

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE: CARDIOLOGIA E
CIÊNCIAS CARDIOVASCULARES

**AVALIAÇÃO DO GASTO ENERGÉTICO DURANTE O
DESMAME DA VENTILAÇÃO MECÂNICA NOS MODOS
PRESSÃO SUPORTE E TUBO T**

Laura Jurema dos Santos

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE: CARDIOLOGIA E
CIÊNCIAS CARDIOVASCULARES

**AVALIAÇÃO DO GASTO ENERGÉTICO DURANTE O
DESMAME DA VENTILAÇÃO MECÂNICA NOS MODOS
PRESSÃO SUPORTE E TUBO T**

Laura Jurema dos Santos

Orientadora: Prof^a. Dra. Silvia Regina Rios Vieira

*Dissertação de Mestrado
apresentada no Programa de
Pós-Graduação em Ciências da
Saúde: Cardiologia e Ciências
Cardiovasculares para obtenção
do título de Mestre em Ciências
Cardiovasculares.*

Fonte Financiadora

O presente trabalho foi desenvolvido com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Brasil) e da Fundação de Incentivo a Pesquisa e Eventos do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (FIPE – HCPA).

Agradecimentos

A Dra. Sílvia Regina Rios Vieira, orientadora deste trabalho, pela oportunidade, dedicação e incentivo constantes.

Ao Dr. Mauro Luiz Kaufmann, pela amizade e colaboração na concretização deste estudo.

À Medicalway, empresa representante do monitor, na pessoa do Fabio Hilal, pela contribuição indispensável.

Às pessoas que de alguma forma colaboraram na execução deste projeto: colegas fisioterapeutas (em especial ao Robledo Condessa), médicos, enfermeiros, técnicos de enfermagem e demais funcionários do Centro de Tratamento Intensivo do Hospital de Clínicas de Porto Alegre.

À estatística Daniela Benzano Bumaguin pela paciência durante a análise dos resultados.

À Sirlei, pelas oportunidades favorecidas e por seu enorme coração.

Às minhas irmãs do coração, Fabrícia Hoff e Daniele Rossato, pela amizade, apoio constante e cumplicidade.

Aos meus pais, Laurindo e Délia, por sempre acreditarem nos meus sonhos!

Sumário

Lista de abreviaturas.....	7
Lista de figuras.....	11
Lista de tabelas.....	12
Lista de anexos.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1 ASPECTOS NUTRICIONAIS EM PACIENTES CRÍTICOS.....	15
2.2 GASTO ENERGÉTICO.....	16
2.2.1 <i>Mensurando o gasto energético.....</i>	<i>16</i>
2.2.2 <i>Estimando o gasto energético.....</i>	<i>18</i>
2.3 DESMAME DA VENTILAÇÃO MECÂNICA.....	19
2.3.1 <i>Modos de desmame.....</i>	<i>20</i>
2.3.1.1 Ventilação mandatória intermitente ou ventilação mandatória intermitente sincronizada.....	20
2.3.1.2 Ventilação com pressão suporte.....	21
2.3.1.3 Tubo T.....	22
2.3.2 <i>Predizendo o sucesso no desmame.....</i>	<i>22</i>
2.3.3 <i>Gasto energético e ventilação mecânica.....</i>	<i>23</i>
3 HIPÓTESE.....	26
4 OBJETIVOS.....	26
4.1 OBJETIVO GERAL.....	26
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
5 REFERÊNCIAS DA REVISÃO DA LITERATURA.....	27

Artigo: Avaliação do Gasto Energético durante o Desmame da Ventilação Mecânica nos Modos Pressão Suporte e Tubo T.....	34
RESUMO.....	35
INTRODUÇÃO.....	37
MATERIAL E MÉTODOS.....	38
Pacientes.....	38
Protocolo de Desmame da Ventilação Mecânica.....	39
Protocolo do Estudo.....	40
<i>Análise do gasto energético.....</i>	<i>42</i>
Análise Estatística.....	43
Declaração de Conflitos de Interesse.....	44
RESULTADOS.....	44
DISCUSSÃO.....	50
CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	55
ANEXOS.....	60

Lista de Abreviaturas da Dissertação

ANOVA	Analysis of Variance
APACHE II	Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II
bpm	Batimentos por minuto
°C	Graus Celsius
Cl	Calorimetria Indireta
cm	Centímetro
cmH ₂ O	Centímetros de água
CO ₂	Dióxido de Carbono
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CPAP	Continuous Positive Airway Pressure
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
<i>f</i>	Freqüência Respiratória
FA	Fator de Atividade
FC	Freqüência Cardíaca
FiO ₂	Fração Inspirada de Oxigênio
FIPE	Fundação de Incentivo a Pesquisa e Eventos
GE	Gasto Energético
GER	Gasto Energético em Repouso
GET	Gasto Energético Total
HB	Harris-Benedict
HCPA	Hospital de Clínicas de Porto Alegre
IC	Intervalo de Confiança
IMC	Índice de Massa Corpórea

IMV	Intermittent Mandatory Ventilation
IRpA	Insuficiência Respiratória Aguda
kcal/dia	Quilocalorias/dia
kg	Quilograma
kg/m ²	Quilograma/metro ao quadrado
ml	Mililitro
mmHg	Milímetros de mercúrio
NPT	Nutrição Parenteral Total
O ₂	Oxigênio
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAC	Pneumonia Adquirida na Comunidade
PaO ₂	Pressão Parcial de Oxigênio no Sangue Arterial
PaCO ₂	Pressão Parcial de Dióxido de Carbono no Sangue Arterial
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PEEP	Positive End-Expiratory Pressure
PS	Pressão Suporte
QR	Quociente Respiratório
rpm	Respirações por minuto
SIMV	Sincronized Intermittent Mandatory Ventilation
SNE	Sonda Nosoenteral
SpO ₂	Saturação Periférica de Oxigênio
SPSS	Statistical Package for Social Science
TET	Tubo Endotraqueal
TT	Tubo T
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

VCO ₂	Produção de Dióxido de Carbono
VM	Ventilação Mecânica
VO ₂	Consumo de Oxigênio
V _T	Tidal Volume
WOB	Trabalho Ventilatório

Nota: Várias siglas foram mantidas conforme a língua inglesa, por assim serem conhecidas universalmente.

Lista de Abreviaturas do Artigo em Inglês

AF	Activity Factor
BMI	Body Mass Index
CAP	Community-Acquired Pneumonia
CI	Confidence Interval
CO ₂	Carbon Dioxide
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
EE	Energy Expenditure
ETT	Endotracheal Tube
<i>f</i>	Respiratory Rate
FiO ₂	Inspiratory Oxygen Fraction
HR	Heart Rate
IC	Indirect Calorimetry
ICU	Intensive Care Unit
MV	Mechanical Ventilation
O ₂	Oxygen
SAP	Systolic Arterial Pressure

SD	Standard Deviation
TPN	Total Parenteral Nutrition
VCO ₂	Carbon Dioxide Production
VO ₂	Oxygen Consumption

Lista de Figuras

Figura 1 Desenho do estudo.....	42
Figura 2 Gasto energético medido pela calorimetria indireta em PS e TT.....	46
Figura 3 Correlação entre o gasto energético mensurado e estimado.....	48
Figura 4 Gráficos de Bland e Altman.....	50

Lista de Tabelas

Tabela 1 Características da população estudada.....	45
Tabela 2 Gasto energético médio estimado e medido em PS e TT.....	46
Tabela 3 Limites de concordância entre a CI e a equação de HB.....	49

Lista de Anexos

Anexo A Artigo em inglês.....	61
Anexo B Termo de consentimento livre e esclarecido.....	87
Anexo C Ficha de acompanhamento.....	89

1 INTRODUÇÃO

Por várias décadas, a má nutrição tem sido descrita com alta prevalência hospitalar. No ambiente da terapia intensiva, segundo diversos critérios de avaliação, pode ocorrer em até 30% a 50% dos pacientes internados (1,2). A atenção na determinação das necessidades energéticas deve estar incluída entre os primeiros cuidados ao paciente grave, uma vez que as alterações metabólicas provocadas pela doença aguda tornam a avaliação nutricional um difícil exercício clínico (3,4), sendo usualmente estimada por equações preditivas ou mensurada pela calorimetria indireta (5).

As equações preditivas são largamente utilizadas, pela sua facilidade de execução a um custo zero, no entanto se mostram imprecisas, apresentando variações importantes inter e intra-indivíduos (6-9). A calorimetria indireta, por sua vez, é considerada o padrão áureo na determinação do gasto energético (10,11) e tornou-se uma ferramenta útil especialmente no manejo de pacientes sob ventilação mecânica (8). Tanto o aporte nutricional insuficiente quanto o excessivo podem prolongar a necessidade de suporte ventilatório, influenciando em todo processo de desmame (12).

Portanto, é objeto desse estudo comparar o gasto energético de pacientes em desmame da ventilação mecânica nos modos pressão suporte e tubo T através da calorimetria indireta, assim como verificar a concordância destes achados com os resultados estimados pela equação de Harris-Benedict.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ASPECTOS NUTRICIONAIS EM PACIENTES CRÍTICOS

Avanços significativos ocorreram recentemente nos cuidados nutricionais de pacientes hospitalizados (13). A desnutrição, a inadequação do aporte nutricional ao paciente relativa a uma demanda metabólica aumentada, assim como o excesso alimentar podem determinar complicações significativas que irão alterar o curso da doença (7,14), especialmente em pacientes graves e ventilados mecanicamente (15-17). A desnutrição tem sido associada à piores resultados: ao prolongamento do tempo de ventilação mecânica (VM), ao aumento do risco de infecção e também ao aumento da mortalidade (18).

No paciente crítico, a desnutrição compromete a resposta imunológica, a respiração e a cicatrização de ferimentos, predispõe a infecções nosocomiais e prolonga o tempo de VM e de hospitalização (19-21). Por outro lado, a oferta calórica excessiva a um paciente grave deve ser evitada, pois além de comprometer a imunidade e a respiração e prolongar o tempo de VM, favorece a hiperglicemia, disfunção hepática e sobrecarga de líquidos (20). Talpers e cols. (22) em seu estudo demonstraram que o aumento da produção de dióxido de carbono (CO_2) está mais relacionado com a hipernutrição do que com a fonte de carboidratos da dieta em pacientes em VM.

O trabalho respiratório 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 (23). O trabalho mecânico realizado pelos músculos pode ser diretamente relacionado às necessidades calóricas da musculatura respiratória ou, ainda, ao consumo de oxigênio das células musculares (24).

2.2 GASTO ENERGÉTICO

O gasto energético em repouso (GER) é o mais simples e usado nos estudos nutricionais e na prática clínica. Traduz o gasto energético (GE) de um indivíduo em repouso, e não suas necessidades energéticas totais (25). O gasto energético total (GET) é constituído pelo GER, o qual contribui com aproximadamente 70%, mais a ação dinâmica específica dos nutrientes e o GE na atividade física. Em indivíduos jovens, um fator de crescimento acrescido ao GER também contribui para o GET (26).

Entre os métodos encontrados para a avaliação do GE, pode-se citar a calorimetria direta, a calorimetria indireta (CI), a água duplamente marcada e o método de Fick ou termodiluição, sendo que os mais freqüentemente utilizados são a CI e as inúmeras equações preditivas (5).

2.2.1 Mensurando o gasto energético

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 demandar o isolamento total do paciente (27). Experimentos realizados em animais e humanos demonstram concordância entre os métodos direto e indireto (28). Sendo assim, a calorimetria indireta é o método mais fidedigno na determinação do gasto energético, sobretudo de pacientes em ventilação mecânica (8).

As necessidades energéticas mudam em algumas condições, especialmente nos pacientes críticos, portanto recomenda-se que sejam mensuradas individualmente pela CI (5). O gasto calórico pode ser avaliado pela mensuração dos parâmetros de trocas gasosas (20). O uso da CI depende de monitor metabólico que analise o consumo de oxigênio (VO_2), produção de dióxido de carbono (VCO_2), energia despendida (calculada pela equação abreviada de Weir) e quociente respiratório (QR) (8), sendo que este último índice reflete o número de moléculas de CO_2 produzidas por moléculas de oxigênio consumidas, demonstrando a utilização do substrato pelo organismo (29).

Equação abreviada de Weir:

$$GE \text{ (kcal/dia)} = [VO_2 (3,9) + VCO_2 (1,1)] \times 1440$$

Dessa forma, a CI pode ser uma ferramenta útil na provisão do suporte nutricional. Trata-se de um método seguro, prático, não invasivo, realizado com equipamento portátil à beira do leito, que favorece a diminuição da morbidade e mortalidade de pacientes graves, facilitando o desmame da VM e encurtando o tempo de internação na unidade de terapia intensiva (UTI) e no hospital (20,29-32).

2.2.2. Estimando o gasto energético

A medida do gasto energético pela calorimetria direta ou indireta são os métodos mais acurados na determinação das necessidades energéticas. Na prática clínica, entretanto, estes métodos são pouco utilizados pelo elevado custo, tempo consumido e necessidade de equipe treinada para a operação. Como resultado, um considerável número de equações preditivas vem sendo publicadas nos últimos 40 anos na tentativa de desenvolver ferramentas mais práticas para determinar necessidades energéticas. São usualmente rápidas e fáceis de usar, disponíveis universalmente e isentas de custos, entretanto são alvos de críticas por diversas razões. Todas as equações necessitam avaliação do peso atual e não são adequadamente validadas. Enquanto as equações podem predizer as necessidades energéticas para populações específicas, elas têm um pobre valor preditivo individual. Além disso, todos os métodos necessitam de julgamento clínico e são, portanto, abertas a interpretação errônea (5).

A equação mais comumente utilizada foi desenvolvida por Harris e Benedict (33) e publicada em 1919, sendo até hoje alvo de críticas especialmente pelo fato dos pacientes incluídos no estudo serem considerados magros, jovens e saudáveis (5). Em vista disso, é freqüente a utilização de fatores de correção específicos para os diversos tipos de injúria e de atividade, visando atenuar as diferenças (34).

Equação de Harris-Benedict:

HOMEM: $66,47 + [13,75 \times \text{peso (kg)}] + [5 \times \text{altura (cm)}] - 6,76 \times \text{idade (anos)}$

MULHER: $655,1 + [9,56 \times \text{peso (kg)}] + [1,85 \times \text{altura (cm)}] - 4,68 \times \text{idade (anos)}$

Fatores de Correção (35):

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

Muitos estudos encontram significativas diferenças entre os valores de GE mensurados e os estimados pelas equações preditivas (5,11,12,36), necessitando, portanto, maiores confirmações que favoreçam a prática clínica.

2.3 DESMAME DA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Inúmeros modelos e técnicas têm sido utilizados para proporcionar uma efetiva descontinuação da VM. Até o início de 1970, a peça T era o único método de desmame em uso e continua sendo, ainda hoje, o método mais freqüentemente utilizado em pacientes submetidos à VM (37). Na década de 70, a ventilação mandatória intermitente (IMV) foi introduzida e rapidamente ganhou reputação de um efetivo método de desmame (38) e, nos anos 80, com o surgimento do modo pressão suporte (PS), reafirmou-se o papel de técnicas que proporcionassem uma gradual retirada e decréscimo do nível da assistência ventilatória (39).

Para muitos pacientes em VM, o retorno à respiração espontânea é facilmente obtido (40), entretanto existe um substancial número de casos em que o

desmame torna-se difícil e, muitas vezes, pode vir a falhar (41). Essa falência é usualmente causada pelo desequilíbrio entre as necessidades ventilatórias e a capacidade do sistema respiratório suportá-las, ou ainda, quando houver incompetência neuromuscular e o suprimento energético for inadequado à necessidade dos músculos respiratórios (42).

2.3.1 Modos de desmame

Os modos de desmame incluem: tentativas de respiração espontânea (tubo T), ventilação com pressão suporte (PS) e ventilação mandatória intermitente sincronizada (SIMV).

2.3.1.1 Ventilação mandatória intermitente ou ventilação mandatória intermitente sincronizada

Estes modos combinam a ventilação espontânea com a assistida. A transição da respiração artificial para a espontânea se realiza pela diminuição gradual da frequência do ventilador. A frequência de início da ventilação mandatória intermitente (IMV) está determinada pela quantidade de suporte ventilatório para manter uma adequada pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial (PaCO_2), sem que apareçam sinais de fadiga. Pode-se iniciar com uma frequência do ventilador igual a metade da obtida no modo assistido-controlado. A progressão do desmame se produz diminuindo a frequência no ventilador conforme a tolerância clínica. Embora para alguns autores a IMV seja usada como modo de ventilação, ela foi introduzida inicialmente como técnica de desmame (38,43). Entre as vantagens

de seu uso destaca-se um maior controle sobre o paciente devido à monitoração por parte do ventilador, um menor tempo de disponibilização da equipe de UTI, uma transição gradual para a respiração espontânea e uma melhor tolerância hemodinâmica ao diminuir a pressão intratorácica. Os principais inconvenientes são: o risco de hipoventilação (caso sejam utilizadas frequências baixas o paciente não consegue volumes eficazes) e o aumento do trabalho ventilatório (WOB), que pode perpetuar a fadiga e aumentar o tempo de desmame (44). Um dos problemas que ocorrem na ventilação mandatória intermitente sincronizada (SIMV) é o alto nível de esforço inspiratório necessário para o paciente abrir a válvula de demanda do ventilador mecânico, podendo duplicar o trabalho ventilatório e, conseqüentemente, o consumo de oxigênio (45). Não se demonstrou até o momento que o IMV reduza o tempo de desmame nem que seja uma técnica superior ao tubo T em situações concretas (46).

2.3.1.2 Ventilação com pressão suporte

Na ventilação com pressão suporte ocorre um auxílio à ventilação espontânea do paciente, onde o ventilador proporciona uma pressão positiva inspiratória pré-selecionada (39). O nível de pressão inspiratória é fixado em função de se conseguir manter a frequência respiratória (f) entre 25 e 30 respirações por minuto (rpm) e é reduzido de forma gradual até a extubação (47). A PS é útil para contrabalançar o trabalho extra imposto pela presença do tubo orotraqueal, reduzindo o trabalho ventilatório (48,49). A PS requer menor tempo de dedicação da equipe devido à boa sustentação da monitoração dos parâmetros ventilatórios, com conseqüente maior segurança, além de diminuir de forma gradual a atividade diafragmática em função

do nível de pressão utilizada (50). Seu principal inconveniente é fornecer um nível de ventilação incerta quando o paciente reduz de forma brusca a capacidade de ventilar.

2.3.1.3 Tubo T

O método Tubo T (TT) foi o primeiro e ainda hoje é o modo de desmame mais freqüentemente utilizado, onde o paciente ventila espontaneamente conectado a uma fonte umidificada e enriquecida de oxigênio. Pode ser realizado através de dois protocolos diferentes: interrupção abrupta (teste de ventilação espontânea variando de 30 minutos a 2 horas, após o qual paciente é extubado) (51,52) ou interrupção gradual (onde existe alternância entre a respiração assistida dada pela VM e os períodos de ventilação espontânea, alongando-se progressivamente os períodos em TT conforme a tolerância clínica, até a extubação) (53). A técnica pode causar aumento do trabalho ventilatório devido à presença do tubo orotraqueal, podendo levar a uma carga respiratória excessiva (54). Outros inconvenientes incluem a falta de monitoração, a quantidade de tempo despendida pela equipe, a transição brusca para a primeira respiração espontânea, que por vezes pode ser mal tolerada (55).

2.3.2 *Predizendo o sucesso no desmame*

Vários índices de desempenho em critérios diferenciados tentam prognosticar o sucesso ou insucesso do desmame. A intenção destes preditores é tentar minimizar os efeitos deletérios para os músculos respiratórios que prolongam o tempo de VM. Mais ainda, a falha na extubação está associada ao aumento da

mortalidade, aumento do tempo em UTI, taxa de permanência hospitalar e aumento de realização de traqueostomias (56).

Os preditores de desmame usados atualmente, incluem uma variedade de critérios, como por exemplo, características demográficas (idade e categorias diagnósticas), sinais subjetivos (diaforese e agitação), sinais vitais e variáveis hemodinâmicas (frequência cardíaca e pressão arterial), mecânica pulmonar (volume corrente e frequência respiratória), troca gasosa (níveis de PaCO₂ e pressão parcial de oxigênio arterial ou PaO₂), e medidas de severidade da doença (variáveis bioquímicas, co-morbidades, nível de ventilação suporte e níveis de suporte não respiratório) (57).

Além de índices fisiológicos, aspectos relacionados à qualidade da assistência ao paciente com insuficiência respiratória têm efeito direto na eficiência e efetividade do processo de desmame da VM, entre os quais se pode destacar o estado nutricional (30). Uma das áreas de aplicação da CI inclui pacientes em VM, na tentativa de otimizar o processo de desmame (10).

2.3.3 Gasto energético e ventilação mecânica

O gasto energético em pacientes em ventilação mecânica vem sendo estudado por alguns autores (8,12,27,30,58,63-65).

Flancbaum e cols. (8) compararam o GE mensurado pela CI com o calculado pelo método de Fick e as equações de Harris-Benedict (HB), Ireton-Jones, Fusco e

Frankenfield e concluíram que, havendo disponibilidade, a CI deve fazer parte de todos regimes de suporte nutricional, pela fidedignidade de suas medidas. Já, em outro estudo publicado na *Clinical Nutrition*, os autores analisaram cinco equações em 46 pacientes em VM, sendo que os resultados demonstraram que o GE pode ser estimado na maioria dos pacientes críticos utilizando as fórmulas de HB, Kleiber e Liu, desde que seja utilizado um fator de injúria (12). Recentemente, Höher e cols. (27) também encontraram correlação entre a equação de Harris-Benedict e a calorimetria indireta, tanto em VM controlada quanto em assistida, entretanto concluíram que o GE estimado pela equação de HB deve ter o fator de atividade acrescido apenas quando o paciente estiver em VM assistida. Além disso, ao compararem o gasto energético em VM controlada e assistida, através da CI, mostraram que os pacientes no modo assistido despendem 10,71% a mais do que quando no modo controlado.

O trabalho de Kan e cols. (30) publicado em 2003 tinha por objetivo determinar as necessidades energéticas de pacientes críticos em VM. Os autores consideraram que fornecer no mínimo 120% do GE mensurado pela CI parece adequado para encontrar as necessidades energéticas de pacientes hemodinamicamente estáveis em VM. No mesmo ano, em outro estudo, foi comparado o gasto energético mensurado pela calorimetria indireta e estimado pela equação de Harris-Benedict, observando um gasto 25% maior na CI, entretanto ao utilizar um fator de correção para injúria, esta diferença não foi estatisticamente significativa (58). Estes achados já haviam sido demonstrados por outros pesquisadores anteriormente (7,59-62).

Mais recentemente, foram encontradas medidas similares de GE em repouso em 87 pacientes críticos em VM com diferentes tipos de lesão (trauma, clínica e cirúrgica) (63). Savard e cols. (64) em 2008 validaram um método preditivo para uma avaliação acurada do GE em repouso utilizando comparação com CI para confirmar a habilidade da sua equação previamente descrita (Faisy). Seus achados enfatizaram a imprecisão das equações preditivas mais utilizadas e a ampla variabilidade de fatores de correção introduzida.

O propósito do estudo de Swinamer e cols. (65) foi utilizar o VO_2 e o GE para avaliar mudanças no trabalho ventilatório quando a VM assistida foi substituída por duas técnicas de testes de ventilação espontânea (CPAP e TT). Os autores concluíram que durante o estágio inicial de desmame em pacientes que receberam suporte ventilatório mecânico prolongado, ocorre um aumento do trabalho ventilatório associado com testes de ventilação espontânea quando comparado com a VM assistida, entretanto o trabalho ventilatório e o GE associados com o TT não foram significativamente maiores do que no CPAP.

Até o momento, não existem estudos controlados que avaliem o gasto energético durante o desmame da ventilação mecânica comparando os modos pressão suporte e tubo T e, apesar desses serem os modos mais empregados nesta situação, não está comprovada a superioridade de uma técnica sobre a outra. Portanto, a justificativa para o presente estudo baseia-se na falta de um instrumento capaz de medir o gasto energético de forma segura à beira do leito, bem como de explorar diferentes demandas metabólicas impostas pelo progresso do desmame nos pacientes sob ventilação mecânica.

3 HIPÓTESE

Durante o processo de desmame da ventilação mecânica, o gasto energético em Tubo T é maior do que em ventilação com pressão suporte.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o gasto energético de pacientes em desmame da ventilação mecânica.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar o gasto energético de pacientes em desmame da ventilação mecânica nos modos ventilação com pressão suporte e tubo T.

- Verificar a concordância entre o gasto energético mensurado pela calorimetria indireta e o estimado pela equação de Harris-Benedict.

5 REFERÊNCIAS DA REVISÃO DA LITERATURA

1. Pollack MM, Ruttimann UE, Wiley JS. Nutritional depletions in critically ill children: associations with physiologic instability and increase quantity of care. *J Parenter Enteral Nutr* 1985; 9: 309-313.
2. Border JR, Hasset J, LaDuca J. The gut origin septic states in blunt multiple trauma (ISS=40) in ICU. *Ann Surg* 1987; 206: 427-448.
3. Heang 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: 247-251.
4. Frankenfield DC, Wiles CE, Bagley S, et al. Relationship between resting and total energy expenditure in injured and septic patients. *Crit Care Med* 1994; 22: 1796-1804.
5. Weekes CE. Controversies in the determination of energy requirements. *Proceedings of the Nutrition Society* 2007; 66: 367-377.
6. 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.
7. Van Lanschot JJB, Feenstra BWA, Vermeij CG et al. Calculations versus Measurements of Total Energy Expenditure. *Crit Care Med* 1986; 14: 981-985.
8. Flancbaum L, Chaban OS, 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.
9. Zauner C, Schuster B, Schneeweiss B. Similar metabolic responses to standardized total parenteral nutrition of septic and nonseptic critically ill patients. *Am J Clin Nutr* 2001; 74: 265-270.

10. Headley JM. Indirect calorimetry – A trend toward continuous metabolic assessment. AACN Clinical Issues 2003; 14(2):155-167.
11. Boullata J, Williams J, Cottrell F et al. Accurate determination of energy needs in hospitalized patients. J Am Diet Assoc 2007; 107: 393-401.
12. Cheng CH, Chen CH, Wong Y et al. Measured versus Estimated Energy Expenditure in Mechanically Ventilated Critically Ill Patients. Clin Nutr 2002; 21(2): 165-172.
13. Klein S, Kinney J, Jeejeebhoy K et al. Nutritional Support in Clinical Practice: Review of Published Data and Recommendations for Future research Directions. J Parenter Enteral Nutr 1997; 21(3): 133-156.
14. Liggett SB, Renfro AD. Energy Expenditure of Mechanically Ventilated Nonsurgical Patients. Chest 1990; 98: 682-686.
15. Ireton-Jones CS, Borman KR, Turner WW. Nutrition Considerations in the Management of Ventilator-Dependent Patients. Nutr Clin Pract 1993; 8: 60-64.
16. Christman JW, McCain RW. A Sensible Approach to the Nutritional Support of Mechanically Ventilated Critically Ill Patients. Intensive Care Med 1993; 19: 129-133.
17. Benotti PN, Bristrian B. Metabolic and Nutritional Aspects of Weaning from Mechanical Ventilation. Crit Care Med 1989; 17: 181-185.
18. Krishnan JA, Parce PB, Martinez A et al. Caloric Intake in Medical ICU Patients. Consistency of Care with Guidelines and Relationship to Clinical Outcomes. Chest 2003; 124: 297-305.
19. Makita K, Nunn JF, Royston B. Evaluation of Metabolic Measuring Instruments for Use in Critically Ill Patients. Crit Care Med 1990; 18(6): 638-644.
20. McClave SA, McClain CJ, Snider HL. Should Indirect Calorimetry be Used as Part of Nutritional Assessment? J Clin Gastroenterol 2001; 33(1): 14-19.

21. 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.
22. Talpers SS, Romberger DJ, Bunce SB et al. Nutritionally Associated Increased Carbon Dioxide Production. *Chest* 1992; 102: 551-555.
23. Otis AB. The Work of Breathing. *Physiol Ver* 1954; 34: 449-458.
24. Shikora AS, Bistrain BR, Borlase BC et al. Work of breathing: Reliable predictor of weaning and extubation. *Crit Care Med* 1990; 18(2): 157-162.
25. Battezzati A, Viganò R. Indirect calorimetry and nutritional problems in clinical practice. *Acta Diabetol* 2001; 38: 1-5.
26. Rocha EEM, Alves VGF, Fonseca RBV. Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2006; 9: 247-256.
27. Höher JA, Zimmermann Teixeira PJ, Hertz F et al. A comparison between ventilation modes: how does activity level affect energy expenditure estimates? *J Parenter Enteral Nutr* 2008; 32(2): 176-183.
28. Manual de Operações TEEM 100. Porto Alegre: Inbraport – Inbramed Ltda., s.d. 52 p. 43.
29. Matarese LE. Indirect Calorimetry: Technical Aspects. *J Am Diet Assoc* 1997; 97: S154-S160.
30. 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.
31. Lisa K. Effects of Ventilator Resetting on Indirect Calorimetry Measurement – The Importance of Patience. *Crit Care Med* 1999; 27(3): 459-460.
32. Joosten KFM. Why Indirect Calorimetry in Critically Ill Patients: What Do We Want to Measure? *Intensive Care Med* 2001; 27: 1107-1109.

33. Harris J, Benedict F. A biometric study of basal metabolism in man. Washington, DC: Carnegie Institute of Washington, 1919, Public nº 279.
34. Long CL, Schaffel BS, Geiger BA, et al. Metabolic response to injury and illness: estimation of energy and protein needs from indirect calorimetry and nitrogen balance. *J Parenter Enteral Nutr* 1979; 3: 452-456.
35. Van Way III CW. *Nutrition Secrets*. Philadelphia: Hanley & Belfus, Inc. 1999. 246 p. 245.
36. Coletto, 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. *RBTI* 2003; 15(3): 93-100.
37. Esteban A, Anzueto A, Alia I, Group ftMVIW. International study of the prevalence of mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 1997; 23 (Suppl 1): S23.
38. Dows J, Klein E, Desauter D, Modell J, Kirby R. Intermittent mandatory ventilation: A new approach to weaning from mechanical ventilation. *Chest* 1973; 64: 331-335.
39. Brochard L, Harf A, Lorino H, Lemaire F. Inspiratory pressure support prevents diaphragmatic fatigue during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1989; 139: 513-521.
40. Ely E, Baker A, Dunagan D. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients of breathing spontaneously. *N Engl J Med* 1996; 335: 1864-1869.
41. Brochard L, Rauss A, Benito S, et al. N. Comparison of three methods of gradual withdrawal from mechanical ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1994; 150(4): 896-903.

42. Tobin M, Alex C. Discontinuation of mechanical ventilation. In: Tobin M, editor. Principles and practice of mechanical ventilation. New York: McGraw-Hill; 1994. p. 1177-1206.
43. Luce J, Pierson D, Hudson J. Intermittent mandatory ventilation: a critical review. Chest 1981; 79: 678-685.
44. MacIntyre N. Respiratory function during pressure support ventilation. Chest 1986; 89: 677-683.
45. Marini J, Smith T, Lamb V. External work output and force generation during synchronized intermittent mechanical ventilation: effect of machine assistance on breathing effort. Am Rev Respir Dis 1988; 138: 1169-1179.
46. Schachter E. Does intermittent mandatory ventilation accelerate weaning? JAMA 1981; 246: 1210-1214.
47. Kimura T, Takezawa J, Nishiwaki K, Shimada Y. Determination of the optimal pressure support level evaluated by measuring transdiaphragmatic pressure. Chest 1991; 100: 112-117.
48. Fiastro J, Habib M, Quan S. Pressure support compensation for inspiratory work due to endotracheal tubes and demand continuous positive airway pressure. Chest 1988; 93: 499-505.
49. Hess D. Perspectives on weaning from mechanical ventilation with a note on extubation. Respir Care 1987; 87: 167-171.
50. MacIntyre N. Respiratory function during pressure support ventilation. Chest 1986; 89: 677-683.
51. Esteban A, Alía I, Tobin MJ, et al. Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. Am J Respir Crit Care Med 1999; 159: 512-518.
52. Santos LJ, Moraes SC, Kaufmann ML, Belato JO, Othero JCB. Destete com la Breve Prueba de Ventilación Espontánea. In: VIII Congreso Panamericano e Ibérico de Medicina Crítica, 2007, Punta del Este. Medicina Intensiva, 2007.

53. Esteban A, Frutos M, Tobin M, et al. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1995; 332: 345-350.
54. Bersten A, Rutten A, Vedig A, Skowronski G. Additional work of breathing imposed by endotracheal tubes, breathing circuits, and intensive care ventilators. *Crit Care Med* 1989; 17: 671-677.
55. Hall J, Wood L. Liberation of the patient from mechanical ventilation. *JAMA* 1987; 257(12): 1621-1628.
56. Listello D, Sessler CN. Unplanned extubation: clinical predictors for reintubation. *Chest* 1994; 105: 1496-1503.
57. Meade M, Guyatt G, Cook D, et al. Predicting success in weaning from mechanical ventilation. *Chest* 2001; 120(6 Suppl): 400S-424S.
58. Faisy C, Guerot E, Diehl JL, et al. Assessment of resting energy expenditure in mechanically ventilated patients. *Am J Clin Nutr* 2003; 78: 241-249.
59. Weissman C, Kemper M, Elwin DH, et al. The energy expenditure of mechanically ventilated critically ill patients. *Chest* 1986; 89: 254-259.
60. Weissman C, Kemper M, Hyman AI. Variation in the resting energy expenditure in mechanically ventilated critically ill patients. *Am J Clin Nutr* 2003; 78: 241-249.
61. Swinamer DL, Grace MG, Hamilton SM, et al. Predictive equation for assessing energy metabolism in mechanically ventilated critically patients. *Crit Care Med* 1990; 18: 657-661.
62. Carlsson M, Nordenstrom J, Hedersteirna G. Clinical implications of continuous measurements of energy expenditure in mechanically ventilated patients. *Clin Nutr* 1984; 24: 103-110.
63. Raurich JM, Ibañez J, Marsé P, et al. Resting energy expenditure during mechanical ventilation and its relationship with the type of lesion. *J Parenter Enteral Nutr* 2007; 31: 58-62.

64. Savard JF, Faisy C, Lerolle N, et al. Validation of a predictive method for an accurate assessment of resting energy expenditure in medical mechanically ventilated patients. *Crit Care Med* 2008; 36(4): 1175-1183.
65. Swinamer DL, Fedoruk LM, Jones RL et al. Energy expenditure associated with CPAP and T-piece spontaneous ventilatory trials. *Chest* 1989; 96: 867-872.

GASTO ENERGÉTICO NO DESMAME DA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Laura Jurema dos Santos¹; Fabrícia Cristina Hoff²; Mauro Luiz Kaufmann³;

Robledo Leal Condessa⁴; Silvia Regina Rios Vieira^{1,4,5}

¹Programa de Pós-Graduação em Cardiologia e Ciências Cardiovasculares, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ²Centro de Tratamento Intensivo Hospital Mãe de Deus; ³Unidade de Tratamento Intensivo do Hospital Luterano/ULBRA e do Hospital Cristo Redentor/GHC; ⁴Serviço de Medicina Intensiva, ⁵Departamento de Medicina Interna, Faculdade de Medicina, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Endereço para correspondência:

Laura Jurema dos Santos

Rua Silva Jardim, 509 apto. 303

Porto Alegre, RS – Brasil – 90450-071

Fone: 51 9978 1067

E-mail: laurafisio@terra.com.br

Resumo

Introdução: A calorimetria indireta (CI) é considerada o padrão áureo na determinação do gasto energético (GE) e sua utilização é importante na avaliação do estado metabólico de pacientes críticos, podendo ser útil durante o desmame da ventilação mecânica (VM).

Objetivos: Comparar o gasto energético de pacientes em desmame da ventilação mecânica nos modos pressão suporte (PS) e tubo T (TT) através da calorimetria indireta, bem como verificar a concordância desses achados com os resultados estimados pela equação de Harris-Benedict (HB).

Pacientes e Métodos: Estudo controlado randomizado cruzado, realizado no período de agosto de 2006 a janeiro de 2007 numa UTI geral de um hospital universitário. Os pacientes com critérios clínicos para desmame da VM foram randomizados para PS – TT ou TT – PS sendo realizada a mensuração do GE durante 20 minutos em PS e TT, em ordem randomizada, através da CI (Datex-Ohmeda/M-COVX). Após, foi estimado o GE através da equação de HB com e sem fator de atividade. Os resultados foram apresentados em média e desvio padrão. Na análise estatística foram utilizados o teste T de Student para amostras pareadas, coeficiente de correlação de Pearson e Bland & Altman, com nível de significância $p < 0,05$.

Resultados: Foram incluídos 40 pacientes durante o período de estudo. A média de idade e do APACHE II foi de 56 ± 16 anos e 23 ± 8 , respectivamente, sendo que houve

predomínio de pacientes do sexo masculino (70%). A média do GE dos pacientes em TT ($1782 \pm 374,8$ Kcal/dia) foi 14,4% maior do que em PS ($1558 \pm 304,2$ Kcal/dia) ($p < 0,001$). Em relação ao GE obtido pela equação de HB, a média dos valores estimados foi de $1455 \pm 210,4$ Kcal/dia e, ao considerar o fator de atividade, foi de $1609 \pm 236,1$ Kcal/dia, todos apresentando correlação com os valores resultantes da CI em PS ($r = 0,647$) e TT ($r = 0,539$). Contudo, os limites de concordância entre o GE mensurado e o estimado sugerem que a equação de HB tende a subestimar o GE.

Conclusão: A comparação do GE em PS e TT através da CI demonstrou que há um aumento do gasto energético durante o TT. Além disso, os resultados sugerem que a equação de HB subestima o gasto energético de pacientes em desmame da VM.

Palavras Chaves: gasto energético, ventilação mecânica, desmame, ventilação com pressão suporte, tubo T, ensaio clínico randomizado.

INTRODUÇÃO

O desmame da ventilação mecânica (VM) permite aos pacientes retomar a respiração espontânea gradualmente (1). Vários estudos identificaram estratégias para reduzir o tempo de VM, comparando diferentes modos de desmame (2,3,4). Entre os mais usados estão o tubo T (TT) e a ventilação com pressão suporte (PS) (2,3,5,6).

Inúmeros fatores podem dificultar o desmame da VM, entre eles podemos apontar a sub e a superalimentação. A subalimentação pode levar ao retardamento na cicatrização de feridas, diminuir a resistência às infecções, comprometer o *drive* ventilatório e a função muscular respiratória (7-10). Por outro lado, a superalimentação pode levar a disfunção hepática e hiperglicemia, além de elevar os níveis de CO₂ (7-10) e ocasionar problemas metabólicos em pacientes em VM, podendo estar associado com aumento da mortalidade (11). Dessa forma, o adequado aporte nutricional no paciente crítico pode facilitar o desmame da VM, reduzindo o período de internação na Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) e no hospital (12).

Um método para determinar o gasto energético (GE) de pacientes críticos é a calorimetria indireta (CI). Entretanto, devido à indisponibilidade ou incapacidade de seu uso, existem mais de 200 equações publicadas que podem ser utilizadas para estimar as necessidades nutricionais individuais (13). Dentre essas, a equação de Harris-Benedict (HB) é a mais utilizada pela sua simplicidade e facilidade na aplicação. Essa equação foi desenvolvida em 1919 a partir de indivíduos saudáveis,

para a qual foram agregados, posteriormente, fatores de correção (fator de estresse e fator de atividade) para sua aplicabilidade em pacientes internados em hospitais e UTIs (14,15).

Até o momento não existem estudos controlados que avaliem o GE durante o desmame da VM comparando os modos PS e TT e, apesar desses serem os modos mais empregados nesta situação, não está comprovada a superioridade de uma técnica sobre a outra. Portanto, a justificativa para o presente estudo baseia-se na falta de um instrumento capaz de medir o GE de forma segura à beira do leito, bem como de explorar diferentes demandas metabólicas impostas pelo progresso do desmame nos pacientes sob VM.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi comparar o GE mensurado pela CI de pacientes em desmame da VM nos modos PS e TT, bem como verificar a concordância desses achados com os valores estimados pela equação de HB sem e com fator de atividade.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo é classificado como um ensaio clínico randomizado cruzado.

Pacientes

Foram avaliados por amostragem de conveniência os pacientes com insuficiência respiratória aguda em VM há mais de 24 horas, internados na UTI do

Hospital de Clínicas de Porto Alegre, com critérios para o desmame da VM estabelecidos pela equipe médica. Os pacientes foram submetidos aos dois modos de desmame (PS e TT) de forma seqüencial por 30 minutos cada um de acordo com randomização prévia, sendo recolocados em VM por 30 minutos entre uma intervenção e outra como um período de repouso para retornarem à condição basal. A lista de randomização foi gerada pelo *Random Allocation Software*. Foram excluídos do estudo os pacientes com dreno de tórax, instabilidade hemodinâmica (caracterizada pelo uso de drogas vasoativas), insuficiência renal, alteração do sensório, agitação, sudorese, taquicardia, temperatura axilar $\geq 38^{\circ}\text{C}$ e fração inspirada de oxigênio (FiO_2) acima de 0,6. Os dados de peso seco e altura foram retirados do prontuário do paciente e da ficha de avaliação nutricional. O peso foi aferido em balança digital quando os pacientes foram avaliados na emergência ou em cama-balança quando pesados na UTI. A altura foi mensurada com o paciente em posição supina e com o leito horizontal completo, fazendo-se a medição da extremidade da cabeça à base do pé no lado direito do corpo.

O protocolo do estudo foi aprovado através do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Os responsáveis pelos pacientes assinaram um termo de consentimento esclarecido e informado.

Protocolo de Desmame da Ventilação Mecânica

A decisão para o desmame da VM ou extubação foi do médico intensivista contratado da UTI, cegado para o estudo. A avaliação para iniciar o teste de

respiração espontânea foi baseada primariamente na evidência de melhora clínica, oxigenação adequada e estabilidade hemodinâmica.

O desmame da VM foi realizado através de uma redução gradual dos níveis de PS até atingir 10 cmH₂O. O paciente foi então submetido a um teste em ventilação espontânea em TT de no mínimo 30 minutos, período no qual foram realizadas as mensurações dos sinais vitais, ventilometria e manovacuometria. Se os parâmetros permanecessem satisfatórios durante o período, o paciente era extubado de acordo com a decisão clínica; caso contrário, retornava para VM por, no mínimo, mais 24 horas.

Protocolo do Estudo

Inicialmente, foram registradas as características clínicas, incluindo idade, sexo, IMC (índice de massa corpórea), escore APACHE II (*Acute Physiology and Chronic Health Evaluation*), motivo da VM, duração do desmame e da VM. Os pacientes foram acompanhados até a alta do UTI ou óbito. Foram realizadas análises de acordo com a classificação do IMC (baixo peso, peso desejável, sobrepeso e obeso) (16) e do suporte nutricional (nutrição enteral, nutrição parenteral total e sem suporte nutricional) de cada indivíduo.

Classificação	IMC (kg/m²)
Baixo peso	< 18.5
Peso desejável	18.5 – 24.9
Sobrepeso	25 – 29.9
Obeso	> 29.9

Para a coleta dos dados referentes à CI foi utilizado um monitor da marca Datex Ohmeda S/5 – Compact Airway Module, modelo M-COVX, Finlândia – validado para tal fim (17). O aparelho foi calibrado a cada utilização.

O software que acompanha o monitor (iCollect) foi utilizado para coleta dos dados medidos pelo monitor, armazenando as médias dos valores obtidos minuto a minuto, para análise posterior.

Foi verificada a temperatura axilar do paciente, procedida à aspiração de secreções do tubo endotraqueal (TET) ou traqueostomia e realizada a adequação do paciente no leito (cabeceira 45°) 5 minutos antes de iniciar a medição dos parâmetros do calorímetro. O GE foi medido durante os dois períodos, com duração de 30 minutos cada um, sendo descartados para análise os primeiros 10 minutos. As demais variáveis foram registradas e monitoradas durante o 10^o e o 30^o minuto, tanto no modo PS quanto no TT. Os pacientes foram randomizados quanto à escolha da seqüência: PS – TT ou TT – PS. No período basal, os pacientes estavam em VM (Servo 900C e Servo 300C; Siemens-Elma, Solna, Sweden), com PS variando entre 10-15 cmH₂O. Durante o modo PS, os pacientes ventilaram com pressão assistida de 10 cmH₂O, 5 cmH₂O de pressão expiratória positiva final, sensibilidade de -1cmH₂O e FiO₂ de 0,4. Durante o TT, foi ofertado um fluxo de oxigênio capaz de garantir a mesma FiO₂ do modo PS (0,4), controlado pela tela do monitor (Datex Ohmeda S/5 – Compact Airway Module, M-COVX model, Finland). Neste modo, foi utilizado um extensor com uma extremidade conectada a uma fonte enriquecida de oxigênio e a outra em um conector com 3 saídas (em T), que foi acoplado à prótese ventilatória do paciente.

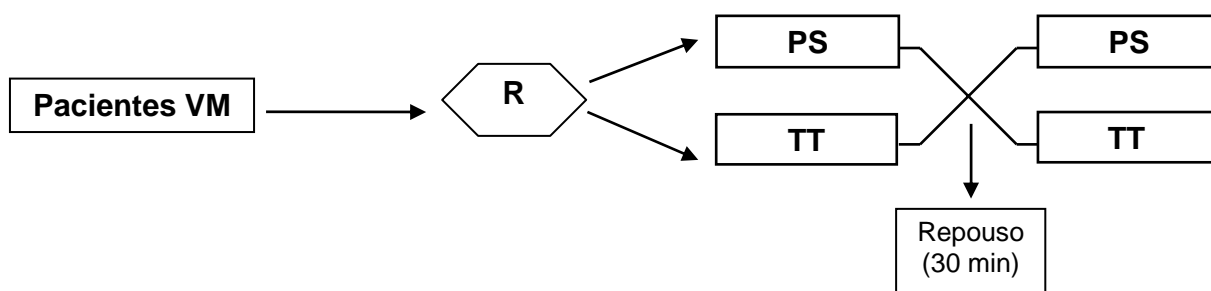


Figura 1. Desenho do estudo

Durante o período de repouso (30 minutos) os pacientes retornaram aos parâmetros da VM utilizados no período basal.

Análise do gasto energético

O GE foi mensurado com o paciente em decúbito dorsal, cabeceira elevada a 45°. Quando o paciente encontrava-se em PS, foi conectado um pneumotacógrafo entre a prótese traqueal e o “Y” do ventilador, e coletados o consumo de oxigênio (VO_2), produção de gás carbônico (VCO_2) e o GE durante 30 minutos.

Já em TT, após a desconexão do respirador, foi instalada a peça T e conectado o pneumotacógrafo entre a prótese traqueal e a peça T, sendo coletados os mesmos parâmetros anteriormente citados. A coleta de dados foi interrompida em caso de tosse intensa, vômito, instabilidade dos sinais vitais ($FC \geq 110\text{bpm}$, $f \geq 30\text{rpm}$ ou $SpO_2 \leq 90\%$) ou hemodinâmica ($PAS \leq 90\text{mmHg}$), alteração do sensorio, arritmia cardíaca, parada respiratória ou cardíaca.

Por fim, foi estimado o GE pela equação de HB (quadro abaixo) e multiplicado um fator de atividade de 1.10 pelo fato do paciente encontrar-se acamado e em VM (14,15). Cabe ressaltar que os pacientes deveriam apresentar estabilidade clínica para serem incluídos no protocolo de desmame e do estudo, não sendo multiplicados, portanto, fatores de estresse para análise.

HOMEM: $66,47 + [13,75 \times \text{peso (kg)}] + [5 \times \text{altura (cm)}] - 6,76 \times \text{idade (anos)}$
MULHER: $655,1 + [9,56 \times \text{peso (kg)}] + [1,85 \times \text{altura (cm)}] - 4,68 \times \text{idade (anos)}$

Todos os resultados obtidos foram transcritos para uma ficha de acompanhamento.

Análise Estatística

Os dados foram expressos em média \pm desvio padrão, mediana e amplitude interquartil, sendo analisados através do pacote estatístico Statistical Package for Social Sciences (version 15.0, SPSS, Chicago, Illinois). Para comparar as variações entre PS e TT foi utilizado teste t de Student para amostras pareadas. A comparação entre os resultados da classificação do IMC foi realizada através da análise de variância (ANOVA) *one-way*. Para verificar a correlação entre o GE mensurado pela CI e o estimado pela equação de HB, bem como com os tempos de desmame e VM, foram utilizados o coeficiente de correlação de Pearson (distribuição simétrica) ou Spearman (distribuição assimétrica). As comparações entre o GE medido pela CI e o estimado pela equação de HB seguiram o método proposto por Bland e Altman, com

estimativa da diferença média e seu limite de concordância de 95% (18). O nível de significância foi estabelecido como um $p < 0,05$.

Declaração de Conflitos de Interesse

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Brasil), da Fundação de Incentivo a Pesquisa e Eventos (FIPE – HCPA) e o monitor utilizado foi gentilmente cedido pela empresa Medicalway, sem qualquer ônus financeiro aos pacientes, pesquisadores e instituição envolvida.

RESULTADOS

Entre agosto de 2006 e janeiro de 2007, 40 pacientes foram incluídos no estudo. A média de idade e do APACHE II foi de 56 ± 16 anos e 23 ± 8 , respectivamente, sendo que houve predomínio de pacientes do sexo masculino (70%). As características da população estudada estão descritas na tabela 1.

A tabela 2 demonstra os valores do GE estimados pela equação de HB sem e com fator de atividade e medidos pela CI em ventilação com PS e em TT.

O aumento do GE medido foi em média 14,4% maior para os pacientes em TT em relação aos pacientes em ventilação com PS ($p < 0,001$). Estes valores estão demonstrados na figura 2.

Tabela 1. Características da população estudada.

Variáveis	Total (n=40)
Idade, anos, média±DP	56 ± 16
Sexo, Masculino/Feminino, n° (%)	28 (70) / 12 (30)
Temperatura axilar, °C, média±DP	36,8 ± 0,6
IMC, kg/m ² , média±DP	24,7 ± 5,2
Classificação do IMC, n° (%)	
Baixo peso	3 (7,5)
Peso desejável	23 (57,5)
Sobrepeso	9 (22,5)
Obeso	5 (12,5)
APACHE II, média±DP	23 ± 8
Tempo total de VM, dias, mediana (AIQ)	9 (2 – 12)
Tempo total de desmame, dias, mediana (AIQ)	2 (1 – 5)
Extubação, n° (%)	28 (70)
Sucesso	25 (89)
Insucesso	3 (11)
Motivo da VM, n° (%)	
Choque séptico	6 (15)
Depressão do sensorio	6 (15)
Coma anestésico	5 (12,5)
DPOC descompensada	5 (12,5)
PAC	4 (10)
Outros	14 (35)
Tempo de UTI, dias, mediana (AIQ)	9 (2 – 13)
Óbito, n° (%)	4 (10)
Suporte nutricional, n° (%)	
Nutrição enteral	35 (87,5)
Sem suporte nutricional	4 (10)
NPT	1 (2,5)

Valores expressos em n (%), média ± desvio padrão ou mediana (amplitude interquartil 25-75). IMC, índice de massa corporal; VM, ventilação mecânica; DPOC, doença pulmonar obstrutiva crônica; PAC, pneumonia adquirida na comunidade; UTI, unidade de tratamento intensivo; Outras (fraqueza muscular, edema agudo de pulmão, parada cardíaco-respiratória, narcose carbônica, tuberculose, estado de mal epilético, convulsões); NPT, nutrição parenteral total.

Tabela 2. Gasto energético (kcal/dia) médio estimado com e sem fator de atividade pela equação de HB e medido pela CI em PS e TT

Método	PS	TT	p
Harris Benedict sem FA	1455 ± 210,4	1455 ± 210,4	-
Harris Benedict com FA	1609 ± 236,1	1609 ± 236,1	-
Calorimetria Indireta	1558 ± 304,2	1782 ± 374,8	<0,001*

Valores expressos em média ± desvio padrão. PS, pressão suporte; TT, tubo T; FA, fator de atividade. *Valor p = comparação entre o gasto energético medido pela calorimetria indireta em PS e TT obtida através do teste T de Student.

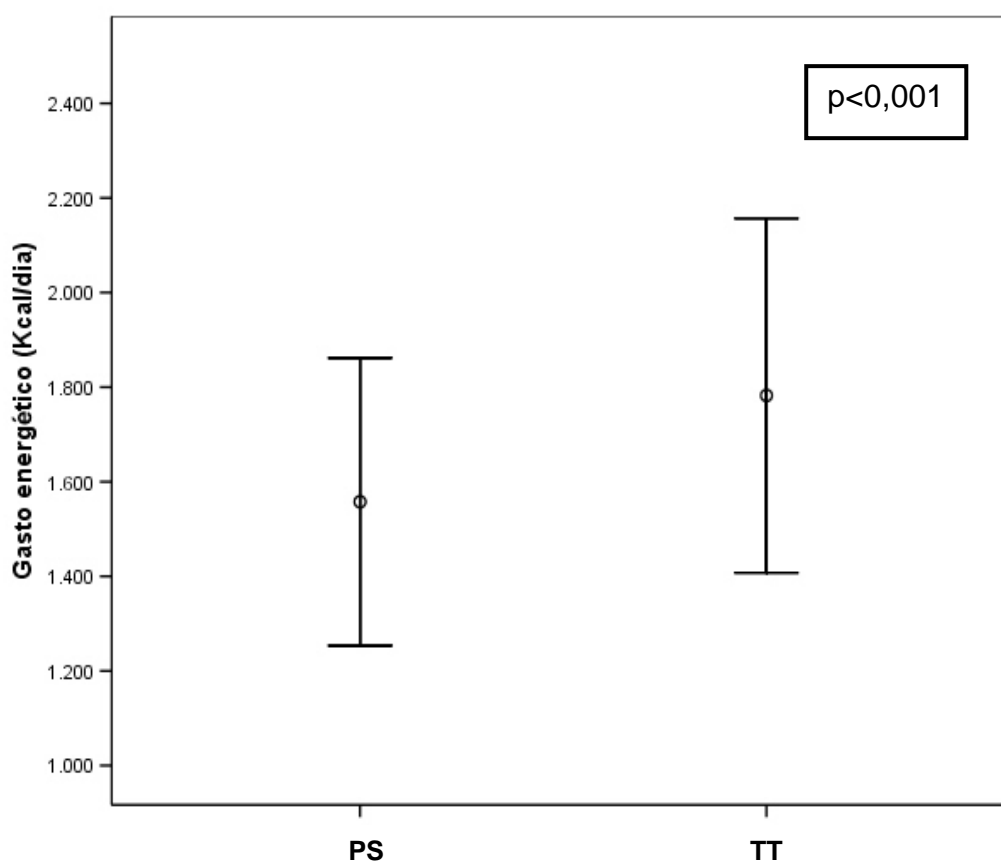


Figura 2. Gasto energético (kcal/dia) medido pela CI em ventilação com PS e TT. Valores expressos em média e desvio padrão; PS, pressão suporte; TT, tubo T. Valor p = comparação entre o gasto energético medido pela calorimetria indireta em PS e TT obtida através do teste T de Student.

Em TT, a média da f foi de $22,3 \pm 3,7$ rpm, enquanto que em PS a média foi de $19,8 \pm 3,7$ rpm, sendo que a diferença de 2,5 rpm (IC 95%:1,7-3,3) foi estatisticamente significativa ($p < 0,001$). Em relação ao volume corrente (V_T), a média em TT foi 482 ± 110 ml e em PS foi de 488 ± 115 ml, não sendo esta diferença estatisticamente significativa ($p = 0,260$).

De acordo com a ANOVA, não foi encontrada diferença no GE ao comparar pacientes com baixo peso, peso desejável, sobrepeso e obesos tanto em PS ($p = 0,278$) quanto em TT ($p = 0,404$).

O tempo total de desmame não apresentou correlação com o GE, tanto no momento em que os pacientes estavam em PS ($r_s = -0,193$; $p = 0,238$) quanto em TT ($r_s = -0,102$; $p = 0,537$).

O tempo total de VM também não esteve diretamente correlacionado com o GE, quando no modo PS ($r_s = 0,086$, $p = 0,600$) e no TT ($r_s = 0,084$; $p = 0,607$).

O GE obtido tanto pela equação de HB sem o fator de atividade quanto pela equação de HB com o fator de atividade apresentou correlação com os valores resultantes da CI em PS ($r = 0,647$, $p < 0,001$) e TT ($r = 0,539$, $p < 0,001$), conforme demonstrado na figura 3.

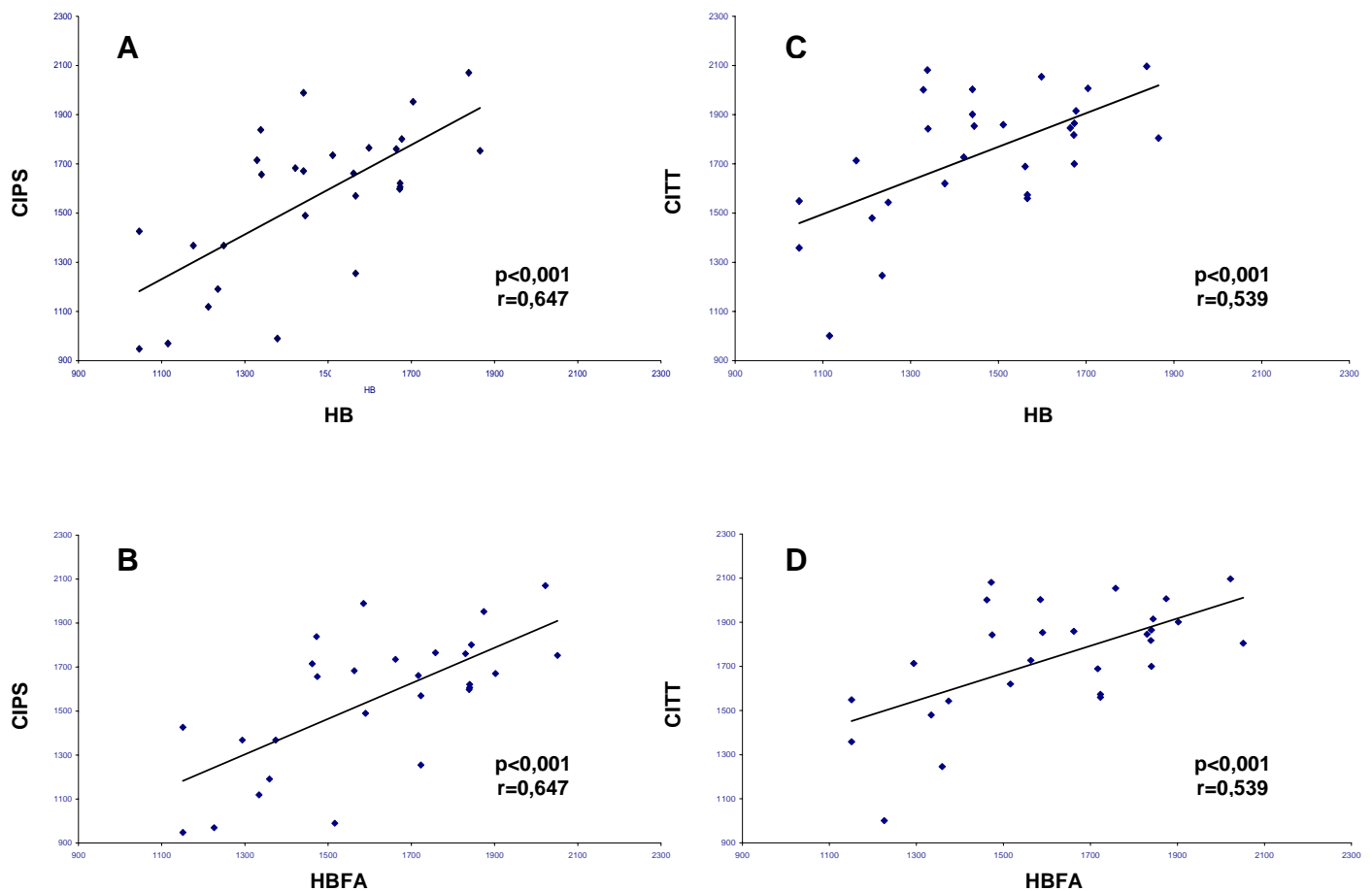


Figura 3. Correlação entre o GE (kcal/dia) mensurado pela CI em ventilação com PS (CIPS) e a equação de HB sem o fator de atividade (HB)(A) e com o fator de atividade (HBFA)(B); correlação entre o GE (Kcal/dia) mensurado pela CI em TT (CITT) e a equação de HB sem o fator de atividade (HB)(C) e com o fator de atividade (HBFA)(D).

Quando se comparam os valores obtidos pela equação de HB sem o fator de atividade, estes valores tendem a subestimar o valor medido em PS ($p=0,008$), enquanto que os valores estimados pela equação de HB com fator de atividade de 1,10 tendem a superestimar o valor medido através da CI ($p=0,179$). Quando se comparam os valores obtidos pela equação de HB com o fator de atividade, estes valores tendem a subestimar o valor medido em TT ($p < 0,001$), enquanto que os

valores estimados pela equação de HB com fator de atividade de 1,10 também subestimam o valor medido pela CI ($p=0,001$).

Sendo assim, quando os dados foram analisados pelo método de Bland e Altman (tabela 3 e figura 4), verificou-se que a diferença média entre os resultados individuais obtidos na mensuração realizada pela CI e a estimada pela equação de HB (linha central) foi relativamente alta, com a maioria dos escores bastante dispersos no espaço compreendido entre os limites de concordância recomendados (linhas superior e inferior). Os limites de concordância entre o GE mensurado e o estimado demonstram uma tendência que a equação de HB subestime o GE, exceto quando se analisa a CI em PS e a equação de HB com o fator de atividade.

Tabela 3. Limites de concordância entre a CI em ventilação com PS e TT e a equação de HB sem e com fator de atividade.

Parâmetros	Diferença entre médias	IC das concordâncias	
		Limite inferior	Limite superior
CI PS X HB	- 102,6	- 567,1	361,9
CI TT X HB	- 327,4	- 959,1	304,3
CI PS X HB FA	50,9	- 419,7	521,5
CI TT X HB FA	- 173,9	- 809,1	461,3

Valores expressos em kcal; IC, intervalo de confiança; CI, calorimetria indireta; PS, pressão suporte; HB, Harris-Benedict; TT, tubo T; FA, fator de atividade.

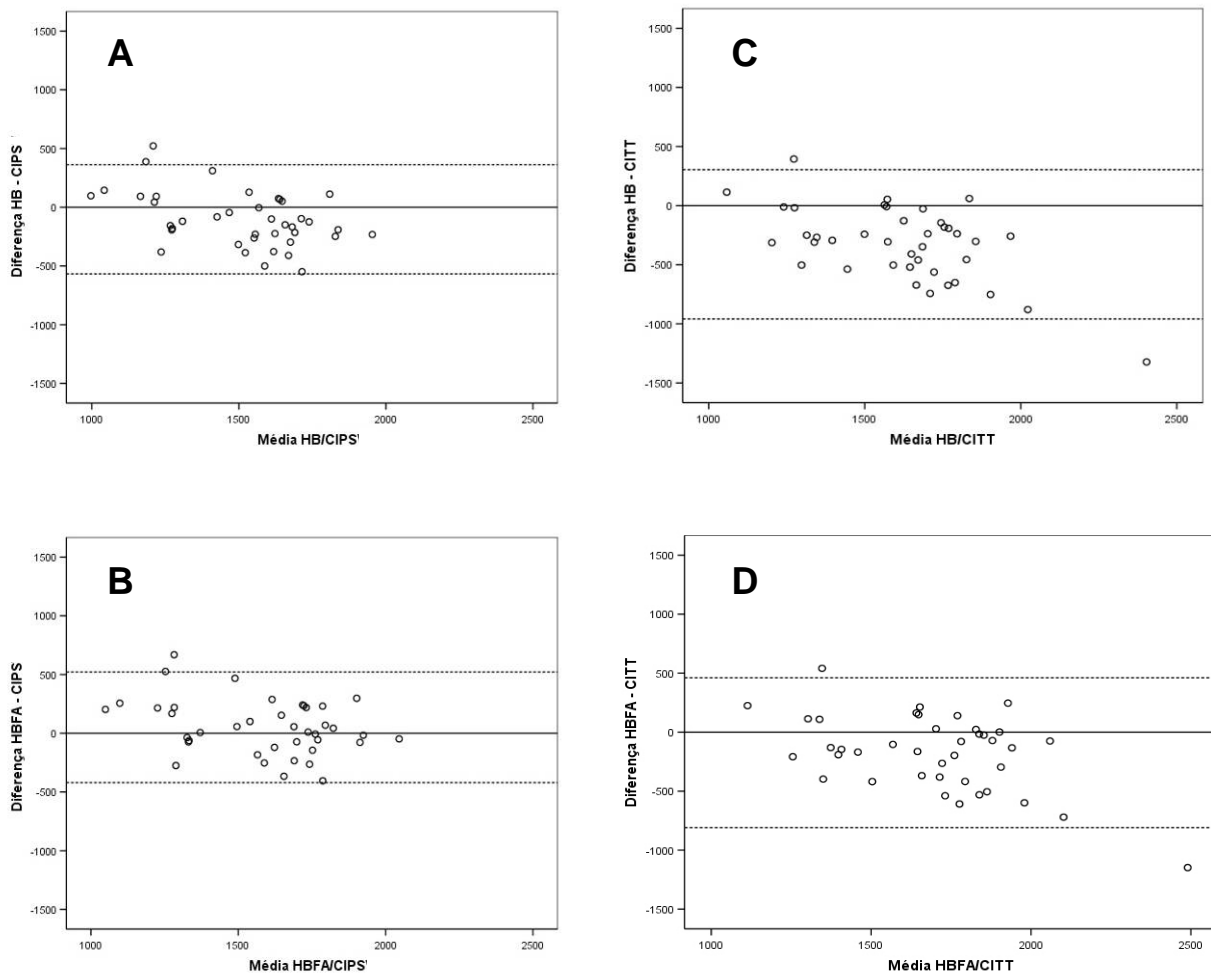


Figura 4. Gráficos de Bland e Altman representando a diferença do GE estimado pela equação de HB sem fator de atividade (HB)(A) e com fator de atividade (HBFA) (B) e medido pela CI versus a média no modo PS (CIPS); gráficos de Bland e Altman representando a diferença do GE estimado pela equação de HB sem fator de atividade (HB)(C) e com fator de atividade (HBFA)(D) e medido pela CI versus a média em TT (CITT). As linhas contínuas representam as médias entre o gasto energético mensurado e estimado e as linhas pontilhadas representam os limites de concordância (± 2 DPs) entre gasto energético mensurado e estimado.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram que há um aumento de 14,4% do

gasto energético mensurado pela calorimetria indireta durante o TT quando comparado à PS. Além disso, a equação de HB subestima o GE de pacientes em desmame da VM principalmente durante TT.

Nossos resultados estão de acordo com a literatura que demonstra que pacientes colocados em VM apresentam uma queda no consumo de O_2 e, conseqüentemente, no GE (11,19). Höher e cols. (20) compararam o GE em VM controlada e assistida através da CI e observaram que os pacientes no modo assistido despendem 10,71% mais energia do que quando no modo controlado ($p < 0,001$). Durante a ventilação com PS, o uso da pressão positiva auxilia a fase inspiratória da respiração, já que a freqüência respiratória, o volume corrente e o fluxo inspiratório são determinados pelo seu nível, além do esforço do paciente, da resistência e da complacência pulmonar. Observa-se uma boa sincronia entre ventilador e paciente nessa modalidade quando esta está bem ajustada, o que permite reduzir o esforço muscular e evitar a fadiga (21). Já em TT, o paciente inicia a respiração espontânea sem auxílio de nenhum tipo de pressão positiva. A transição da VM para a ventilação espontânea aumenta o consumo de oxigênio pelo acréscimo do trabalho respiratório (22-24). Esse acréscimo pode ser devido também à cânula endotraqueal que por si só eleva a resistência das vias aéreas, o que predispõe a fadiga dos músculos respiratórios (25).

Em nosso estudo, não observamos diferenças nos subgrupos classificados de acordo com o IMC (baixo peso, peso desejável, sobrepeso e obeso). Contudo, sabe-se que a desnutrição nos pacientes em VM impede o sucesso no desmame (26). A administração insuficiente de energia é caracterizada por perda da massa muscular

magra e eliminação importante de nitrogênio via urina, conduzindo o paciente rapidamente a um estado de deterioração e desnutrição. Sob estas circunstâncias, há uma redução na força muscular respiratória, levando a dependência do paciente ao ventilador, o que predispõe a infecções e a possibilidade de aumento da morbimortalidade. Por outro lado, a administração excessiva de nutrientes causa um estresse adicional, tendo como conseqüências as complicações cardiopulmonares (hipercapnia e dificuldades no desmame do respirador), hepáticas e metabólicas (27).

No nosso estudo não encontramos correlação entre o GE e os tempos de desmame e de VM, tampouco com o sucesso no desmame, possivelmente pelo número reduzido da amostra. No entanto, Headley (26) ressalta em seu estudo a necessidade da avaliação nutricional para otimizar o desmame da VM e aponta que a CI é um bom indicador da habilidade do paciente ser desmamado.

Quando o GE foi analisado em PS, pode-se verificar que a equação de HB subestimou o gasto em 7% e que, ao acrescentar o fator de atividade, superestimou em 3,2%. Em TT com ou sem fator de atividade, o GE foi subestimado em, respectivamente, 10,8% e 22,5%. Os trabalhos que analisam a correlação entre o GE estimado pela equação de HB e o medido pela CI apresentam resultados controversos. Cheng e cols. (28) em estudo com 46 pacientes críticos em VM demonstraram que o GE pode ser estimado pela equação de HB se o fator de estresse estimado estiver no valor regular. Coletto e cols. (27) encontraram que a equação de HB, sem os fatores de correção para injúria e atividade, aproximou-se mais do mais do GE medido pela CI nos pacientes em estado grave. Por outro lado,

Höher e cols. (20) concluíram em seu estudo que o GE estimado pela equação de HB deve ter o fator de atividade acrescido apenas quando o paciente estiver em VM assistida, uma vez que o cálculo sem o fator subestima o GE em 10,71%. Essas observações controversas podem ser explicadas pela heterogeneidade da população de pacientes, por problemas metodológicos associados à medição do GE pela avaliação nutricional. A precisão das equações preditoras geralmente utilizadas na prática hospitalar vem sendo questionada. Boullata e cols. (29) demonstraram que a equação de HB foi imprecisa em 39% dos pacientes e teve um erro inaceitavelmente alto. Flancbaum e cols. (30) observaram que a equação de HB não apresentou correlação com a CI ($r=0,24$), subestimando em 89% o GE em repouso.

Na análise pelo método de Bland e Altman, os dados obtidos comparando o GE mensurado e o estimado não concordaram entre si. Esses resultados necessitam confirmação com amostras maiores.

Uma questionável segurança em mensurar a demanda metabólica através da medida do VCO_2 pelo uso da CI, visto a potencial variabilidade da oferta de concentração de oxigênio pelo TT para os valores de FiO_2 , é relativa e insignificante. Eccles e cols. (31) e Swinamer e cols. (32) analisaram que as variações da f e do V_T não impunham uma alteração da oferta de O_2 . Dado que os valores no presente estudo mantinham-se entre os valores da literatura que não expressavam variabilidade significativa, consideramos incapaz de estabelecer um nexo de confusão. Além disso, a FiO_2 foi controlada durante as mensurações, permanecendo constante conforme observado na tela do monitor.

Estiveram presentes limitações potenciais, tais como, uma amostra relativamente pequena, a heterogeneidade das patologias apresentadas e o curto tempo de coleta dos dados, que provavelmente impossibilitaram que atingíssemos resultados mais consolidados.

Sugerimos que estudos com populações maiores e mais homogêneas, maior tempo de registro e controle da ingesta calórica sejam realizados a fim de se obter resultados mais consistentes.

CONCLUSÃO

Em atenção à proposta de esclarecer acerca da comparação do GE medido pela CI para situações de desmame da VM para os modos PS e TT, nossos resultados permitem concluir que os pacientes em TT despendem 14,4% a mais do que quando em PS.

Considerando a viabilidade de mensuração das alterações metabólicas em situações clínicas à beira do leito através do uso da CI em comparação com medidas tradicionais, nossos dados sugerem que a equação de HB não é adequada para estimar o GE de pacientes em desmame da VM, pela tendência a subestimar os resultados.

REFERÊNCIAS

1. Evidence-based guidelines for weaning and discontinuing ventilatory support: A collective task force facilitated by the American college of chest physicians; the American association for respiratory care; and the American college of critical care medicine. *Chest* 2001; 120(6): 375-395.
2. Esteban A, Frutos M, Tobin M et al. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1995; 332: 345-350.
3. Brochard L, Rauss A, Benito S et al. Comparison of three methods of gradual withdrawal from mechanical ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1994; 150(4): 896-903.
4. Matic´ I, Majeric´-Kogler V. Comparison of pressure support and T-tube weaning from mechanical ventilation: randomized prospective study. *Croat Med J* 2004; 45: 162-166.
5. Esteban A, Alía I, Gordo F et al. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with t-tube or pressure support ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 156: 459-465.
6. Esteban A, Alía I, Tobin MJ et al. Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 512-518.

7. Frankenfield D, Omert L, Badellino M et al. Correlation between measured energy expenditure and critically obtained variables in trauma and sepsis patients. *J Parenter Enteral Nutr* 1994; 18: 398-403.
8. Cutts R, Dowdy R, Eilersieck M et al. Predicted energy needs in ventilator-dependent critically ill patients: effect of adjusting weight for edema or adiposity. *Am J Clin Nutr* 1997; 66: 1250-1256.
9. VanLanschoot J, Feenstra B, Vermeij C et al. Calculation versus measurement of total energy expenditure. *Crit Care Med* 1986; 14: 981-985.
10. Amato P, Keating K, Quercia R et al. Formulaic methods of estimating calorie requirements in mechanically ventilated obese patients: a reappraisal. *Nutr Clin Pract* 1995; 10: 229-232.
11. Battezzati A, Viganò R. Indirect calorimetry and nutritional problems in clinical practice. *Acta Diabetol* 2001; 38: 1-5.
12. 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.
13. MacDonald A, Hildebrandt L. Comparison of formulaic equations to determine energy expenditure in the critically ill patient. *Nutrition* 2003; 19: 233-239.
14. Harris J, Benedict F. A biometric study of basal metabolism in man. Washington, DC: Carnegie Institute of Washington, 1919, Public n° 279.

15. Long C, Schaffel N, Geiger J. Metabolic response to injury and illness: estimation of energy and protein needs from indirect calorimetry and nitrogen balance. *J Parenter Enteral Nutr* 1979; 3: 452-456.
16. Boulatta J, Cottrell FA, Hudson LM et al. Accuracy of the Mifflin-St. Jeor and Harris Benedict predictive equations for resting energy expenditure in hospitalizes patients. *J Parenter Enteral Nutr* 2005; 29(1): P024.
17. McLellan S, Walsh T, Burdess A et al. Comparison between the Datex-Ohmeda M-COVX metabolic monitor and the Deltatrac II in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med* 2002; 28: 870-876.
18. Bland JM, Altman DG. Appling the right statistics: analyses of measurements studies. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003; 22: 85-93.
19. Kemper M, Weissman C, Askanazi J et al. Metabolic and respiratory changes during weaning from mechanical ventilation. *Chest* 1987; 92(6): 979-983.
20. Höher JA, Zimermann Teixeira PJ, Hertz F et al. A comparison between ventilation modes: how does activity level affect energy expenditure estimates? *J Parenter Enteral Nutr* 2008; 32(2): 176-183.
21. Brochard L, Harf A, Lorino H et al. Inspiratory pressure support prevents diafragmetic fatigue during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Resp Dis* 1989; 139: 513-521.
22. Biondi J, Schulman D, Matthay R. Effects of mechanical ventilation on right and left ventricular function. *Clin Chest Med* 1988; 9: 55-71.
23. Pinsky MR. Breathing as exercise: the cardiovascular response to weaning from mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 2000; 26: 1164-1166.

24. Walsh TS. Recent advances in gas exchange measurement in intensive care patients. *Br J Anaesth* 2003; 91: 120-131.
25. Gandia F, Blanco J. Evaluation of indexes predicting the outcome of ventilation weaning and value of adding supplemental inspiratory load. *Intensive Care Med* 1992; 18: 327-333.
26. Headley JM. Indirect calorimetry – A trend toward continuous metabolic assessment. *AACN Clinical Issues* 2003; 14(2): 155-167.
27. Coletto, 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(3): 93-100.
28. Cheng CH, Chen CH, Wong Y et al. Measured versus estimated energy expenditure in mechanically ventilated critically ill patients. *Clin Nutr* 2002; 21(2): 165-172.
29. Boullata J, Williams J, Cottrell F et al. Accurate determination of energy needs in hospitalized patients. *J Am Diet Assoc* 2007; 107: 393-401.
30. Flancbaum L, Chaban 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.
31. Eccles RC, Swinamer DL, Jones RL et al. Validation of a compact system for measuring gas exchange. *Crit Care Med* 1986; 64: 807-811

32. Swinamer DL, Fedoruk LM, Jones RL et al. Energy expenditure associated with CPAP and T-piece spontaneous ventilatory trials. *Chest* 1989; 96: 867-872.

ANEXOS

ANEXO A**ENERGY EXPENDITURE IN WEANING FROM MECHANICAL VENTILATION**

Laura Jurema dos Santos¹; Fabrícia Cristina Hoff²; Mauro Luiz Kaufmann³;
Robledo Leal Condessa⁴; Silvia Regina Rios Vieira^{1,4,5}

¹Postgraduate Program in Cardiology and Cardiovascular Sciences, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ²Intensive Care Center, Hospital Mãe de Deus; ³Intensive Care Unit, Hospital Luterano/ULBRA and Hospital Cristo Redentor/GHC; ⁴Intensive Medicine Service, ⁵Department of Medicine, Medical School, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Corresponding address:

Laura Jurema dos Santos
Rua Silva Jardim, 509/303
Porto Alegre, RS – Brasil – 90450-071
Phone: 55 51 9978 1067
E-mail: laurafisio@terra.com.br

Abstract

Introduction: Indirect calorimetry (IC) is considered as the gold standard in the determination of energy expenditure (EE); it plays an important role in the assessment of metabolic conditions of critical patients and it may be useful during weaning from mechanical ventilation (MV).

Objectives: Compare the patients' energy expenditure during pressure support (PS) and T-tube (TT) weaning from mechanical ventilation through indirect calorimetry and crosscheck these findings with the results calculated using Harris-Benedict (HB) equation.

Patients and Methods: A randomized controlled cross-over study performed from August 2006 to January 2007 at the general ICU of a university hospital. Patients with clinical criteria for weaning from MV were randomized to PS - TT or TT - PS, with EE measurement for 20 minutes in PS and TT, in randomized order, through IC (Datex-Ohmeda/M-COVX). After that, EE was estimated through HB equation with and without activity factor. The results were presented as mean value and standard deviation. The statistical analysis employed the Student's T-test for paired samples and Pearson's correlation coefficient, as well as Bland-Altman method, with significance level of $p < 0.05$.

Results: Forty patients were included in the study period. The mean age and APACHE II score were 56 ± 16 years and 23 ± 8 , respectively, with predominance of male patients (70%). Mean EE of patients in TT (1782 ± 374.8 Kcal/day) was 14.4%

higher than in PS (1558 ± 304.2 Kcal/day) ($p < 0.001$). In relation to the EE obtained with the HB equation, the mean value calculated was 1455 ± 210.4 Kcal/day and, when considering the activity factor, it was 1609 ± 236.1 Kcal/day, all of them presenting correlation with the values from IC in PS ($r = 0.647$) and TT ($r = 0.539$). However, the limits of agreement between the measured EE and the estimated EE suggest that the HB equation tends to underestimate the EE.

Conclusion: The comparison of EE in PS and in TT through IC demonstrated that there is increased energy expenditure in the TT mode. In addition, the results suggest that the HB equation underestimates the energy expenditure of patients in weaning from MV.

Key Words: energy expenditure, mechanical ventilation, weaning, support pressure ventilation, T-tube, randomized clinical trial.

INTRODUCTION

Weaning from mechanical ventilation (MV) allows the patients to resume spontaneous breathing gradually (1). Several studies have identified strategies to reduce the MV time, comparing different weaning modes (2,3,4). The most common modes include: the T-tube (TT) and the pressure support (PS) ventilation (2,3,5,6).

Innumerable factors may affect weaning from MV, particularly undernourishment and overnourishment. Undernourishment may lead to delayed injury healing, reduce resistance to infections, affect the ventilatory drive and the respiratory muscular function (7-10). On the other hand, overnourishment may cause liver diseases and hyperglycemia, increase carbon dioxide (CO₂) levels (7-10) and cause metabolic problems in patients receiving MV, and it may be associated with increased mortality (11). Therefore, the patient's proper nutritional condition may facilitate weaning from MV, reducing the hospitalization period in the Intensive Care Unit (ICU) and in the hospital (12).

One method to determine the energy expenditure (EE) of critical patients is the indirect calorimetry (IC). However, due to its unavailability or impossibility, there are over 200 published equations that can be used to estimate individual nutritional needs (13). Among them, the Harris-Benedict (HB) equation is the most commonly used for its simple and easy application. This equation was developed in 1919 based on healthy individuals, to whom correction factors (stress factor and activity factor) were later added, for the application to patients in hospitals and ICUs (14,15).

No controlled study has assessed the EE during weaning from MV, comparing PS and TT modes and, although these are the most commonly used modes in this situation, considering that no technique has been proved to be superior to the other. For this reason, the lack of an instrument that measures the EE safely at bedside and explores different metabolic requirements imposed by weaning progress in patients receiving MV justifies the elaboration of this study.

The purpose of this study was to compare the EE measured by IC of patients in PS and TT weaning from MV and crosscheck such findings with the values estimated using the HB with and without the activity factor.

MATERIAL AND METHODS

This is classified as a randomized controlled cross-over study.

Patients

Patients with acute respiratory insufficiency receiving MV for over 24 hours, in the ICU of the Hospital de Clínicas de Porto Alegre were assessed through convenience sampling, considering the criteria for weaning from MV established by the medical team. The patients were submitted to the two weaning modes (PS and TT) sequentially and for 30 minutes in each mode, according to previous randomization and were allocated to receive MV for 30 minutes between the two interventions as a rest period. Then, they were placed back to the baseline condition. The randomization list was generated by the *Random Allocation Software*. The study

excluded patients with thorax drain, hemodynamic instability (characterized by the use of vasoactive drugs), renal insufficiency, sensory alteration, agitation, sudoresis, tachycardia, axillary temperature $\geq 38^{\circ}\text{C}$ and inspiratory oxygen fraction (FiO_2) over 0.6. Dry weight and height data were obtained from the patient's records and nutritional assessment form. Weight was measured on a digital scale when the patients were evaluated in the emergency care and on a bed scale when weighed in the ICU. Height was measured with the patient lying on his/her back and with the bed at fully horizontal position, measuring the distance from the top of the head to the foot base, on the right side of the body.

The study protocol was approved by the Research Ethics Committee of the Hospital de Clínicas de Porto Alegre. The in charge of the patients signed an informed consent term.

Protocol of Weaning from Mechanical Ventilation

The decision for weaning from MV or extubation was made by the ICU physician on duty, blindfold to the study. The assessment to start the spontaneous breathing test primarily considered evidences of clinical improvement, adequate oxygenation and hemodynamic stability.

Weaning from MV was performed through gradual reduction of pressure support levels to $10\text{ cmH}_2\text{O}$. The patient was then submitted to a T-tube spontaneous ventilation test for at least 30 minutes, when measurements of vital signals, ventilometry and manovacuometry were made. If the parameters were satisfactory

during the period, the patient was extubated according to the clinical decision; otherwise, the patient was taken back to the MV for at least another 24-hour period.

Study Protocol

First, the clinical characteristics were recorded, including age, gender, BMI (body mass index), APACHE II (acute physiology and chronic health evaluation) score, reason for MV, weaning duration and MV duration. The patients were monitored until they were discharged from the ICU or until they died. Analyzes were made according to each individual's BMI (underweight, desirable weight, overweight and obese) (16) and nutritional support (enteral nutrition, total parenteral nutrition or without nutritional support) classification.

Classification	BMI (kg/m²)
Underweight	< 18.5
Desirable weight	18.5 – 24.9
Overweight	25 – 29.9
Obese	> 29.9

In order to collect data provided by IC, a monitor of Datex Ohmeda S/5 – Compact Airway Module, M-COVX model, Finland – was used in the study, which was validated to such purpose (17). The equipment was calibrated for each utilization.

Software iCollect was utilized to collect data measured by the monitor, storing the mean values obtained every minute, for subsequent analysis.

The patient's axillary temperature was checked, followed by the aspiration of secretions from the endotracheal tube (ETT), or tracheostomy, and the patient's adaptation to the bed (bed head at 45°) 5 minutes before starting the measurement of the calorimeter parameters. The EE was measured during the two periods of 30-minute duration each, with the 10 first minutes being discarded for analysis purposes. The other variables were recorded and monitored during the 10th and the 30th minute, in both PS and TT modes. The patients were randomized in terms of sequence selection: PS – TT or TT – PS. In the baseline period, the patients were receiving MV (Servo 900C and Servo 300C; Siemens-Elcoma, Solna, Sweden), with PS ranging from 10 to 15cmH₂O. During the PS mode, the patients received assisted pressure ventilation of 10 cmH₂O, 5 cmH₂O of final positive expiratory pressure, sensitivity of -1cmH₂O and FiO₂ of 0.4. During TT mode oxygen flow was delivered in order to keep the same FiO₂ that was provided in PS (0.4) as controlled by monitor screen (Datex Ohmeda S/5 – Compact Airway Module, M-COVX model, Finland). In this mode there was employed an extensor, one end of which was connected to the oxygen-enriched and the other end was secured to a 3-output ("T") connector, which was attached to the patient's ventilatory prosthesis.

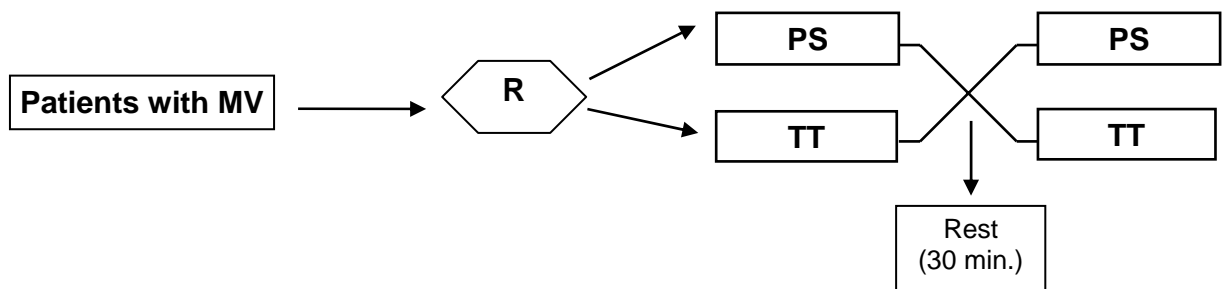


Figure 1. Study design

During the period at rest (30 minutes), the patients returned to the MV parameters utilized in the baseline period.

Energy expenditure analysis

The EE was measured with the patient lying on his/her back, bed head at 45°. When the patient was in the PS mode, a pneumotacograph was connected between the tracheal prosthesis and the fan “Y” and oxygen consumption (VO_2), carbon dioxide production (VCO_2) and EE data were collected for 30 minutes.

In the TT mode, after the breathing device was disconnected, the “T” part was installed and the pneumotacograph was connected between the tracheal prosthesis and the “T” part. The same parameters mentioned above were collected. The data collection was interrupted in case of intense cough, vomit, instability of vital signs ($HR \geq 110\text{bpm}$, $f \geq 30\text{rpm}$ or $SpO_2 \leq 90\%$) or hemodynamics ($SAP \leq 90\text{mmHg}$), sensory alteration, dysrhythmia, breathing or heart stop.

Lastly, EE was calculated using the HB equation (see table below) and multiplied by the activity factor of 1.10, due to the fact that the patient was in bed and receiving MV (14,15). It should be noted that the patients should present clinical stability to be included in the weaning and study protocols, then, stress factors were not applied to the analysis.

MAN: $66.47 + [13.75 \times \text{weight (kg)}] + [5 \times \text{height (cm)}] - 6.76 \times \text{age (years)}$
WOMAN: $655.1 + [9.56 \times \text{weight (kg)}] + [1.85 \times \text{height (cm)}] - 4.68 \times \text{age (years)}$

All results obtained were transcribed into a monitoring form.

Statistical Analysis

Based on the calculations of mean values and standard deviations from the basic study conducted with 20 patients, the sample size calculation indicated 40 patients to achieve, with 95% of confidence, up to 40 errors in the metabolic EE differences determined through indirect calorimetry.

Data were expressed in mean value \pm standard deviation, median value and interquartile range, and were analyzed by Statistical Package for Social Sciences (version 15.0, SPSS, Chicago, Illinois). The comparison of variations between PS and TT employed the Student's t-test for paired samples. The comparison between the results of BMI classification employed the analysis of variance (ANOVA), one-way. The verification for correlation between the EE measured through IC and the energy expenditure measured through the HB equation, and weaning and MV times, employed Pearson's correlation coefficient (symmetrical distribution) or Spearman's correlation coefficient (asymmetrical distribution). Comparisons between EE measured through IC and the EE estimated through the HB equation followed the method proposed by Bland & Altman, with the calculation of mean difference and its agreement limit of 95% (18). The significance level was established as $p < 0,05$.

Conflict of Interest Declaration

This study was performed with the support of the *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq – Brazil) (National Council of Scientific and Technological Development), *Fundação de Incentivo a Pesquisa e Eventos* (FIPE – HCPA) (Foundation of Incentive to Research and Events) and the monitor utilized in the study, which was kindly provided by Medicalway, with no financial charges to patients, investigators and involved institution.

RESULTS

Between August 2006 and January 2007, 40 patients were included in the study. The mean age and APACHE II score was 56 ± 16 years and 23 ± 8 , respectively, with predominance of male patients (70%). Table 1 shows the characteristics of the population included in the study:

Table 2 shows the EE values estimated through the HB equation with and without the activity factor and the EE values measured through IC in PS and TT ventilation.

The EE increase measured was on average 14.4% higher to patients in TT than to patients in PS ventilation ($p < 0.001$) as shown in Figure 2.

Table 1. Characteristics of the studied population.

Variables	Total (n=40)
Age, years, mean±SD	56 ± 16
Gender, Male/Female, number (%)	28 (70) / 12 (30)
Axillary temperature, °C, mean±SD	36.8 ± 0.6
BMI, kg/m ² , mean±SD	24.7 ± 5.2
BMI classification, number (%)	
Underweight	3 (7.5)
Desirable weight	23 (57.5)
Overweight	9 (22.5)
Obese	5 (12.5)
APACHE II score, mean±SD	23 ± 8
MV total time, days, median (range)	9 (2 – 12)
Weaning total time, days, median (range)	2 (1 – 5)
Extubation, number (%)	28 (70)
Successful	25 (89)
Unsuccessful	3 (11)
MV reason, number (%)	
Septic shock	6 (15)
Sensory depression	6 (15)
Anesthetic coma	5 (12.5)
Non-compensated COPD	5 (12.5)
CAP	4 (10)
Others	14 (35)
ICU time, days, median (range)	9 (2 – 13)
Death, number (%)	4 (10)
Nutritional support, number (%)	
Enteral nutrition	35 (87.5)
Without nutritional support	4 (10)
TPN	1 (2.5)

Values expressed in number (%), mean ± standard deviation or median (interquartile range: 25-75). BMI, body mass index; MV, mechanical ventilation; COPD, chronic obstructive pulmonary disease; CAP, community-acquired pneumonia; ICU, intensive care unit; Others (muscle weakness, acute pulmonary edema, cardiorespiratory arrest, carbon-dioxide narcosis, tuberculosis, epileptic state, convulsions); TPN, total parenteral nutrition.

Table 2. Mean energy expenditure (kcal/day) estimated with and without the activity factor through the HB equation and measured through IC in PS and TT.

Method	PS	TT	p
Harris Benedict w/o AF	1455 ± 210.4	1455 ± 210,4	-
Harris Benedict w/ AF	1609 ± 236.1	1609 ± 236,1	-
Indirect Calorimetry	1558 ± 304.2	1782 ± 374,8	<0.001*

Values expressed in mean ± standard deviation. PS, pressure support; TT, T-tube; AF, activity factor. * p = comparison between the energy expenditure measured through indirect calorimetry in PS and TT obtained through Student's t-test.

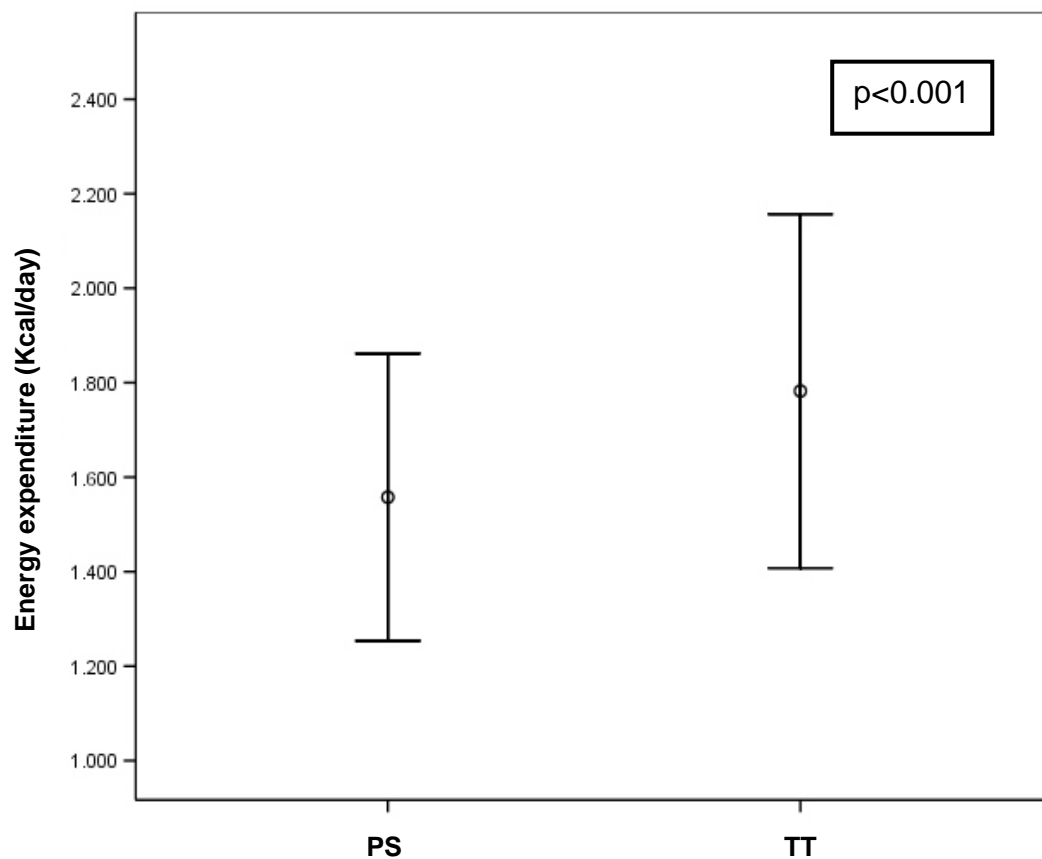


Figure 2. Energy expenditure (kcal/day) measured through IC in PS and TT

Values expressed in mean value and standard deviation; PS, pressure support; TT, T-tube. p = comparison between the energy expenditure measured through indirect calorimetry in PS and TT obtained through Student's t-test.

In TT, the mean respiratory rate was 22.3 ± 3.7 rpm, while in PS the mean value was 19.8 ± 3.7 rpm, with the difference of 2.5 rpm (CI 95%: 1.7-3.3) considered as statistically significant ($p < 0.001$). Regarding the tidal volume (V_T), the mean value in TT was 482 ± 110 ml, and in PS it was 488 ± 115 ml, with no statistically significant difference ($p = 0.260$).

According to the ANOVA, no difference was found in EE comparing underweight, desirable weight, overweight and obese patients both in PS ($p = 0.278$) and TT ($p = 0.404$) modes.

The weaning total time did not present any correlation with the EE, neither when patients were in PS ($r_s = -0.193$; $p = 0.238$) nor in TT ($r_s = -0.102$; $p = 0.537$) mode.

In addition, MV total time was not directly correlated with EE, neither in PS ($r_s = 0.086$, $p = 0.600$) nor in TT ($r_s = 0.084$; $p = 0.607$) mode.

The EE obtained through the HB equation with or without the activity factor presented correlation with the values from IC in PS ($r = 0.647$, $p < 0.001$) and TT ($r = 0.539$, $p < 0.001$), as illustrated in Figure 3.

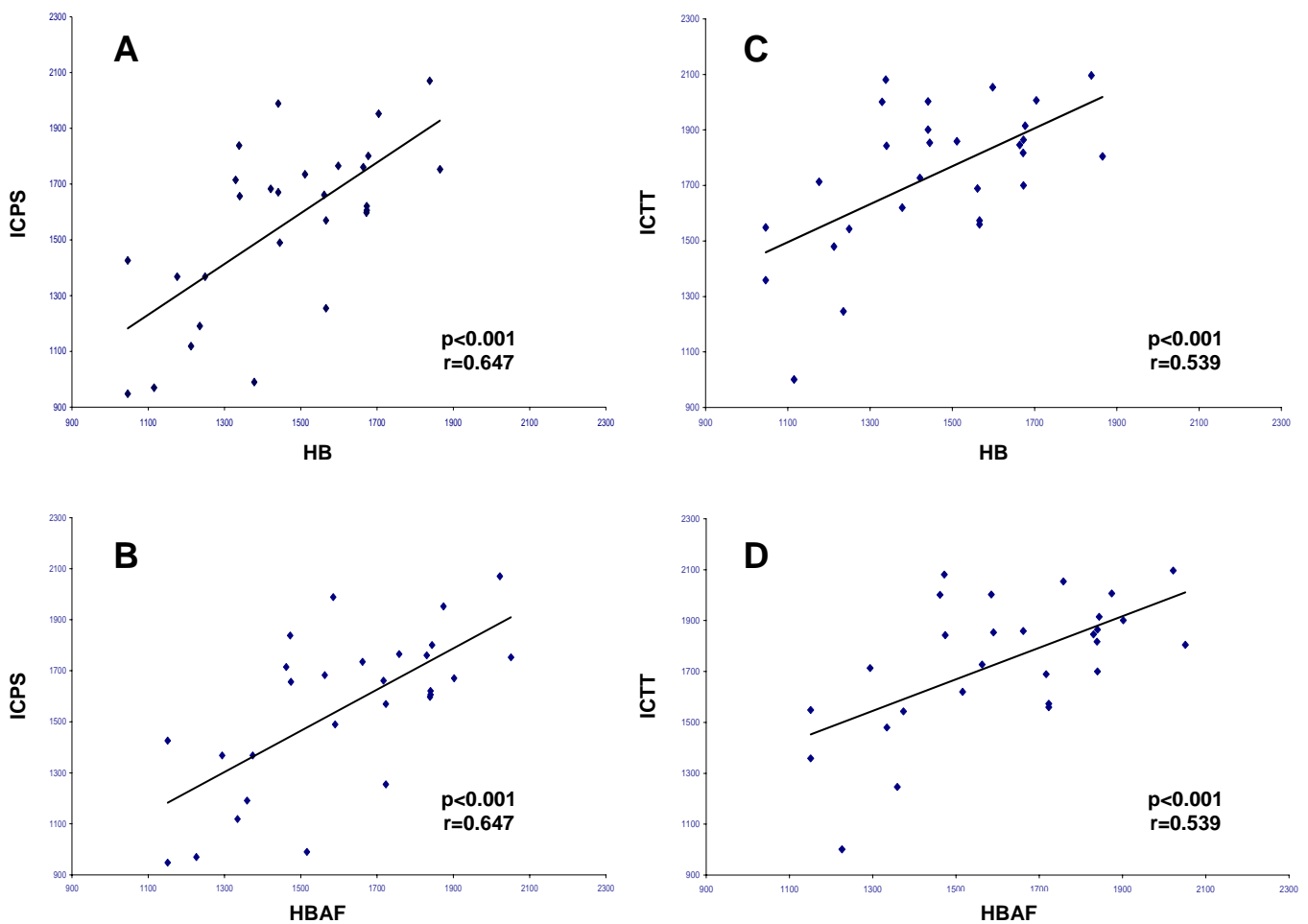


Figure 3. Correlation between the EE (kcal/day) measured through IC in PS ventilation (ICPS) and the HB equation without the activity factor (HB)(A) and with the activity factor (HBAF)(B); correlation between the EE (Kcal/day) measured through IC in TT (ICTT) and the HB equation without the activity factor (HB)(C) and with the activity factor (HBAF)(D).

When comparing the values obtained through the HB equation without the activity factor, these values tend to underestimate the value measured in PS ($p=0.008$), while the values obtained through the HB equation with the activity factor of 1.10 tend to overestimate the value measured through IC ($p=0.179$). When comparing the values obtained through the HB equation with the activity factor, these values tend to underestimate the value measured in TT ($p < 0.001$) and the values

obtained through the HB equation with the activity factor of 1.10 also underestimate the value measured through IC ($p=0.001$).

When analyzing data through Bland-Altman method (Table 3 and Figure 4), the mean difference observed between the individual results obtained through IC and those obtained through the HB equation (central line) was relatively high, with most scores very dispersed in the region comprehending the recommended agreement limits (upper and lower lines). The agreement limits between measured EE and estimated EE suggest that the HB equation tends to underestimate the EE, except when analyzing the IC in PS and the HB equation with the activity factor.

Table 3. Agreement limits between the IC in PS and TT ventilation and the HB equation with and without the activity factor.

Parameters	Difference between mean values	CI of agreements	
		Lower limit	Upper limit
IC PS x HB	- 102.6	- 567.1	361.9
IC TT x HB	- 327.4	- 959.1	304.3
IC PS x HB AF	50.9	- 419.7	521.5
IC TT x HB AF	- 173.9	- 809.1	461.3

Values expressed in kcal; CI, confidence interval; IC, indirect calorimetry; PS, pressure support; HB, Harris-Benedict; TT, T-tube; AF, activity factor.

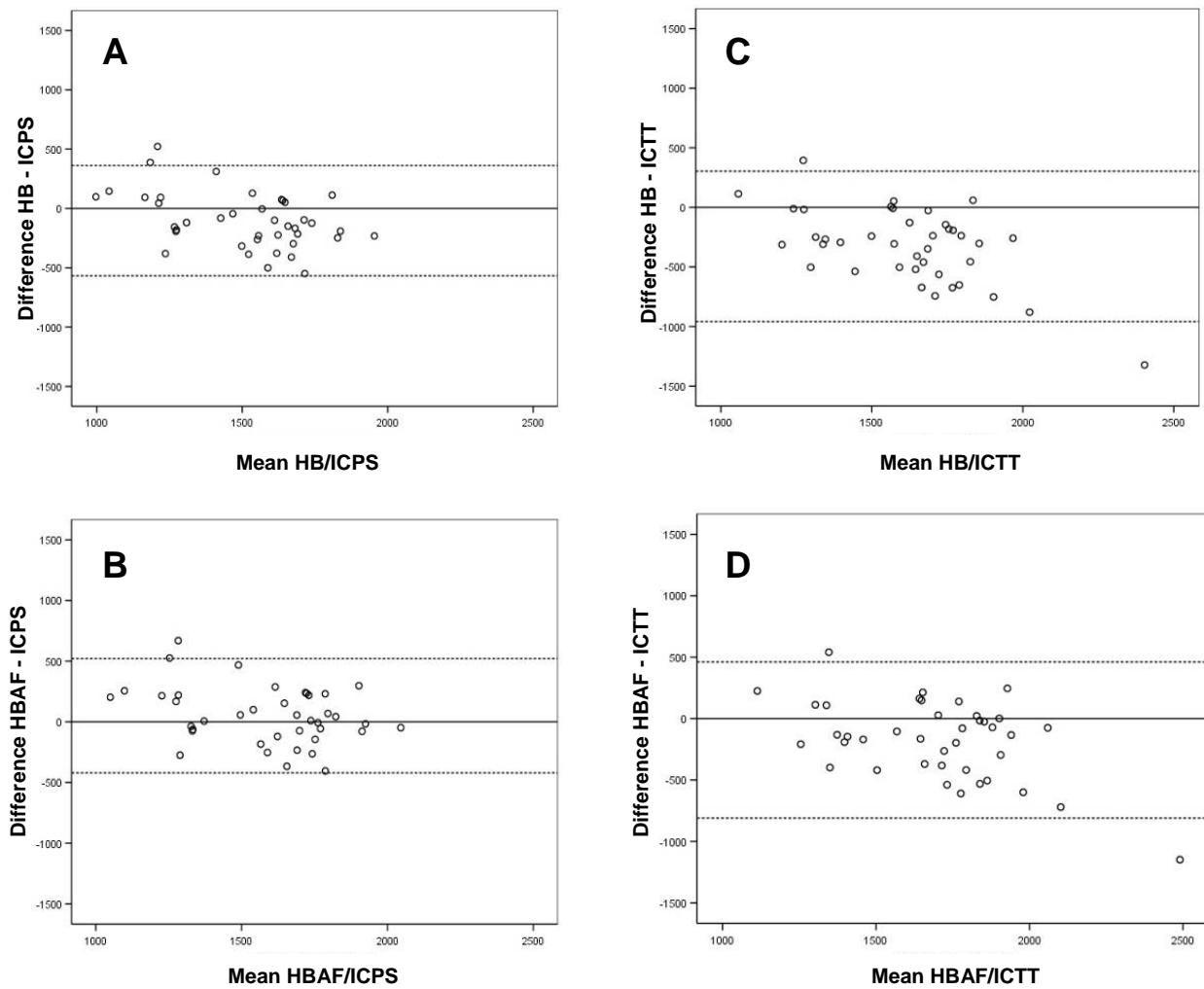


Figure 4. Bland-Altman plots representing the difference between the EE estimated through the HB equation without the activity factor (HB)(A) and with the activity factor (HBAF) (B) and measured through the IC versus the mean value in the PS mode (ICPS); Bland-Altman plots representing the difference between the EE estimated through the HB equation without the activity factor (HB)(C) and with the activity factor (HBAF)(D) and measured through the IC versus the mean value in the TT mode (ICTT). The solid lines represent the mean bias between measured and estimated EE, and the dashed lines represent the limit of agreement (± 2 SDs) between measured and estimated EE.

DISCUSSION

The principal results from this paper showed that EE measured by IC were 14.4% higher when measurements were done during TT than during PS. In addition, HB underestimates EE measurements during weaning from MV principally during TT.

Our results are in agreement with the literature that shows that patients receiving MV presented reduced O_2 consumption and, consequently, in the EE (11,19). Höher et al. (20) compared the EE in controlled and assisted MV through the IC and observed that the patients in assisted mode spend 10.71% more energy than in controlled mode ($p < 0.001$). During the PS ventilation, the utilization of positive pressure helps the inspiratory phase of breathing. Respiratory rate, tidal volume and inspiratory flow are determined by PS levels, besides the patient's effort, resistance and pulmonary complacency. Patient-ventilator synchrony is good in this mode, when well adjusted, which enables reduced muscle efforts and prevents fatigue (21). In TT mode, the patient starts spontaneous breathing without any help from positive pressure. The transition from MV to spontaneous ventilation increases the oxygen consumption due to the increased respiratory activity (22-24). This increment may also be a result of the endotracheal cannula, which increases the resistance of the airways, favoring the fatigue of respiratory muscles (25).

We did not observe differences in subgroups of underweight, desirable weight, overweight and obese patients. However it is known that undernourishment in patients receiving MV hinders a successful weaning (26). The insufficient

administration of energy is characterized by the loss of lean muscle mass and important elimination of nitrogen via urine, rapidly leading the patient to a state of deterioration and undernourishment. Under these circumstances, there is a reduction in muscle force during breathing and the patient becomes dependent on breathing device, which favors infections and the possibility of increased morbi-mortality. On the other hand, the excessive administration of nutrients causes additional stress, bringing consequences such as cardiopulmonary (hypercapnia and difficult weaning from breathing device), liver and metabolic complications (27).

In our study, we did not find any correlation between the EE and the weaning and MV times, neither with successful weaning, possibly due to the reduced number of the sample. However, Headley (26), in his study, points out that nutritional assessment is required to optimize weaning from MV and indicates that the IC is a good indicator of the patient's condition for weaning.

When the EE was analyzed in the PS mode, it was observed that the HB equation underestimated the energy expenditure in 7% and that, when adding the activity factor, the HB equation overestimated the energy expenditure in 3.2%. In the TT mode, with or without the activity factor, the EE was underestimated in 10.8% and 22.5%, respectively. The studies that analyze the correlation between the EE estimated through the HB equation and the EE measured through the IC present controversial results. Cheng et al (28), in a study with 46 critical patients receiving MV, demonstrated that the EE may be estimated through the HB equation if the estimated stress factor is at regular value. Coletto et al (27) found that the HB equation, without injury and activity factors, was closer to the EE measured through

the IC in critical patients. On the other hand, Höher et al. (20), in their study, concluded that the EE estimated through the HB equation should have the activity factor added only when the patient is receiving assisted MV, once the calculation without the factor underestimates the EE in 10.71%. These controversial observations may be explained by the heterogeneity of the patients, methodological problems associated with the EE measurement through the nutritional assessment. The precision of predictive equations usually employed in the hospital practice has been questioned. Boullata et al (29) demonstrated that the HB equation was imprecise in 39% of the patients and presented an unacceptably high error. Flancbaum et al (30) observed that the HB equation did not present any correlation with the IC ($r=0.24$), underestimating the EE at rest in 89%.

When analysing by Bland-Altman method, data obtained comparing measured EE and estimated EE did not agree. These results require confirmation with larger samples.

A questionable security in measuring the metabolic demand through the VCO_2 measurement using the IC, considering the potential variability in oxygen concentration provision in TT mode to FiO_2 values, is relative and insignificant. Eccles et al (31) and Swinamer et al (32) analyzed that f and V_T variations did not involve any alteration in the O_2 provision. As the values obtained in this study agreed with the literature values expressing no significant variability, we consider that it does not establish any confusing link. In addition, we controlled FiO_2 that was kept constant as observed in monitor screen.

This study presented potential limitations, such as relatively small sample,

heterogeneity of pathologies and short time of data collection, which probably did not enable more consolidated results.

We suggest that studies should be performed with larger and more homogeneous populations, using longer record time and caloric intake control, in order to obtain more consistent results.

CONCLUSION

Regarding the proposal to clarify the comparison of the EE measured through IC for weaning from MV in PS and TT modes, our results enable to conclude that the patients in TT spend 14.4% more than when in PS.

Considering the viability of measuring such metabolic alterations in clinical bedside situations through the IC compared to traditional measurement methods, our results suggest that the HB equation is not an adequate method to estimate the EE of patients in weaning from MV because it underestimates measurements.

REFERENCES

1. Evidence-based guidelines for weaning and discontinuing ventilatory support: A collective task force facilitated by the American college of chest physicians; the American association for respiratory care; and the American college of critical care medicine. *Chest* 2001; 120(6): 375-395.
2. Esteban A, Frutos M, Tobin M et al. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1995; 332: 345-350.
3. Brochard L, Rauss A, Benito S et al. Comparison of three methods of gradual withdrawal from mechanical ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1994; 150(4): 896-903.
4. Matic´ I, Majeric´-Kogler V. Comparison of pressure support and T-tube weaning from mechanical ventilation: randomized prospective study. *Croat Med J* 2004; 45: 162-166.
5. Esteban A, Alía I, Gordo F et al. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with t-tube or pressure support ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 156: 459-465.
6. Esteban A, Alía I, Tobin MJ et al. Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 512-518.

7. Frankenfield D, Omert L, Badellino M et al. Correlation between measured energy expenditure and critically obtained variables in trauma and sepsis patients. *J Parenter Enteral Nutr* 1994; 18: 398-403.
8. Cutts R, Dowdy R, Ellersieck M et al. Predicted energy needs in ventilator-dependent critically ill patients: effect of adjusting weight for edema or adiposity. *Am J Clin Nutr* 1997; 66: 1250-1256.
9. VanLanschoot J, Feenstra B, Vermeij C et al. Calculation versus measurement of total energy expenditure. *Crit Care Med* 1986; 14: 981-985.
10. Amato P, Keating K, Quercia R et al. Formulaic methods of estimating calorie requirements in mechanically ventilated obese patients: a reappraisal. *Nutr Clin Pract* 1995; 10: 229-232.
11. Battezzati A, Viganò R. Indirect calorimetry and nutritional problems in clinical practice. *Acta Diabetol* 2001; 38: 1-5.
12. 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.
13. MacDonald A, Hildebrandt L. Comparison of formulaic equations to determine energy expenditure in the critically ill patient. *Nutrition* 2003; 19: 233-239.
14. Harris J, Benedict F. A biometric study of basal metabolism in man. Washington, DC: Carnegie Institute of Washington, 1919, Public n° 279.

15. Long C, Schaffel N, Geiger J. Metabolic response to injury and illness: estimation of energy and protein needs from indirect calorimetry and nitrogen balance. *J Parenter Enteral Nutr* 1979; 3: 452-456.
16. Boulatta J, Cottrell FA, Hudson LM et al. Accuracy of the Mifflin-St. Jeor and Harris Benedict predictive equations for resting energy expenditure in hospitalizes patients. *J Parenter Enteral Nutr* 2005; 29(1): P024.
17. McLellan S, Walsh T, Burdess A et al. Comparison between the Datex-Ohmeda M-COVX metabolic monitor and the Deltatrac II in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med* 2002; 28: 870-876.
18. Bland JM, Altman DG. Appling the right statistics: analyses of measurements studies. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003; 22: 85-93.
19. Kemper M, Weissman C, Askanazi J et al. Metabolic and respiratory changes during weaning from mechanical ventilation. *Chest* 1987; 92(6): 979-983.
20. Höher JA, Zimermann Teixeira PJ, Hertz F et al. A comparison between ventilation modes: how does activity level affect energy expenditure estimates? *J Parenter Enteral Nutr* 2008; 32(2): 176-183.
21. Brochard L, Harf A, Lorino H et al. Inspiratory pressure support prevents diafragmatic fatigue during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Resp Dis* 1989; 139: 513-521.
22. Biondi J, Schulman D, Matthay R. Effects of mechanical ventilation on right and left ventricular function. *Clin Chest Med* 1988; 9: 55-71.
23. Pinsky MR. Breathing as exercise: the cardiovascular response to weaning from mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 2000; 26: 1164-1166.

24. Walsh TS. Recent advances in gas exchange measurement in intensive care patients. *Br J Anaesth* 2003; 91: 120-131.
25. Gandia F, Blanco J. Evaluation of indexes predicting the outcome of ventilation weaning and value of adding supplemental inspiratory load. *Intensive Care Med* 1992; 18: 327-333.
26. Headley JM. Indirect calorimetry – A trend toward continuous metabolic assessment. *AACN Clinical Issues* 2003; 14(2): 155-167.
27. Coletto, 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(3): 93-100.
28. Cheng CH, Chen CH, Wong Y et al. Measured versus estimated energy expenditure in mechanically ventilated critically ill patients. *Clin Nutr* 2002; 21(2): 165-172.
29. Boullata J, Williams J, Cottrell F et al. Accurate determination of energy needs in hospitalized patients. *J Am Diet Assoc* 2007; 107: 393-401.
30. Flancbaum L, Chaban 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.
31. Eccles RC, Swinamer DL, Jones RL et al. Validation of a compact system for measuring gas exchange. *Crit Care Med* 1986; 64: 807-11

32. Swinamer DL, Fedoruk LM, Jones RL et al. Energy expenditure associated with CPAP and T-piece spontaneous ventilatory trials. *Chest* 1989; 96: 867-872.

ANEXO B

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO PARA PESQUISA NA UTI ADULTO DO HOSPITAL DE CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE

AVALIAÇÃO DO GASTO ENERGÉTICO DURANTE O DESMAME DA VENTILAÇÃO MECÂNICA NOS MODOS PRESSÃO SUPORTE E TUBO T

Você está sendo convidado a participar da pesquisa acima citada, para avaliar as necessidades energéticas e nutricionais através de uma técnica que usa o ar exalado. Este projeto está autorizado pela comissão de ética em pesquisa do nosso hospital e do Programa de Pós Graduação em Cardiologia e Ciências Cardiovasculares do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O estudo será realizado com exame do ar exalado, obtido através de tubo coletor que se ligará ao tubo ou traqueostomia, que já estará necessariamente instalado. O resultado desse exame poderá resultar em benefício direto para o doente, bem como a outros futuros pacientes em tais situações. Tais exames não serão realizados se houver risco de saúde ao seu familiar. São exames sem invasão adicional ou coleta de materiais biológicos permanentes, portanto, não ocasionando adicionais desconfortos.

Os dados coletados não serão identificados ao público - preservando a privacidade. Também não terão fins comerciais, de ganho financeiro ou custos adicionais à família.

O tratamento será sempre mantido e sem interferência pelo presente estudo, seguindo conforme os critérios habituais da equipe assistencial, independente de aceitar ou não participar desta pesquisa. Não haverá despesas adicionais aos pacientes/familiares em vista da pesquisa. Em qualquer momento do estudo, é possível desautorizar seu seguimento, sem quaisquer prejuízos ao tratamento.

Os responsáveis pelo estudo são os médicos Sílvia Regina Rios Vieira (Intensivista do HCPA) e Mauro Luiz Kaufmann (Intensivista) e a fisioterapeuta Laura Jurema dos Santos, que estarão ao dispor para dúvidas pelo fone (51) 9978.1067.

Declaro ter lido (ou me foi lido) as informações acima, com oportunidade para esclarecer quaisquer dúvidas. Tomo parte voluntariamente deste estudo científico, conforme esse instrumento, do qual recebo cópia.

Nome do paciente: _____ Unidade/Leito: _____

Data: ___/___/_____

Nome e assinatura do paciente ou responsável (parentesco)

Nome e assinatura de testemunha

ANEXO C
FICHA DE ACOMPANHAMENTO

Nome: _____ Prontuário: _____
 Idade: _____ Peso: _____ Altura: _____
 Sexo: _____ APACHE II: _____
 Motivo de internação na UTI: _____
 Causa da IRpA: _____
 Dieta padrão: ()NPO ()NPT ()SNE
 Avaliação nutricional subjetiva: ()eutrófico ()desnutrido ()obeso
 GET por equação HB: _____
 Vasopressor: _____ ml/h Sedoanalgesia: _____ ml/h
 Tempo de internação na UTI: _____ Tempo de VM: _____
 Tempo de desmame: _____
 Extubação: ()sim ()não Sucesso no desmame: ()sim ()não
 Óbito na UTI: _____

	PS INICIAL	PS FINAL	TT INICIAL	TT FINAL
PA				
FC				
<i>f</i>				
Temp				
Ppico				
Pmédia				
Pplatô				
PEEP				
FiO ₂				
V _T				
SpO ₂				
VO ₂				
VCO ₂				
GE				
QR				