqueal, conectores, circuito do aparelho e válvula de demanda do respirador.

As modalidades controladas, como a PCV (pressão controlada) e a VCM (volume minuto controlado), têm sua frequência programada no aparelho, notadamente quando o paciente está sob sedação.

Ward e cols., 1988 consideram que um trabalho igual a zero pode ser obtido com sedação associada à curarização em ventilação mecânica controlada <sup>65</sup>.

Na maioria das unidades de tratamento intensivo dos hospitais que seguem os preceitos das portarias número 337/99 e 272/99 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), e a partir de março deste ano também as portarias 343 de 7 de março de 2005, 131 e 135 de 8 de março de 2005 do Ministério da Saúde, que regulamentam e tornam obrigatória nos hospitais brasileiros credenciados pelo SUS (Sistema Único de Saúde), as EMTN (Equipes Multidisciplinares de Terapia Nutricional) <sup>66-70</sup>, calcula-se o gasto energético por meio da fórmula de Harris-Benedict, levando em consideração os fatores de estresse e atividade. No cálculo do gasto energético se considera o fator de atividade 1.15 para pacientes acamados e 1.10 para pacientes em ventilação mecânica, como preconiza a tabela de Charles Van Way <sup>44</sup>, transcrita anteriormente na página 18.

Ireton–Jones e cols., 1992<sup>71</sup> demonstraram que a medida do gasto energético de 65 pacientes ventilados mecanicamente era significativamente mais alta do que a medida de 135 pacientes que ventilavam espontaneamente<sup>5, 71</sup>.

Nos pacientes com ventilação mecânica controlada, esse trabalho é desenvolvido pelo respirador, pois o início da inspiração é desencadeado pelo próprio ventilador, dispensando a força inspiratória do paciente. O mesmo vale para os pacientes sedados profundamente e/ou sob relaxamento muscular. Assim, o gasto energético desses pacientes é menor.

Este estudo se justifica no fato de que, na literatura, não foram encontrados estudos quantificando a diferença no GET de pacientes em VM assistida e controlada.

Com a estimativa exata do gasto energético de cada grupo de pacientes, podemos ajustar com precisão o aporte calórico diário de cada um. Deste modo pode-se evitar complicações decorrentes da subnutrição e do excesso alimentar, já confirmadas anteriormente pela literatura.

## **HIPÓTESES**

1. O gasto energético dos pacientes em Ventilação Mecânica Assistida é significativamente maior do que em Ventilação Mecânica Controlada.
2. O Fator de Atividade no cálculo do gasto energético total, estimado pela equação de Harris-Benedict, deve ser considerado, respeitando-se as diferenças dos modos ventilatórios assistidos e controlados.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo Principal:**

Quantificar o gasto energético metabólico dos pacientes ventilados mecanicamente nos dois modos ventilatórios (assistido e controlado), através da calorimetria indireta respiratória.

### **Objetivos Secundários:**

1. Correlacionar o gasto energético obtido pela Calorimetria Indireta com aquele obtido pela equação de Harris-Benedict.
2. Identificar se há diferença entre o gasto energético nos diferentes modos de ventilação mecânica.
3. Determinar se existe necessidade de considerar esta variação, quando se estima o gasto energético pela da equação de Harris-Benedict.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Este ensaio clínico foi realizado na Unidade de Tratamento Intensivo Central (UTI) do Complexo Hospitalar da Santa Casa de Porto Alegre, no período de 26 de fevereiro de 2004 a 24 de fevereiro de 2005.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/ISCMPA) em 03/12/2003, conforme parecer consubstanciado número 255/03. Foi obtido o termo de consentimento livre e esclarecido dos familiares de todos os pacientes.

A investigação envolveu 122 pacientes adultos de ambos os sexos (65 masculinos e 57 femininos), internados na UTI Central, com idades variáveis de 17 a 91 anos e ventilados mecanicamente com Respiradores Servo - 900 C, Siemens, Suécia.

Foram incluídos os pacientes que, sem prejuízo da função respiratória, puderam utilizar os dois modos ventilatórios (assistido e controlado), mantendo em todos os momentos saturação da hemoglobina maior do que 90%.

Foram excluídos pacientes que não toleraram modificações no regime ventilatório ou apresentaram piora na saturação da hemoglobina, taquicardia, febre, sudorese ou alteração do sensório durante a coleta de dados em qualquer um dos modos ventilatórios. Também foram excluídos os pacientes

que necessitavam fração de oxigênio no gás inspirado maior do que 60%, apresentaram instabilidade hemodinâmica, insuficiência renal com acidose e bicarbonato menor do que 15 mmol/l ou foram submetidos à hemodiálise <sup>72</sup>.

Todos os pacientes foram estratificados na admissão na UTI de acordo com o índice de gravidade APACHE II <sup>73</sup> e tiveram seus pesos estimados pela média de dois observadores, pela não disponibilidade de cama-balança.

A equação de Harris–Benedict foi utilizada para estimar a quantidade de calorias que estavam sendo administradas quer por via enteral (69 pacientes) ou parenteral – NPT (5 pacientes). Vinte e seis pacientes estavam em NPO.

Para a medida da Calorimetria Indireta, colocou-se um pneumotacógrafo entre o tubo traqueal e o ramo expiratório da traquéia do respirador.

Os aparelhos utilizados para medir os gases exalados foram os monitores *TEEM-100 Inbraspport Inc. U.S.A.*, e o *Datex-Ohmeda S/5 – Compact Airway Module* modelo MCAIOVX, Finlândia.

O motivo da utilização dos dois equipamentos foi que o *TEEM-100* aceitava para leitura apenas pacientes com  $FiO_2$  0,21 e o *Datex-Ohmeda* permitia leitura de Calorimetria Indireta com níveis mais elevados de  $FiO_2$ . Desta forma, 50 pacientes tiveram suas medidas obtidas por meio do *TEEM-100* e 50 pacientes por meio do *Datex-Ohmeda*.

Os dados foram transferidos para o banco de dados do computador por um cabo RS 232 (monitor-computador), para análise pelo programa *Aerograph* que utiliza a equação de “Weir”, apresentando o resultado em calorias/minuto.

Os dados de mecânica ventilatória foram obtidos diretamente do *display* digital do Respirador Servo 900– C. Siemens.

Cinquenta pacientes tiveram as medidas obtidas diretamente do Monitor *Datex-Ohmeda S/5 – Compact Airway Module* modelo MCAIOVX, Finlândia, que, a partir dos dados coletados pelo pneumotacômetro, analisa e projeta na tela a estimativa do gasto energético para 24 horas. Também os dados de mecânica ventilatória são projetados na tela do monitor.

Antes de iniciar as medidas previstas no protocolo, e, para que essas fossem precisas, foram verificados os parâmetros de estabilidade exigidos<sup>27,33,36,74-76</sup>. São eles:

- ausência de vazamento no sistema de coleta de gases, especialmente no tubo traqueal, do calorímetro e respirador;
- paciente calmo e estável, podendo estar sedado, mas sempre em condições de ventilar no modo assistido;
- procedida aspiração traqueal 5 minutos antes de iniciar a medição;
- afastados efeitos termogênicos como febre;
- FiO<sub>2</sub> de 0,21 para o monitor *TEEM-100* e FiO<sub>2</sub> estável e menor do que 0,6 para o monitor *Datex-Ohmeda S/5* modelo *MCAIOVX, Finlândia*<sup>27, 51, 72, 74, 77, 78,</sup>
- rede elétrica e de gases estáveis e o ambiente climatizado padrão de UTI entre 21 e 23 graus centígrados;
- calibragem dos aparelhos conforme especificação dos fabricantes<sup>53, 74,</sup>
- determinação durante 20 minutos seguidos sempre com o mesmo aferidor, sob observação contínua;
- nenhum respirador ciclando com pressões *platô* maior do que 40 cm de H<sub>2</sub>O (porque altas pressões podem influenciar no analisador de gases<sup>27</sup>), e a PEEP, em todos os casos, fixada em 5 cm de H<sub>2</sub>O nos dois exames.

A calibração de pressão barométrica e de gases foi realizada antes de cada protocolo.

As técnicas de realização do procedimento foram descritas minuciosamente em publicações anteriores<sup>27, 36, 79-80</sup>. Os protocolos para

medir o gasto energético em repouso dos pacientes ventilados mecanicamente não são padronizados, embora um período de 20 – 30 minutos tenha sido comumente usado <sup>40, 76</sup>.

O primeiro exame, com o paciente em ventilação mecânica controlada, foi medido durante 20 minutos, sendo que, a cada 20 segundos, eram analisados os gases e o seu resultado foi projetado matematicamente (dividido por 20 e multiplicado por 1440) para calorias por 24 horas.

Após o primeiro exame, foi modificado o regime ventilatório para pressão assistida, observando-se a inalterabilidade clínica em relação ao teste anterior e a partir de então contados 60 minutos para iniciar o segundo exame <sup>76</sup>.

Foram excluídos 22 casos no segundo exame porque apresentaram algum grau de instabilidade, agitação, desconforto ou intolerância ao novo modo ventilatório.

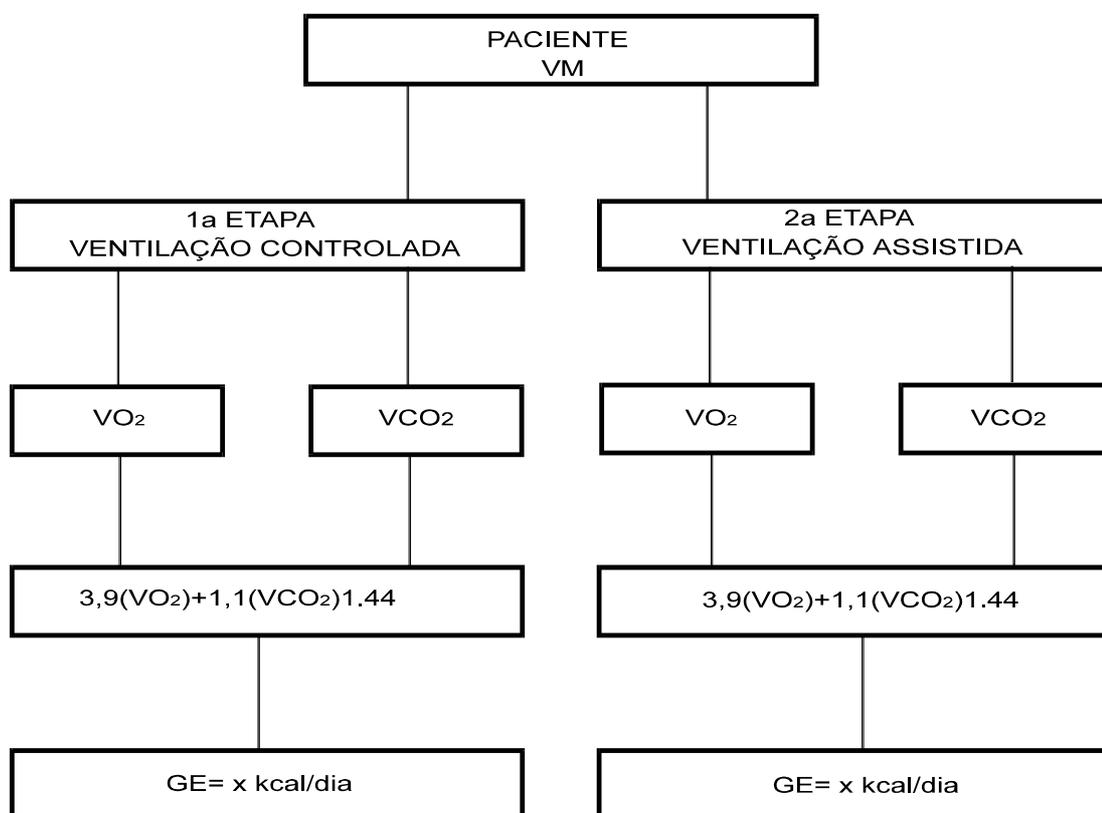
Na ficha individual de cada paciente, foram registrados: número do prontuário; sexo; idade; motivo da internação na UTI; relação PaO<sub>2</sub> /FiO<sub>2</sub>; saturação da hemoglobina; sensório (vigil, torpor ou coma); APACHE II <sup>73</sup>; avaliação nutricional subjetiva global <sup>3, 81-83</sup>; GET calculado pela equação de Harris-Benedict; uso de vasopressor; utilização ou não de dieta; o tipo de dieta; se enteral ou parenteral recebendo dieta; NPT ou NPO; tempo de início da ventilação mecânica; e de cada exame os dados aferidos pelos monitores (VO<sub>2</sub> , VCO<sub>2</sub> , QR,); a quantidade de calorias despendidas em 1 a 20 minutos e projetadas para 1440 minutos, 24 horas. Também foram anotados, na ficha individual os dados aferidos da mecânica ventilatória : FR; VAC; variação da pressão; PEEP; saturação da Hgb; FiO<sub>2</sub>; pico de pressão; pressão de platô; pressão média; e calculadas a complacência dinâmica e a resistência das vias aéreas <sup>84-85</sup>.

Para o armazenamento, arranjo e manutenção das informações, foi utilizada a planilha eletrônica MS Excel 2000 e, para a análise de dados, o SPSS 10.0 (Statistical Package for Social Science).

Foi utilizado o Teste *t* de *Student* para comparação de médias e ANOVA (análise de variância com medidas repetidas).

O nível de significância considerado foi alfa menor ou igual a 0,05.

#### **DESENHO DO ESTUDO:**



## RESULTADOS

Um total de 100 pacientes foram incluídos neste estudo. Os dados foram analisados, baseados no gênero, faixa etária, presença ou não de infecção e sepse, avaliação subjetiva global, dieta enteral, NPO ou NPT, uso ou

não de vasopressor, variação da complacência dinâmica e variação do quociente respiratório. As características da população são mostradas na tabela 1. A amostra foi composta por 52 pacientes do sexo masculino e 48 do sexo feminino, sendo a média de idade de  $62,7 \pm 7,2$  anos.

A gravidade das doenças foi estimada pelo escore APACHE II com média de  $21,1 \pm 8,3$ . O tempo de ventilação mecânica variou de 1 a 60 dias, com média de  $5,0 \pm 7,8$  dias. A avaliação do estado nutricional mostrou que 74% dos pacientes se apresentavam nutridos, 19% desnutridos e 7% eram obesos, sendo que 69 pacientes estavam recebendo nutrição enteral padronizada (*Hiperdiet Suport®*), 26 estavam em NPO e 5 pacientes recebiam NPT. Dez pacientes estavam recebendo vasopressor (dopamina ou noradrenalina), em doses suficientes para manter a estabilidade hemodinâmica no momento em que a calorimetria indireta estava sendo realizada.

Durante a internação ou no momento de admissão, 35 pacientes apresentaram diagnóstico de infecção e 20 de sepse. Embora, no momento em que a calorimetria indireta foi realizada, a ausência de infecção ou sepse eram critérios para que o paciente pudesse ser incluído no estudo. A análise estratificada destes pacientes buscaram controlar potenciais interferências.

Tabela 1. Características da população estudada\*:

Características	
Idade, em anos	62,7 ± 17,2 (17 – 91)
Masculino	52 (52%)
Feminino	48 (48%)
APACHE II	21,1 ± 8,3 (4 – 44)
Tempo de VM, em dias	5,0 ± 7,8 (1 – 60)
Com infecção	35 (35%)
Sem infecção	65 (65%)
Com sepse	20 (20%)
Sem sepse	80 (80%)
Avaliação subjetiva global	
Eutrófico	74 (74%)
Desnutrido	19 (19%)
Obeso	7 (7%)
Suporte nutricional	
Nutrição enteral	69 (69%)
NPO	26 (26%)
NPT	5 (5%)
Estável sem vasopressor	90 (90%)
Estável com vasopressor	10 (10%)

\*Valores expressos em médias, desvios-padrão ( $M \pm DP$ ) e variações ou, quando apropriado, número de ocorrências no grupo e percentual – n (%).

Os valores do GET estimados pela equação de Harris-Benedict considerando fatores que podem influenciar no resultado, no momento em que foram admitidos na UTI, constam na Tabela 2.

**Tabela 2. Gasto Energético Total, estimado pela equação de Harris-Benedict com fatores de correção \*:**

<b>Pacientes</b>	<b>GET (Kcal/24h)</b>
Totalidade da amostra	1853,87 ± 488,67
Masculino	2073,35 ± 530,64
Feminino	1616,10 ± 293,97
Com infecção	1984,51 ± 489,66
Sem infecção	1783,52 ± 477,13
Com sepse	2078,35 ± 603,49
Sem sepse	1797,75 ± 442,39
Estável sem vasopressor	2006,60 ± 618,72
Estável com vasopressor	1836,90 ± 473,29

*\*Valores expressos em médias e desvios-padrão (M±DP).*

Para verificar se a amostra poderia ser analisada em conjunto e se o fato dos monitores serem diferentes não causaria interferência nas análises, foram realizados ANOVA (análise de variância com medidas repetidas) e o teste *t de Student*.

Dos 100 pacientes incluídos no estudo, 50 foram examinados pelo monitor TEEM 100 *Inbrasport Inc.* e os demais 50 pacientes pelo monitor Datex-Ohmeda S-5M-CAIO-VX. Os valores médios encontrados constam na tabela 3. De acordo com a ANOVA (análise de variância com medidas repetidas) e com o teste *t de Student*, demonstrou-se que tanto em VM controlada como em VM assistida, o monitor TEEM-100 apresentou medidas de gasto energético total maiores que o monitor Datex-Ohmeda, sem, no entanto, apresentar diferença significativa entre as medidas ( $t=1,036$ ;  $p=0,303$ ).

**Tabela 3. Valores médios do Gasto Energético Total (GET), dos pacientes em VM controlada e assistida e a variação entre os monitores calorimétricos.**

Monitor	GET medido (Kcal/24h)		
	Pressão Controlada	Pressão Assistida	Varição
Teem 100	1887,01 ± 507,98	2075,17 ± 583,31	188,16 ± 358,60
Datex-Ohmeda	1538,52 ± 411,06	1659,48 ± 408,14	120,96 ± 285,84

\*Valores expressos em médias e desvios-padrão ( $M \pm DP$ ); ( $p= 0,303$ ).

Os valores do GET, medidos pela calorimetria indireta, conforme o modo ventilatório, constam na tabela 4.

Os dados foram analisados, baseados no gênero, faixa etária, presença ou não de infecção e sepse, avaliação subjetiva global, dieta enteral, NPO ou NPT, presença ou não de vasopressor, variação da complacência dinâmica e variação do quociente respiratório (QR).

**Tabela 4. Gasto Energético Total (GET), medido por calorimetria indireta \*:**

Pacientes	GET (Kcal/24h)			
	<i>P. Controlada</i>	<i>p</i>	<i>P. Assistida</i>	<i>p</i>
Masculino	1838,08 ± 506,62	0,007	1964,46 ± 530,33	0,375
Feminino	1577,01 ± 441,68		1762,10 ± 541,64	
Com infecção	1723,23 ± 363,58	0,940	1887,76 ± 480,69	0,860
Sem infecção	1715,47 ± 551,66		1867,76 ± 573,66	
Com sepse	1689,10 ± 376,61	0,769	1800,68 ± 465,04	0,491
Sem sepse	1725,55 ± 518,29		1893,59 ± 558,74	
Sem vasopressor	1708,47 ± 498,71	0,795	1873,55 ± 548,23	0,333
Com vasopressor	1751,41 ± 448,23		1811,32 ± 513,20	

\*Valores expressos em média e desvios-padrão (M±DP).

A comparação dos valores médios, obtidos pela equação de H-B e CI, mostraram que no modo controlado de VM, quando não se considera o fator de atividade (FA), os valores são subestimados em 44,28 Kcal/24 h e, com o FA, superestima em 141,10 Kcal/24 h. Por outro lado, no modo assistido de VM, com FA, fica subestimado em 13,46 Kcal/24 h e sem o FA fica subestimado em 198,84 Kcal/24 h. (tabela 5 e figura 1).

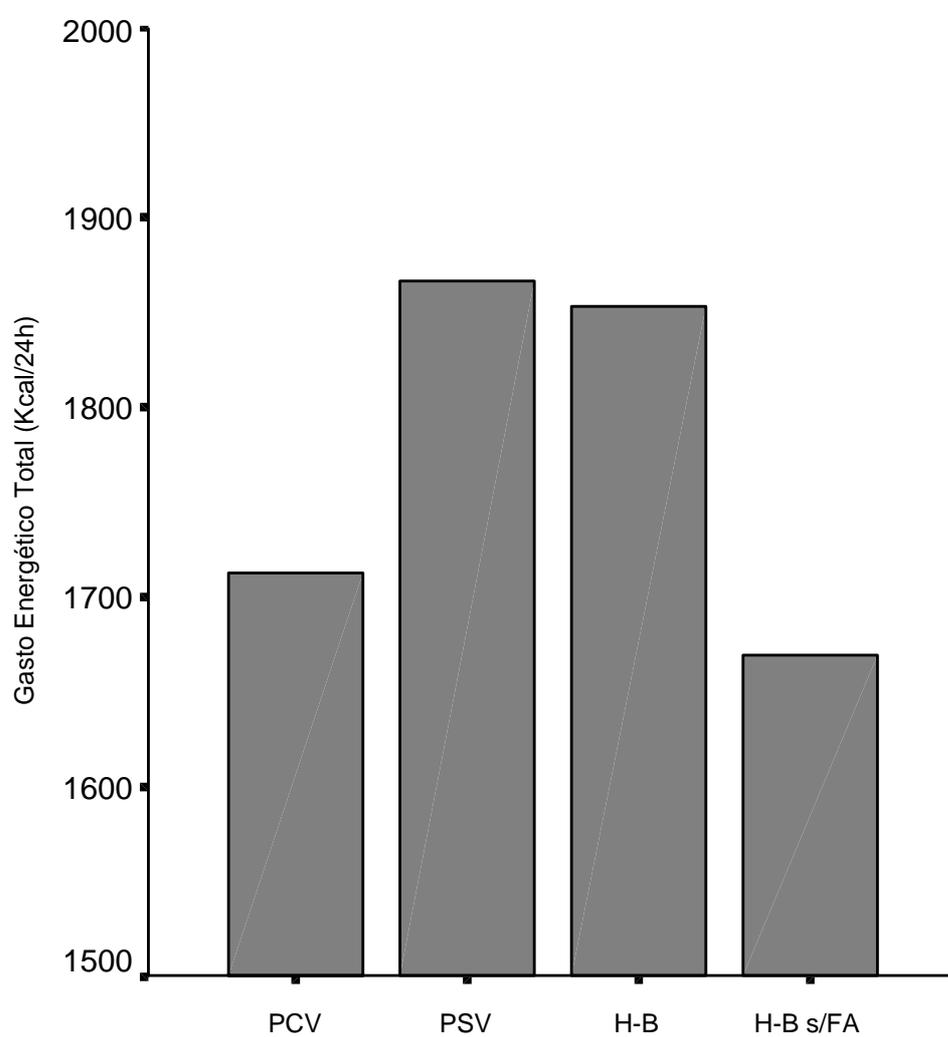
**Tabela 5. Gasto Energético Total (GET), médio estimado com e sem Fator de atividade pela equação de H-B e medido por CI nos diferentes modos ventilatórios\*:**

Método	GET (Kcal/24h)		
	<i>P. Controlada</i>	<i>P. Assistida</i>	<i>p</i>
Harris-Benedict com FA	1853,87 ± 488,67	1853,87 ± 488,67	--
Harris-Benedict sem FA	1668,48 ± 439,80	1668,48 ± 439,80	--
Calorimetria Indireta	1712,76 ± 491,95	1867,33 ± 542,67	<0,001

\*Valores expressos em médias e desvios-padrão ( $M \pm DP$ ).

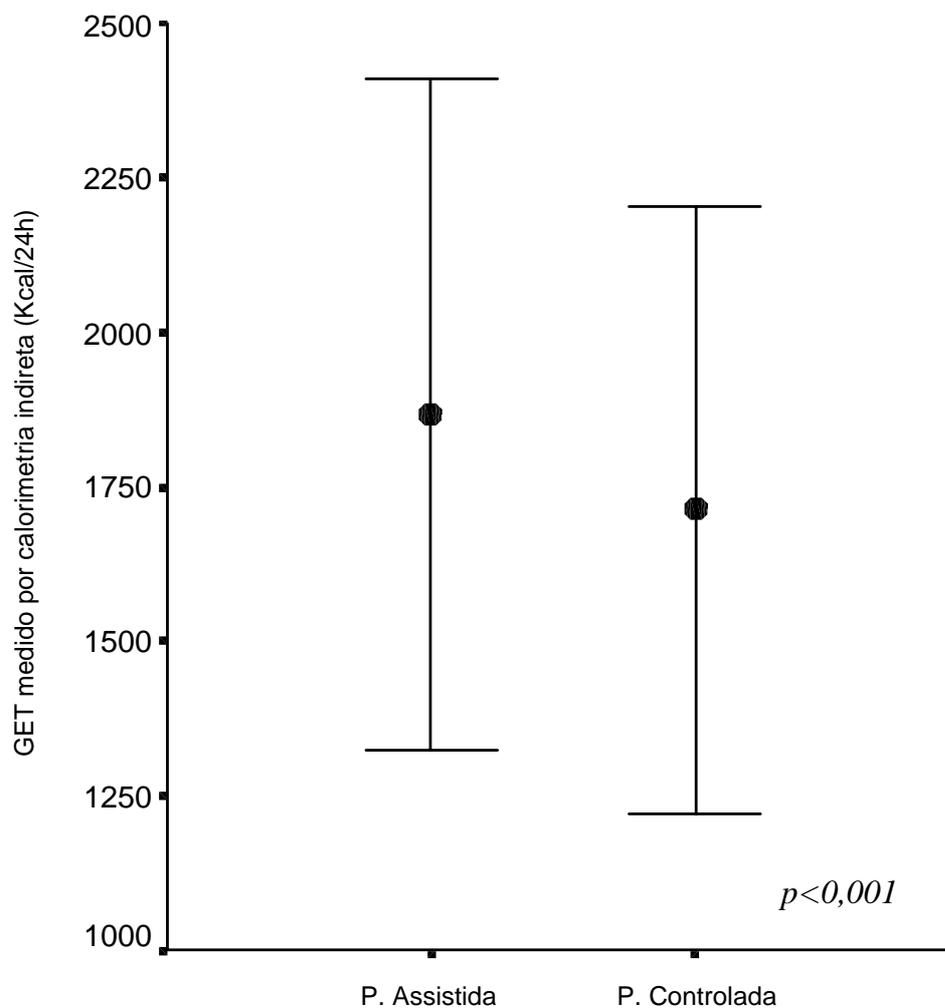
A medida do gasto energético total dos pacientes em VM controlada foi de  $1712,76 \pm 491,95$  Kcal/24h, enquanto que em VM assistida foi de  $1867,33 \pm 542,67$  Kcal/24h.

O aumento do gasto energético medido nos pacientes em VM assistida em relação aos pacientes em VM controlada foi em média de 10,71% ( $\pm 23,88$  Kcal/24 h) ( $p < 0,001$ ). Estes valores estão demonstrados nas figuras 1 e 2.



**Figura 1: Gasto Energético Total medido por calorimetria indireta nos modos ventilatórios controlado (PCV) e assistido (PSV), e**

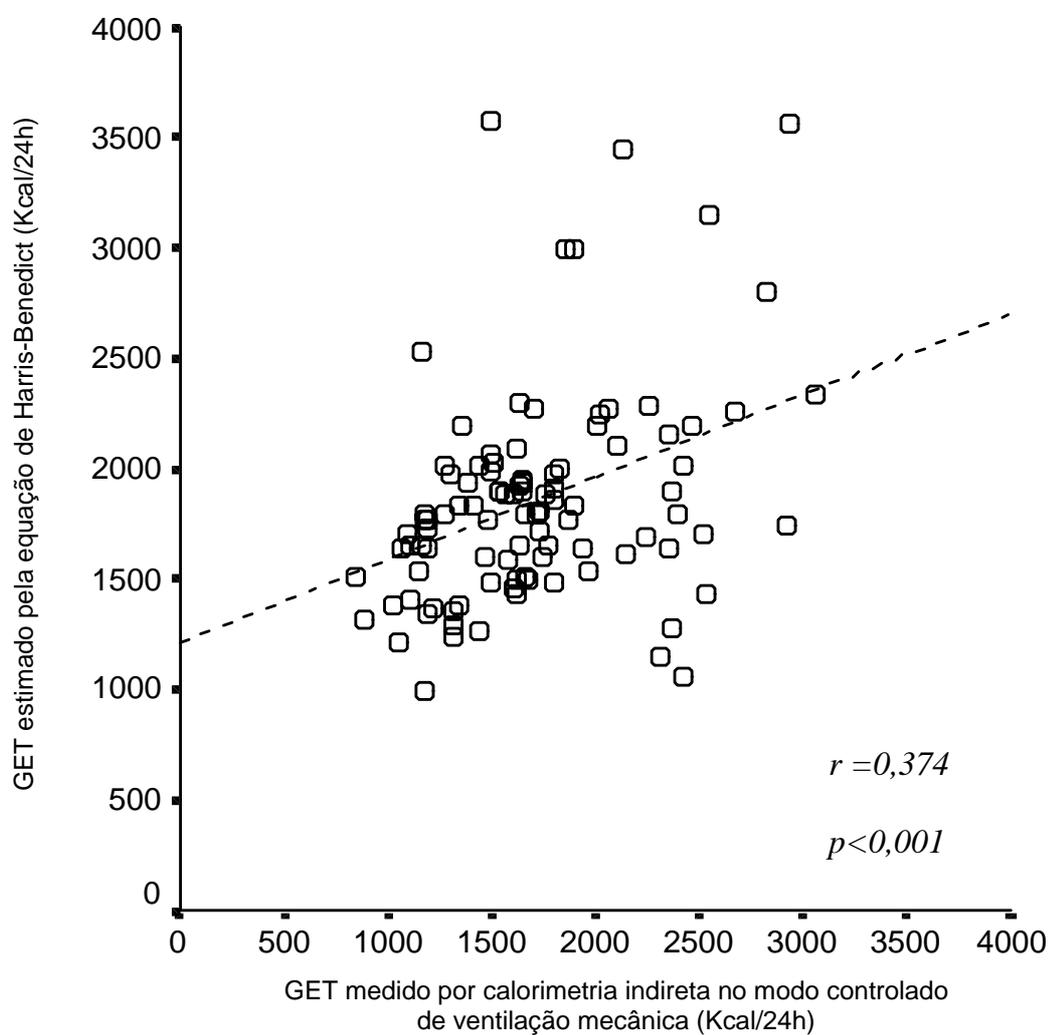
estimados por Harris-Benedict com fator de atividade (H-B) e sem fator de atividade (H-B s/FA).



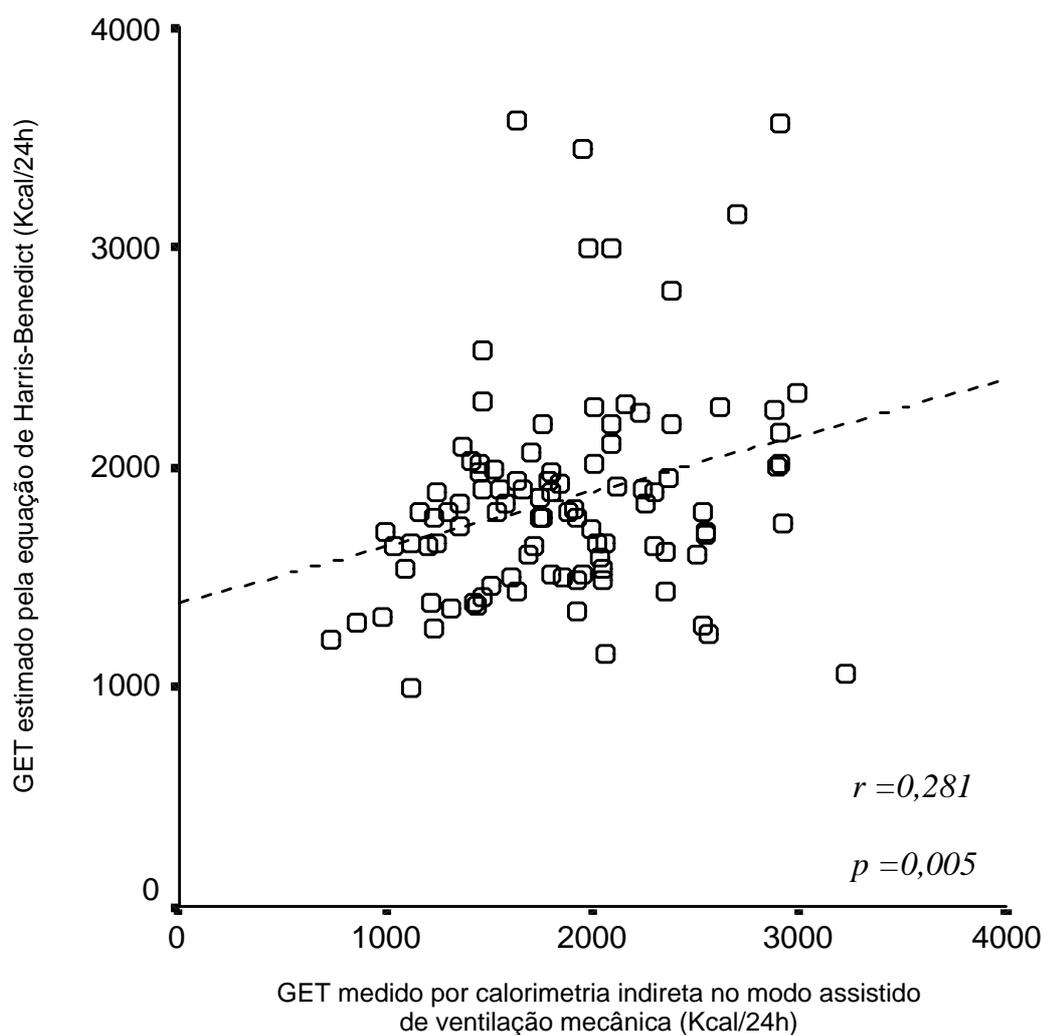
**Figura 2: Gasto Energético Total (GET) medido por calorimetria indireta nos dois modos ventilatórios. Expressos em médias e desvios padrão.**

Os gastos energéticos, estimados pela equação de Harris-Benedict estão diretamente correlacionados com o gasto energético medido pela calorimetria indireta, tanto nos pacientes em VM Controlada ( $r=0,374$ ;

$p < 0,001$ ), quanto em VM Assistida ( $r = 0,281$ ;  $p = 0,005$ ), conforme pode ser observado nas Figuras 3 e 4. O GET medido pela equação de H-B apresentou uma correlação mais significativa com a CI, quando no modo controlado.



**Figura 3: Correlação entre o gasto energético total (GET), estimado pela equação de Harris-Benedict e o GET medido por calorimetria indireta modo ventilatório controlado.**



**Figura 4: Correlação entre o gasto energético total (GET) estimado pela equação de Harris-Benedict e o GET medido por calorimetria indireta no modo ventilatório assistido.**

Quando se compara os valores obtidos pela equação de Harris-Benedict sem o fator de atividade, estes valores tendem a subestimar em 44,28 Kcal (2,6%) o valor medido em VM Controlada, sem significância estatística ( $p=0,399$ ), enquanto que os valores estimados pela equação de Harris-Benedict com fator de atividade de 1,10 tendem a superestimar em 141,10 Kcal (8,2%) o valor medido através da calorimetria indireta, com significância estatística ( $p=0,012$ ).

Quando se compara os valores obtidos pela equação de Harris-Benedict sem o fator de atividade, estes valores tendem a subestimar em 198,84Kcal (10,7%) o valor medido em VM assistida, com diferença significativa ( $p=0,001$ ), enquanto que os valores estimados pela equação de Harris-Benedict com fator de atividade de 1,10 também subestimam em 13,46 Kcal (0,75%) o valor medido pela calorimetria indireta sem significância estatística ( $p= 0,829$ ).

Quando se faz a comparação do gasto energético medido pela calorimetria indireta entre os grupos masculino e feminino em VM controlada, encontra-se diferença significativa, tendo o grupo masculino maior gasto ( $p=0,007$ ). Entretanto, em VM assistida, o grupo masculino apresentou uma tendência a despende maior energia ( $p=0,375$ ) (tabela 4).

O gasto energético total medido em VM assistida e em VM controlada estão diretamente correlacionados tanto no grupo masculino ( $r=0,869$ ;  $p<0,001$ ) quanto no grupo feminino ( $r=0,722$ ;  $p<0,001$ ).

A estratificação dos pacientes, quanto ao uso ou não de vasopressor, não demonstrou diferença significativa no gasto energético total, tanto no momento em que estavam no modo controlado ( $p=0,795$ ) quanto no assistido ( $p=0,333$ ).

A presença ou não de infecção como causa de admissão na UTI também não determinou diferença significativa no gasto energético, quando na VM controlada ( $p=0,940$ ) e na VM assistida ( $p=0,860$ ).

A presença ou não de sepse como causa de admissão na UTI não determinou diferença significativa no gasto energético de pacientes em VM controlada ( $p=0,769$ ) e em VM assistida ( $p=0,491$ ) (tabela 4).

De acordo com a análise de variância (ANOVA), não se encontrou diferença significativa entre os pacientes em NPO, NPT ou recebendo dieta enteral com relação ao gasto energético nos dois modos ventilatórios ( $p=0,438$ ) (tabela 6).

**Tabela 6. Gasto Energético Total (GET), medido pela calorimetria indireta conforme o suporte nutricional\*:**

Grupo	GET (Kcal/24h)	
	P. Controlada	P. Assistida
Nutrição enteral	1735,89 ± 480,09	1914,63 ± 547,48
NPO	1587,69 ± 474,79	1705,25 ± 511,80
NPT	2044,10 ± 643,88	2057,31 ± 549,25

\*Valores expressos em médias e desvios-padrão ( $M \pm DP$ ); ( $p=0,438$ ).

As idades foram agrupadas em três faixas etárias: 17 a 40 anos, 41 a 60 anos e 61 a 91 anos. De acordo com a análise de variância (ANOVA), não se encontrou diferença significativa entre as faixas etárias quanto à diferença do gasto energético nos dois modos ventilatórios ( $p=0,715$ ) (tabela 7).

**Tabela 7. Gasto Energético Total (GET) medido pela calorimetria indireta conforme as faixas etárias\*:**

<i>Faixa etária</i>	<b>GET (Kcal/24h)</b>	
	<b><i>P. Controlada</i></b>	<b><i>P. Assistida</i></b>
Até 40 anos	2080,77 ± 632,47	2164,90 ± 607,76
Entre 41 e 60 anos	1781,14 ± 377,53	1956,68 ± 451,31
Mais que 60 anos	1618,13 ± 470,92	1778,02 ± 543,97

*\*Valores expressos em médias e desvios-padrão (M±DP); (p=0,715).*

Ocorreu diferença significativa na complacência dinâmica entre os modos ventilatórios. Na VM controlada, a média foi de 29,17 ± 10,38mL/cmH<sub>2</sub>O e na VM Assistida a média foi de 33,89 ± 15,21mL/cmH<sub>2</sub>O; sendo que na VM Assistida a complacência dinâmica foi maior ( $p<0,001$ ) (tabela 8).

**Tabela 8. Médias das medidas de Complacência encontradas nos dois modos ventilatórios\*.**

<b>Modo Ventilatório</b>	<b>Complacência (mL/cmH<sub>2</sub>O)</b>
Pressão Assistida	33,89 ± 15,21
Pressão Controlada	29,17 ± 10,38

*\*Valores expressos em médias e desvios-padrão (M±DP); (p<0,001).*

O quociente respiratório médio encontrado no modo controlado de VM foi 0,73 ± 0,18 e no modo Assistido, 0,72 ± 0,18. Pelo fato de ter sido

modificado o modo ventilatório para menos de 6 horas de uma medida a outra, não se pode considerar esta variável para efeitos de análise.

## DISCUSSÃO

A calorimetria indireta é uma ferramenta útil e sua acurácia tem sido validada por diversos autores<sup>3, 7, 14, 28-29, 31, 39, 45, 74, 79</sup> sendo, atualmente, considerada o padrão áureo na determinação do gasto energético. No entanto, a maioria das unidades de tratamento intensivo, por dificuldades operacionais ou por não disporem de monitores de gases, confiam o cálculo do suporte nutricional às fórmulas simplificadas<sup>3</sup> ou à equação de Harris–Benedict<sup>29, 66</sup>

Vários estudos<sup>8,-9,11, 17, 28- 31, 35, 45, 48-49, 78,</sup> demonstraram que o gasto energético medido por calorimetria indireta se correlaciona com àquele estimado pelas várias equações.

No presente estudo, utilizou-se a calorimetria indireta para avaliar o gasto energético em dois modos ventilatórios, controlado e assistido, correlacionando-o com os valores obtidos através da equação de Harris–Benedict. É a primeira pesquisa que se propôs a verificar se existia diferença no gasto energético entre as modalidades ventilatórias e se o fator de atividade, acrescido na equação de Harris–Benedict, quando o paciente encontra-se em VM, seria suficiente para repor este gasto. Nossos dados demonstraram que a

modalidade assistida acrescentou um gasto de 198,84 Kcal/24h, representando um aumento significativo de 10,71% . Estes valores são coerentes com a mecânica ventilatória que prevê um esforço inspiratório antes de iniciar um ciclo respiratório assistido, quando o paciente, ainda sem nenhum deslocamento de ar, gasta energia pela ação dos músculos respiratórios até alcançar o limiar de sensibilidade do respirador <sup>59, 64</sup>. Esse trabalho respiratório e, conseqüentemente, esse gasto energético não é experimentado nas modalidades controladas de VM, uma vez que a frequência programada no aparelho iniciará o ciclo ventilatório sem esforço, notadamente nos pacientes sedados e curarizados <sup>59, 65</sup>.

Quando o GET, na modalidade controlada, foi analisado, pode-se observar que a equação de Harris–Benedict subestimou o gasto em 2,6% e que, ao acrescentar o fator de atividade, superestimou em 8,2%. Na modalidade assistida com ou sem fator de atividade, o GET foi subestimado em, respectivamente, 0,75% e 10,71%.

Através da utilização da CI, os pacientes, quando em VM assistida, gastaram mais 10,71% ( $\pm 23,88$  Kcal/24h) de energia em relação à VM controlada, sugerindo que o ajuste do gasto energético pelo fator de atividade 1,10 (10% a mais) deveria ser feito somente quando em VM assistida. Desta forma, o gasto energético dos pacientes em ventilação mecânica assistida é significativamente maior do que o despendido pelos pacientes em ventilação mecânica controlada.

Os vários estudos que abordam a correlação entre o gasto energético medido pela calorimetria indireta e o gasto estimado pela equação de Harris–Benedict não apresentam uniformidade nas conclusões. VAN LANSCHOT, 1986<sup>8</sup>, demonstrou que a pobre correlação entre o gasto energético basal, estimado pela equação de Harris–Benedict e o gasto energético total medido pela calorimetria indireta foi melhorado pela correção com o fator de estresse de cada paciente. DALY, 1985 <sup>47</sup>, em um estudo de 201 pessoas saudáveis,

demonstrou que a equação de Harris–Benedict superestimava o gasto energético em 10 a 15%.

Neste estudo, o gasto energético, médio estimado pela equação de Harris–Benedict, considerando os fatores de correção, mostrou  $1853,87 \pm 488,67$  Kcal/24h e o gasto médio medido pela calorimetria indireta foi  $1712,76 \pm 491,95$  Kcal/24h quando os pacientes estavam sob VM controlada e  $1867,33 \pm 542,67$  Kcal/24h quando sob VM assistida. Observou-se correlação das medidas tanto no modo controlado ( $r=0,374$ ;  $p<0,001$ ) como no modo assistido de ventilação ( $r=0,281$ ;  $p=0,005$ ), demonstrando ainda que existia uma correlação levemente mais forte quando em VM Controlada.

HALPERN, 2000<sup>31</sup>, estudando 92 pacientes observou uma diferença média significativa entre o gasto energético determinado pela calorimetria indireta e o estimado pela equação de Harris–Benedict ( $-55,23 \pm 17,79$  Kcal;  $p=0,003$ ). Nesse mesmo estudo, a equação de Harris–Benedict, sem os fatores de correção, subestimou o gasto energético medido. SWINAMER, 1990<sup>51</sup>, concluiu que a equação de Harris–Benedict não tem acurácia para prever o gasto energético em pacientes criticamente doentes, uma vez que o desvio da medida foi maior do que 15% para 79 pacientes estudados. FAISY, 2003<sup>49</sup>, comparou o gasto energético em 70 pacientes e demonstrou que o gasto medido foi 25% a mais do que o gasto energético em repouso, estimado pela equação sem os fatores de correção. Por outro lado, CHENG, 2002<sup>11</sup>, demonstrou não haver diferença significativa entre o gasto energético estimado e o medido por calorimetria indireta, desde que o fator de estresse fosse acrescentado à equação de Harris–Benedict.

COLETTI, 2002<sup>48</sup>, estudando 28 pacientes sépticos, comparou dados medidos pela calorimetria indireta com os estimados pela equação de Harris–Benedict e concluiu que esta, sem os fatores de correção propostos por Long et al. 1979<sup>41</sup>, parece ser mais apropriada para estimar o gasto energético dos pacientes graves. A equação com os fatores de correção superestimavam o gasto energético em mais de 50%. No presente estudo, apesar de todos os

pacientes não apresentarem infecção no momento das medidas do GET, optou-se por comparar os que haviam sido admitidos ou teriam desenvolvido infecção e/ou sepse em algum momento da internação com aqueles que não desenvolveram. Não se detectou nenhuma interferência deste tipo de morbidade nas medidas do GET.

A avaliação do estado nutricional dos cem pacientes estudados mostrou que a maioria encontrava-se nutrido e apenas 7% obesos. SINGER, 2005<sup>43</sup>, que comparou o gasto energético medido e estimado em 75 pacientes divididos em 3 grupos (normais, obesos e com sobrepeso), concluiu que os pacientes normais tinham estreita correlação (1414 H-B e 1426 CI), enquanto que os obesos e com sobrepeso tinham os valores medidos 30% a mais do que os valores estimados pela equação. Portanto, para pacientes obesos a equação subestima o gasto energético, sendo melhor medir com a calorimetria indireta a fim de se obter melhor precisão. NONINO, 2002<sup>86</sup>, no seu estudo com mulheres obesas de III grau, concluiu que a equação de Harris-Benedict não pode estimar de forma confiável o gasto energético total, mas que após dieta hipocalórica e emagrecimento, a equação se tornava confiável.

O fato de estar em jejum temporário (NPO), estar recebendo dieta enteral ou parenteral não influenciou no GET obtido em qualquer um dos modos ventilatórios. A idade e o uso de vasopressores também não exerceram influências no gasto energético. RIBEIRO, 2004<sup>3</sup> sugere que se utilize a fórmula de Harris-Benedict no paciente grave, sem considerar os fatores de estresse no intuito de evitar a hiperalimentação.

Na comparação do gasto energético medido por CI entre os grupos masculino e feminino encontrou-se um aumento significativo nos homens, quando estavam ventilando no modo controlado; no modo assistido, observou-se apenas uma tendência a um maior despendimento energético. Esta constatação já está contemplada na equação de H-B ao atribuir um maior GEB para os homens. Observamos, também, uma correlação entre o GET obtido através de H-B com a CI tanto nos homens quanto nas mulheres.

A complacência dinâmica foi diferente nos dois modos ventilatórios. Os valores médios de  $29,17 \pm 10,38 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$  para VM controlada foram significativamente menores do que  $33,89 \pm 15,21 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$  para VM assistida ( $p=0,001$ ). Isto se deve ao acréscimo de volume de ar corrente quando em ventilação assistida, resultante da força inspiratória do paciente que se soma à pressão inspiratória do respirador.

As medidas do quociente respiratório, apesar de terem suas variações relatadas, não foram analisadas, uma vez que não iriam refletir a utilização do substrato energético devido a mudança no regime ventilatório<sup>24</sup>.

## CONCLUSÕES

1. A comparação do gasto energético em VM controlada e VM assistida, através da calorimetria indireta, mostrou que os pacientes no modo assistido despendem 10,71% a mais do que quando no modo controlado ( $1867,33 \pm 542,67 \text{ Kcal/24h}$  vs.  $1712,76 \pm 491,95 \text{ Kcal/24h}$ ;  $p < 0,001$ ).

2. O gasto energético estimado pela equação de H-B se correlacionou com aquele medido pela CI, tanto no modo controlado ( $r=0,374$ ;  $p < 0,001$ ) quanto no assistido ( $r=0,281$ ;  $p=0,005$ ).

3. O gasto energético estimado pela equação de H-B deve ter o fator de atividade acrescido apenas quando o paciente estiver em ventilação mecânica assistida, uma vez que o cálculo sem o fator subestima o GET em 10,71%.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. KLEIN S, KINNEY J, JEEJEEBHOY K, et al. Nutritional Support in Clinical Practice: Review of Published Data and Recommendations for Future Research Directions. *JPEN* 1997. 21 (3): 133-156.
02. ESCALLÓN J.(Coord.) Terapia Nutricional Total: Uma Parte Integral do Cuidado do Paciente. *FELANPE e Abbott Laboratories*. 1997. p 1.
03. RIBEIRO PC, Terapia Nutricional na Sepse. *RBTI* 2004. 16 (3): 175-178.
04. SILVA SRJ, WAITZBERG DL. Gasto Energético. In: WAITZBERG DL. Nutrição Oral, Enteral e Parenteral na Prática Clínica. 3ª Edição. São Paulo: Editora Atheneu, 2002. 2 v. v 1. p 327-342.

05. IRETON-JONES CS, BORMAN KR, TURNER WW. Nutrition considerations in the management of ventilator-dependent patients. *Nutr Clin Pract* 1993. 8: 60-64.
06. KAN MN, CHANG HH, SHEU WF, et al. Estimation of energy requirements for mechanically ventilated, critically ill patients using nutritional status. *Crit Care Med* 2003. 7 (5): 108-115.
07. FLITCH C, BLUMER J. The use and interpretation of indirect calorimetry in critically ill patients. *Crit Care Med* 2000. 28 (4): 1248-1249.
08. VAN LANSCHOT JJB, FEENSTRA BWA, VERMEIJ CG, e al. Calculations versus measurements of total energy expenditure. *Crit Care Med* 1986. 14: 981-985.
09. LIGGETT SB, RENFRO AD. Energy Expenditure of mechanically ventilated nonsurgical patients. 1990. *Chest* 98: 682-686.
10. CHRISTMAN JW, McCAIN RW. A Sensible approach to the nutritional support of mechanically ventilated critically ill patients. *Intensive Care Med* 1993. 19: 129-133.
11. CHENG CH, CHEN CH, WONG Y, et al. Measured versus estimated energy expenditure in mechanically ventilated critically ill patientes. *Clin Nutr* 2002. 21 (2): 165-172.
12. BENOTTI PN, BISTRIAN B. Metabolic and nutritional aspects of weaning from mechanical ventilated. *Crit Care Med* 1989. 17: 181.
13. KRISHNAN JA, PARCE PB, MARTINEZ A, et al. Caloric Intake im Medical ICU Patients. Consistency of Care With Guidelines and Relationship to Clinical Outcomes. *Chest* 2003. 124: 297-305.
14. MAKITA K, NUNN JF, ROYSTON B. Evalutation of metabolic measuring instruments for use in critically ill patients. *Crit Care Med* 1990. 18(6): 638-644.
15. FERRO HC, AZEVEDO JRA. LOSS S H.(Ed.). Nutrição Parenteral e Enteral em UTI. São Paulo: Editora Atheneu. 2001. 396 p. p. XV e XVI.
16. KLERK G, HOP WCJ, HOOG M, et al. Serial measurements of energy expenditure in critically ill children: useful in optimizing nutrition therapy ? *Intensive Care Med* 2002. 28: 1781-1785.
17. MULLEN JL. Indirect calorimetry in critical care. *Proc Nutr Soc* 1991. 50: 239-44.
18. HERNNANDEZ CHÁVEZ A, CORONA JIMÉNEZ F, GUTIÉRREZ DE LA ROSA JL, et ali. El gasto energético en reposo, medido contra estimado, em pacientes críticamente enfermos. *Gac Méd Méx* 1994. 131 (3): 283-288.
19. CUNNINGHAM K, AEBERHARDT LE, WIGGS BR, et ali. Appropriate Interpretation of Indirect Calorimetry for Determining Energy Expenditure of Patients in Intensive Care Units. *Am J Surg* 1994. 167: 547-549.
20. TALPER SS, ROMBERGER DJ, GUNCE SB, PINGLETON SK, Nutritionally associated increased carbon dioxide production: excess total caloriesvs high proportion of carbohydrate calories. *Chest* 1992. 102: 551.

21. CERRA FB, BENITEZ MR, BLACKBURN GL, et al. Applied Nutrition in ICU Patients – A Consensus Statement of the American College of Chest Physicians. *Chest* 1997. 111: 769-778.
22. FRANCELOZO ER, PIMENTEL IC, CUKIER C, et al. Necessidades Nutricionais. In: MAGNONI D, CUKIER C. Perguntas e Respostas em Nutrição Clínica. São Paulo: Roca, 2001. 462 p.
23. VALES SB. Evaluación de las necesidades energéticas. In: CASTEL AN. Nutrición Artificial em el Paciente Grave. Barcelona: Ediciones Doyma, 1989. 287 p.
24. MATARESE LE. Indirect calorimetry: Technical aspects. *J Am Diet Assoc* 1997. 97: S154-S160.
25. IRETON-JONES C. Clinical Dilemma: Which Energy Expenditure Equation to Use? *JPEN* 2004. 28(4): 282-283.
26. LISA K. Effects of ventilator resetting on indirect calorimetry measurement-The importance of patience. *Crit Care Med* 1999. 27(3): 459-460.
27. BASILE-FILHO A, MARTINS M, ANTONIAZZI PC, et al. Calorimetria indireta no paciente em estado crítico. *RBTI* 2003. 15: 29-33.
28. FLANCBAUM L, CHOBAN PS, SAMBUCCO S, et al. Comparison of indirect calorimetry, the Fick method, and prediction equation in estimating the energy requirements of critically ill patients. *Am J Clin Nutr* 1999. 69: 461-466.
29. PATIÑO JF. Determinación del Gasto Energético Básico. *Rev Col Cirurg* 1990. 3 (2): 116-118.
30. WEISSMAN C, KEMPER M, ELWIN DH, Et al. The energy expenditure of mechanical ventilated critically ill patients. Na analysis. *Chest* 1986. 89: 254-9.
31. HALPERN G, OLIVA ABG, ESPERANÇA LMB, et al. Comparação entre o gasto energético basal calculado pela calorimetria indireta e pela fórmula de Harris-Benedict. *Rev Bras de Nutr Clín* 2000. 15(1): 270-275.
32. JOOSTEN KFM. Why indirect calorimetry in critically ill patients: what do we want to measure? *Intensive Care Med* 2001. 27: 1107-1109.
33. WAHRLICH V, ANJOS LA. Aspectos históricos e metodológicos da medição e estimativa da taxa metabólica basal: uma revisão da literatura. *Cad. Saúde Pública*. Rio de Janeiro. jul-ago. 2001. 17(4): 801-817.
34. SPEAKMAN JR. The history and theory of the doubly labeled water technique. *Am. J Clin Nutr* 1998. 68 (suppl): 932S-8S.
35. ROCHA EM, ABRAÃO V, ANANIAS M, et ali. Comparing Indirect Respiratory (IRC) Calorimetry and Indirect Circulatory (ICC) Calorimetry in critically ill patients. *Crit Care Med* 1999. 27 (1S): 116A.
36. DAMASK MC, SCHWARTZ RY, WEISSMANN C. Energy measurements and requirements of critically ill patients. *Crit Care Clin* 1987. 3: 71-96.

37. LIGGETT SB, St. JOHN RE, LEFRAK SS. Determination of resting energy expenditure utilizing thermodilution pulmonary artery catheter. *Chest* 1987. 91: 562-566.
38. MOLINA P, BURZTEIN S, ABUNRAD NN. Teorias e suposições sobre gasto de energia. In: LANG CH, ABUNRAD NN (eds.) *Nutrição no paciente criticamente enfermo*. Rio de Janeiro: Interlivros. 1995: 583-597.
39. MARSON F. Análise comparativa do consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) obtido pelo método de Fick e pela calorimetria indireta no paciente grave. Ribeirão Preto: FMRP, 2001. 103 p. Dissertação (Mestrado em Clínica Cirúrgica). Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. DatDef 18.12.2001.
40. BURZTEIN S, SAPHAR P, SINGER P, et al. A mathematical analysis of indirect calorimetry measurements in cutely ill patients. *Am J Clin Nutr* 1989. 50: 227-30.
41. LONG CL, SCHAFFEL N, GHIGER JW. Metabolic Response to injury and Illness: Estimation of Energy and Protein Needs from Indirect Calorimetry and Nitrogen Balance. *JPEN* 1979. 3: 452-456.
42. HARRIS JA, BENEDICT FG. *A Biometric study of basal metabolism in man*. Washington DC: Carnegie Institute of Washington. 1919. Publication 279.
43. SINGER JA, SINGER P. Measured resting energy expenditure in the normal, overweight and obese Israeli population. *Rev Bras de Nutr Clín* 2005. 20 (1): 6-8.
44. VAN WAY III CW. *Nutrition Secrets*. Philadelphia: Hanley & Belfus, Inc. 1999. 246 p. p 245.
45. COLETTI FA, MARSON, F, CAMPOS, AD, et al. Análise comparativa do gasto energético entre as equações de Harris-Benedict e de Long e a calorimetria indireta em pacientes sépticos. *RBTI* 2003. 15: 93-100.
46. CUDDY P. Determining Energy Requirements. In: VAN WAY III C W. *Nutrition Secrets*. Philadelphia: Hanley & Belfus, Inc. 1999. p 147-150.
47. DALY JM, HEYMSFIELD SB, HEAD CA, et al. Human Energy Requirements: overestimation by widely used prediction equation. *Am J Clin Nutr* 1985. 42: 1170-1174.
48. COLLETO FA. Avaliação do gasto energético obtido pela calorimetria indireta e pela equação de Harris-Benedict no paciente em estado grave. Ribeirão Preto: FMRP, 2002. 90 p. Dissertação (Mestrado em Clínica Cirúrgica), Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. DatDef 03.12.2003.
49. FAISY C, GUERROT E, DIEHL J-L, et al. Assessment of resting energy expenditure in mechanically ventilated patients. *Am J Clin Nutr* 2003. 78: 241-249.
50. WEISSMAN C, KEMPER M, HYMAN AI. Variation in the Resting Metabolic Rate of Mechanically Ventilated Critically Ill Patients. *Anesth Analg* 1989. 68: 457-461.
51. SWINAMER DL, GRACE MG, HAMILTON SM, et al. Predictive equation for assessing energy metabolism in mechanically ventilated critically ill patientes. *Crit Care Med* 1990. 18: 657.

52. CARLSSON M, NORDENSTROM J, HEDERSTEIRNA G. Clinical implications of continuous measurement of energy expenditure in mechanically ventilated patients. *Clin Nutr* 1984. 24: 103.
53. MANUAL DE OPERAÇÕES TEEM 100. Porto Alegre: Inbraport – Inbramed Ltda., s.d. 52 p. p 43.
54. RIBEIRO P C. Insuficiência Respiratória. In: MAGNONI D, CUKIER C. Perguntas e Respostas em Nutrição Clínica. São Paulo: Roca, 2001. 462 p.
55. ROCHA EEM. A Determinação do Gasto Energético em Pacientes Críticos. In: FERRO HC, AZEVEDO JRA, LOSS SH (Ed.). Nutrição Parenteral e Enteral em UTI. São Paulo: Editora Atheneu. 2001. 396 p. p 20.
56. CHAN S, McCROWEN K, BLACKBURN GL. Nutrition Management in the ICU. *Chest* 1999. 145S-148S.
57. BONASSA J. Princípios Básicos dos Ventiladores Artificiais. In: CARVALHO CRR, Ventilação Mecânica. Vol. 1. Básico. São Paulo: Editora Atheneu, 2000. Cap. 4. p 69-124.
58. OTIS AB. The work of breathing. *Physiol Rev* 1954. 34: 449-58.
59. AMATO MBP, BARBAS CSV. Trabalho Respiratório. In: Princípios da Ventilação Mecânica. Barcelona: Permanyer Publications, 1998. 74 p. p 55-74.
60. FIELD S, KELLY SM, MACKLEM PT. The oxygen cost of breathing in patients with cardiorespiratory disease. *Am Rev Respir Dis* 1982. 126: 9-13.
61. MARINI JJ. Mechanical ventilation: taking the work out of breathing ? *Respir Care* 1986. 31: 696-702.
62. COX D, TINLOI SF, FARRIMOND JG. Investigation of the spontaneous modes of breathing of different ventilators. *Intensive Care Med* 1988. 14: 532-37.
63. CAPPS JS, RITZ R, PIERSON DJ. An evaluation in four ventilators of characteristics that affect work of breathing. *Respir Care* 1987. 32: 1017-24
64. ANNAT G, VIALE JP. Measuring the breathing workload in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med* 1990. 16: 418-21.
65. WARD ME, CORBEIL C, GIBBONS W, et al. Optimization of respiratory muscle relaxation during mechanical ventilation. *Anesthesiology* 1988. 69: 29-35.
66. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Regulamento Técnico para Terapia Nutricional Parenteral. Portaria no. 272/98. Brasília. 1998. 64 p.
67. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Regulamento Técnico para Terapia Nutricional Enteral. Portaria no. 337/99. Brasília. 1999. 46 p.
68. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria número 343 de 7 de março de 2005. Institui, no âmbito do SUS, mecanismos para a implantação da assistência de Alta Complexidade em Terapia Nutricional. Brasília: Diário Oficial da União. Edição Número 45 de 08/03/2005.

69. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria número 131 de 8 de março de 2005. Brasília: Diário Oficial da União. Edição Número 48 de 11/03/2005.
70. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria número 135 de 8 de março de 2005. Brasília: Diário Oficial da União. Edição Número 48 de 11/03/2005.
71. IRETON-JONES CS, TURNER WW, LIEPA GW, et al. Equations for estimating energy expenditures in burned patients with special reference to ventilatory status. *J Burn and Rehab* 1992. 13: 30-33.
72. VERMEIJ CG, FEENSTRA BWA, VAN LANSCHOT JJB, BRUINING HA. Day-to-day variability of energy expenditure in critically ill surgical patient. *Crit Care Med* 1989. 17: 623.
73. KNAUS WA, DRAPER EA, WAGNER DP, et al. Apache II: a severity of disease classification system. *Crit Care Med* 1985. 13: 818-829.
74. TAKALA J, MERILÄNEN P. Handbook of gas Exchange and indirect calorimetry. Datex-Ohmeda. Doc. 876710. 1990.
75. BRANDI LS, BERTOLINI R, SANTINI L, et al. Effects of ventilator resetting on indirect calorimetry measurement in the critically ill surgical patient. *Crit Care Med* 1999. 27 (3): 531-539.
76. PETROS S, ENGELMANN L. Validity of an abbreviated indirect calorimetry protocol for measurement of resting energy expenditure in mechanically ventilated and spontaneously breathing critically ill patients. *Intensive Care Med* 2001. 27: 1164-1168.
77. BRANDI LS, BERTOLINI R, CALAFÀ M. Indirect Calorimetry in critically ill patients: Clinical applications and practical advise. *Nutrition* 1997. 13: 349-358.
78. BASILE-FILHO A, MARTINS MA, BATISTON, MT, et al. Gasto energético em pacientes sépticos: Correlação entre a calorimetria indireta e as equações preditivas derivadas a partir de dados hemodinâmicos. *RBTI* 2003. 15: 101-107.
79. DIENER, JRC. Calorimetria indireta. *Rev Assoc Med Bras* 1997. 43: (3)245-53.
80. MARTINS MA, CAMPOS FILHO WO, VIANA JM, et al. Análise Comparativa do Débito Cardíaco (DC) Obtido pelo Método de Fick e pela Calorimetria Indireta em Pacientes Sépticos. *RBTI* 2003. 15 (1): 5-14.
81. DETSKY AS, McLAUGHLIN JR, BAKER JP, et al. What is Subjective Global Assessment of Nutritional Status? *JPEN* 1987. 11(1): 8-13.
82. GRANT JP, CUSTER, PB, THURLOW J. Current Techniques of Nutritional Assessment. Symposium on Surgical Nutrition. *Surg Clin North Am* 1981. 61 (3): 437-463.
83. BAKER JP, DETSKY AS, WESSON DE, et al. Nutritional Assessment. *The N Engl J Med* 1982. 306 (16): 969-972.
84. VIEIRA SRR, PLOTNIK R, FIALKOW L. Monitorização da Mecânica Respiratória Durante a Ventilação Mecânica In: CARVALHO, CRR Ventilação Mecânica. Vol. 1. Básico. São Paulo. Editora Atheneu, 2000. Cap. 9. p 215-252.

85. TOBIN MJ, VAN DE GRAEFF WB. Monitoring of lung mechanics and the work of breathing. In: TOBIN MJ (ed). Principles and practice of mechanical ventilation. New York. McGraw-Hill. 1994. p 967-1003.
86. NONINO CB. Calorimetria indireta x Harris-Benedict: determinação, validação e comparação para cálculo da taxa metabólica de repouso em obesos grau III. Ribeirão Preto.FMRP, 2002. Dissertação (Mestrado em Clínica Médica), Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. DatDef. 22/03/2002.

**ANEXOS****DADOS DOS PACIENTES -FICHA INDIVIDUAL**

Número de ordem:	
Nome do paciente :	
Sexo:	Masculino          Feminino
Data de Nascimento:	
Idade:	
Número do Prontuário:	
Endereço:	
Cidade:	
Estado:	

CEP:	
Telefone :	
Motivo de internação na UTI	
Relação PaO <sub>2</sub> / FiO <sub>2</sub>	
Saturação da hemoglobina:	
Sensório:	Vigil                      Torpor                      coma
APACHE II	
Avaliação nutr. subjetiva global	
GET por equação Harris-Benedict	
Uso de vasopressores:	
Dieta polimérica padrão	Sim                      Não
Tempo de Ventilação Mecânica:	Dias

**Controlada:**

FR:  
FC:  
VAC:  
Delta P:  
PEEP:  
Sat.:  
FiO<sub>2</sub>:  
QR:  
Kcal/24 h :  
Kcal/min.:  
Kcal/20 min.:  
Ppico:  
Pplatô:  
P média:  
Compl.:  
RVA:

**Assistida:**

FR:  
FC:  
VAC:  
Delta p :  
PEEP:  
Sat.:  
FiO<sub>2</sub>:  
QR:  
Kcal/24 h :  
Kcal/min.:  
Kcal/20 min.:  
P pico:  
P platô:  
P média:  
Compl.:  
RVA:

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Prezado Senhor (a).

Nós estamos realizando um estudo comparativo que irá determinar quantas calorias os pacientes gastam por dia nas diferentes modalidades de respiração artificial.

Com estes dados nós poderemos planejar com mais precisão a quantidade de calorias que os doentes necessitam e alimentá-los mais

adequadamente. Sem estes dados, nós planejamos a quantidade de calorias através de uma fórmula que também é adequada.

Para medir com precisão o gasto de calorias, nós determinaremos, com um aparelho que analisa o ar que os pacientes respiram, a quantidade de oxigênio consumido e a quantidade de gás carbônico produzido no seu metabolismo. Um caninho será conectado entre o doente e o respirador . Esse caninho tem três sensores que são capazes de analisar o ar que por ali passa. Com estes dados nós poderemos calcular a quantidade de calorias que os pacientes estão gastando no seu metabolismo. Como este caninho não emite gases e nenhuma outra substância, não alterará em nada a respiração do doente. Só servirá para medir. Também não trará nenhum desconforto ao paciente porque a sua colocação é instantânea.

Estas medidas não vão alterar o tratamento que os pacientes estão recebendo e de nenhuma maneira os prejudicará.

O Sr.(a) é livre para escolher participar ou não deste estudo, e a sua recusa não implicará em nenhum prejuízo no tratamento de seu familiar ou dependente neste hospital. Os dados obtidos, nesta pesquisa, só serão usados para calcular a quantidade de calorias que o paciente está gastando, e serão guardados em sigilo, ficando à sua disposição ou a de seu médico se assim o desejar.

Se estiver de acordo em autorizar a participação de seu familiar ou dependente, por favor assine este documento.

Porto Alegre, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_

Familiar ou responsável

\_\_\_\_\_

Dr. Jorge Amilton Hoher  
Fone:99556824

Dr. Paulo José Zimmermann Teixeira  
Fone: 99678585