Universidade de São Paulo
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto

2014

“Avaliação do
consumo de oxigênio
e do gasto energético
durante o teste de
respiração
espontânea”

PPGRDF
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
REABILITAÇÃO E DESEMPENHO FUNCIONAL
FMRP-USP

Alessandra Fabiane Lago

Dissertação

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO- FACULDADE DE MEDICINA DE
RIBEIRÃO PRETO

ALESSANDRA FABIANE LAGO

**“Avaliação do consumo de oxigênio e do gasto energético durante o teste de
respiração espontânea”**

v.1

RIBEIRÃO PRETO

2014

ALESSANDRA FABIANE LAGO

**“Avaliação do consumo de oxigênio e do gasto energético durante o teste de
respiração espontânea”**

RIBEIRÃO PRETO

2014

ALESSANDRA FABIANE LAGO

**“Avaliação do consumo de oxigênio e do gasto energético durante o teste de
respiração espontânea”**

Dissertação apresentada à Faculdade
de Medicina de Ribeirão Preto da
Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Mestre em
Ciências Médicas

Área de concentração: Reabilitação e
Desempenho Funcional

Orientador: Prof. Dr. Anibal Basile Filho

RIBEIRÃO PRETO

2014

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Lago, Alessandra Fabiane.

Avaliação do consumo de oxigênio e do gasto energético durante o teste de respiração espontânea. Ribeirão Preto, 2014.
64 p. : il. ; 30 cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto-Universidade de São Paulo. Área de concentração: Reabilitação e Desempenho Funcional.

Orientador: Basile-Filho, Anibal.

1. Calorimetria Indireta. 2. Desmame do Respirador. 3. Insuficiência Respiratória. 4. Ventilação Mecânica. 5. Centro de Terapia Intensiva.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Lago, Alessandra Fabiane. Avaliação do consumo de oxigênio e do gasto energético durante o teste de respiração espontânea.

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências Médicas

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof(a). Dr.(a) _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Dedico este trabalho aos meus

pais José Marcos Lago e

Rosângela Cristina Garcia que

com muito amor, carinho e

paciência me incentivaram em

todas as fases da minha vida.

“Ora, se tudo continua evoluindo, é natural que os homens também devam evoluir continuamente, seguindo o exemplo da Natureza. Nesse sentido, eu mesmo faço esforço para elevar-me e progredir cada vez mais; este mês, mais do que no mês anterior; este ano, mais do que no ano passado”

Meishu-Sama

Agradeço a Deus e a Meishu-Sama pela minha vida, pela minha saúde, pelo suporte, pela minha fé e determinação para concluir mais uma etapa do meu aprendizado.

Aos meus pais José Marcos Lago e Rosângela Cristina Garcia pela confiança, ajuda e apoio para eu continuar a minha vida acadêmica.

A minha amada filha que sempre me oferece alegria principalmente nos momentos difíceis e ao Eduardo Lima Nunes pela sua paciência e amor.

Ao Prof. Dr. Anibal Basile Filho pelas orientações, carinho e confiança dedicados a mim que contribuíram para o meu crescimento profissional.

A Profa. Dra. Maria Auxiliadora Martins pelo seu suporte, paciência e disposição em sanar minhas dúvidas.

Ao Róbson Christóvam dos Santos pelos conselhos e paciência que contribuem para a minha evolução espiritual.

As minhas amigas fisioterapeutas Elaine Caetano Silva, Elaine Cristina Gonçalves e Vanessa Bráz Tanaka, pela paciência, apoio e incentivo durante a realização deste trabalho.

Ao Ronaldo Vicente Martins que tanto me ajudou antes e durante o mestrado, com muita alegria e disposição.

A Mayra Meneguetti com suas explicações, sua paciência e dicas importantíssimas durante as etapas deste estudo.

A toda equipe do CTI do HC da FMRP-USP, fisioterapeutas, médicos, enfermeiras, técnicos e auxiliares de enfermagem, por poder concretizar este trabalho durante suas rotinas.

A todos os pacientes e familiares que aceitaram o convite em participar deste trabalho.

A todos que de alguma forma, diretamente ou indiretamente puderam contribuir para a realização deste estudo.

Estes são os meus mais sinceros agradecimentos.

MUITO OBRIGADA a todos!

RESUMO

Lago, Alessandra Fabiane. **Avaliação do consumo de oxigênio e do gasto energético durante o teste de respiração espontânea.** Ribeirão Preto. 2014. 64f. Dissertação de Mestrado- Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo.

Introdução: O desmame ventilatório é definido como o processo de liberação do suporte ventilatório e como avaliação dessa fase é conduzido o Teste de Respiração Espontânea (TRE). Um dos mais utilizados modos de TRE é a Pressão Positiva Contínua em Vias Aéreas (CPAP), a qual se aplica uma pressão positiva contínua tanto na inspiração quanto na expiração. Contudo, junto com os modos ventilatórios pode ser utilizado a Compensação Automática do Tubo (ATC) cujo objetivo é compensar a resistência imposta pelo tubo endotraqueal. **Objetivos:** O principal objetivo deste estudo foi comparar o Consumo de Oxigênio (VO_2) a o Gasto Energético (GE) pela calorimetria indireta (CI) durante o TRE em CPAP com e sem a ATC. **Métodos:** O estudo foi randomizado, controlado tipo *cross-over* com quarenta pacientes em nove leitos de um Centro de Terapia Intensiva de um hospital terciário universitário (Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto Universidade de São Paulo, Brasil). Os participantes foram alocados aleatoriamente no grupo 1, no qual era iniciado o TRE em CPAP em uso da ATC e posteriormente em CPAP sem o uso da ATC, ou no grupo 2, no qual era iniciado o TRE em CPAP sem a ATC e em seguida CPAP com a utilização da ATC. **Resultados:** Cinco pacientes foram excluídos depois da randomização por falha durante o TRE. Dos trinta e cinco restantes a maioria foi do sexo masculino (51%). A média de idade foi de $61,4 \pm 16,1$ anos. A diferença de VO_2 entre os TREs com ATC e sem ATC foi de $-1,6 \text{ mL.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$; $p=0,23$ e intervalo de confiança de 95%: $(-4,36; 1,07)$. Em relação ao GE a diferença foi de $-5,4 \text{ kcal.d}^{-1}$; $p=0,5$ e intervalo de confiança de 95%: $(-21,67; 10,79)$ durante a comparação dos TREs em CPAP com e sem ATC. **Conclusão:** Não foram observadas diferenças quando se comparou os valores relacionados ao VO_2 e GE durante o TRE com e sem ATC.

Palavras chaves: calorimetria indireta, desmame do respirador, insuficiência respiratória, ventilação mecânica, unidade de terapia intensiva.

ABSTRACT

Lago, Alessandra Fabiane. **Evaluation of oxygen consumption and resting energy expenditure during spontaneous breathing test.** Ribeirão Preto. 2014. 64f. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo

Introduction: Weaning from mechanical ventilation is defined as the process of release of ventilatory support and how the evaluation of this phase is conducted in the spontaneous breathing test (SBT). One of the most used modes of SBT is the Continuous Positive Airway Pressure (CPAP) which applies a continuous positive pressure in both inspiration and expiration. However, together with the mechanical ventilation modes it can be used the Automatic Tube Compensation (ATC) which compensates the resistance imposed by the endotracheal tube. **Objectives:** The main goal of this study was to compare the Oxygen Consumption (VO_2) and Resting Energy Expenditure (REE) by indirect calorimetry (IC) during the SBT in CPAP with and without ATC. **Methods:** The study was a prospective randomized, controlled crossover trial, that enrolled 40 patients, in a 9-bed Intensive Care Unit of a tertiary University Hospital. (Clinics Hospital of Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, Brazil). Participants were randomly allocated in Group 1, in which it was started the SBT in CPAP with ATC and later on CPAP without ATC, or in Group 2, which was started the SBT on CPAP without ATC and then CPAP with ATC. **Results:** Five patients were excluded after randomization for failure of the SBT. The thirty-five remaining patients were most male (51%). The mean age of the sample was 61.4 ± 16.1 years. The difference of VO_2 between the SBT with ATC and no ATC obtained a value of $-1.6 \text{ mL.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$; $p = 0.23$ and 95% confidence interval: $(-4.36; 1.07)$. To analyze the difference of REE between the SBT with ATC and no ATC, it was obtained an estimated value of -5.4 kcal/d^{-1} , $p = 0.5$ and 95% and confidence interval $(-21.67; 10.79)$. **Conclusions:** There were no differences in the comparison of VO_2 and REE during the SBT with and without ATC.

Key words: indirect calorimetry, ventilator weaning, respiratory insufficiency, mechanical ventilation, intensive care unit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Curva inspiratória de pressão/fluxo de um tubo endotraqueal (ETT) (Extraído de Guttmann, J. et al., 1997).	20
Figura 2- Modelo de um calorímetro acoplado ao ventilador mecânico	23
Figura 3- Delineamento do estudo.	29
Figura 4 - Representação esquemática da população do estudo.	34
Figura 5 - Representação gráfica da mediana, do quartil inferior e superior e do intervalo interquartil do VO_2 , GE, VCO_2 e QR no basal, com e sem ATC.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características demográficas dos pacientes participantes do estudo.	35
Tabela 2- Medidas descritivas do consumo de oxigênio.	37
Tabela 3- Medidas descritivas do gasto energético..	38
Tabela 4- Medidas descritivas da produção de gás carbônico.....	39
Tabela 5- Medidas descritivas do quociente respiratório	40
Tabela 6- Valores estimados para as diferenças de cada efeito de VO_2 com intervalo de confiança 95%.	42
Tabela 7 - Valores estimados para as diferenças de cada efeito de GE com intervalo de confiança 95%.	42
Tabela 8 - Valores estimados para as diferenças de cada efeito de VCO_2 com intervalo de confiança 95%.	43
Tabela 9 - Valores estimados para as diferenças de cada efeito de QR com intervalo de confiança 95%.	43

LISTA DE ABREVIACÕES

APACHE II - *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II*

APRV - Ventilação por Liberação de Pressão nas Vias Aéreas

ATC - Compensação Automática do Tubo

BIPAP - Pressão positiva bifásica nas vias aéreas

CI - Calorimetria indireta

CO₂ - Gás Carbônico

CPAP - Pressão Positiva Contínua em Vias Aéreas

CROP - Avaliação integrada da complacência, da frequência respiratória, oxigenação e P_{imáx}

CTI - Centro de Terapia Intensiva

dp - desvio-padrão

DPOC - Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

ETT- Tubo endotraqueal

FeCO₂ - Fração expirada de Gás Carbônico

FeO₂ - Fração expirada de Oxigênio

FiO₂ - Fração inspirada de Oxigênio

FiCO₂ - Fração inspirada de Gás Carbônico

Fr - Frequência respiratória

GE - Gasto Energético

G1- Grupo 1

G2- Grupo 2

HME - *Heat and Moisture Exchanger*

IRpA- Insuficiência Respiratória Aguda

IRRS - Índice de Respiração Rápida e Superficial

PaO₂ - Pressão arterial de Oxigênio

PEEP - Pressão Positiva no Final da Expiração

P1 - Período 1

P2 - Período 2

P_{imáx}. - Pressão inspiratória máxima

p_{prox} - pressão na porção proximal nas vias aéreas

PS - Pressão Suporte

PSV - Ventilação com Pressão Suporte

P_{traq} - pressão na parte distal do tubo, pressão traqueal

$P_{0,1}$ - Pressão de oclusão nos primeiros 100 milissegundos

QR - Quociente Respiratório

SAPS III - *Simplified Acute Physiology Score III*

TRE - Teste de Respiração Espontânea

T1 - Tratamento 1

T2 - Tratamento 2

V_c - Volume Corrente

VCO_2 - Produção de Gás Carbônico

V_e - Volume expirado

V_i - Volume inspirado

VM - Ventilação Mecânica

VO_2 - Consumo de Oxigênio

LISTA DE SÍMBOLOS

cmH₂O- centímetros de água

Δ_{ptet} - Delta da pressão do tubo endotraqueal

mmHg- milímetros de mercúrio

°C - graus Celsius

g/dL - gramas por decilitro

ciclos/min/L - ciclos por minuto por litro

L/min - litro por minuto

ipm - incursões por minuto

bpm - batida por minuto

mL.kg⁻¹.min⁻¹ - mililitros por quilograma de peso por minuto

kcal.d⁻¹ - quilocaloria por dia

mL.min.m²- mililitros por minuto por metro quadrado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
2. OBJETIVOS.....	26
3. CASUÍSTICA E MÉTODOS.....	27
3.1 Casuística.....	27
3.1.1 Critérios de inclusão.....	27
3.1.2 Critérios de exclusão.....	27
3.2 Métodos.....	28
3.2.1 Protocolo.....	28
3.2.1.1 Calorimetria indireta e ventilação mecânica.....	30
3.3 Coleta de dados.....	30
3.4 Análise Estatística.....	31
4. RESULTADOS.....	32
4.1 Caracterização dos pacientes.....	33
4.2 Diferenças de cada efeito: tratamento, sequência e período.....	41
5. DISCUSSÃO.....	44
6. CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXOS.....	58

1 INTRODUÇÃO

O desmame de um ventilador mecânico é definido como o processo de retirada do suporte ventilatório abruptamente ou gradualmente por um tempo superior a 24 horas (ALÍA; ESTEBAN, 2000; BOLES et al. 2007; GOLDWASSER et al., 2007). Atrasos na descontinuação deste suporte podem contribuir para a ocorrência de complicações, como atrofia e disfunção diafragmática induzidas pelo ventilador, pneumonia associada à ventilação mecânica e aumento da morbidade e mortalidade (CHELLURI et al., 2004; POWERS et al., 2013; KALANURIA et al., 2014). Diminuir o tempo que o paciente permanece com o suporte respiratório invasivo é o objetivo de toda a equipe multidisciplinar. Em contrapartida, retirar o suporte invasivo precocemente pode comprometer uma adequada troca gasosa, causar dificuldade na manutenção da via aérea e necessitar a reintubação. Além disso, a reinstituição do suporte ventilatório invasivo está associado com o aumento da mortalidade, devido ao aparecimento de novas complicações depois do procedimento (FRUTOS-VIVAR et al., 2011).

Sabe-se que o desmame ventilatório compreende dois aspectos importantes: descontinuação da ventilação mecânica e a remoção da via aérea artificial (ALÍA; ESTEBAN, 2000). Como forma de avaliação para a remoção e aptidão do paciente à extubação, diretrizes baseadas em evidências recomendam que o Teste de Respiração Espontânea (TRE) seja efetuado antes do procedimento de retirada do tubo endotraqueal (MACINTYRE et al. 2001). Uma diminuição em relação ao tempo necessário para a descontinuação do suporte invasivo e uma rápida detecção dos pacientes aptos a serem submetidos ao teste de respiração espontânea são necessários. Para isso são empregados os índices preditivos de desmame, como o mais utilizado, o índice de respiração rápida e superficial proposto por Yang e Tobin em 1991, que é caracterizado pela relação da frequência respiratória sobre o volume corrente (Fr/V_c) com o objetivo de determinar os pacientes que apresentam respiração rápida e superficial, perante a retirada da via aérea artificial. Outros índices também utilizados são Pressão inspiratória máxima ($P_{im\acute{a}x}$), Pressão de Oclusão nos primeiros 100 milissegundos da inspiração ($P_{0,1}$), relação $P_{0,1}/P_{im\acute{a}x}$, volume corrente, frequência respiratória, volume minuto, avaliação integrada da

complacência, da frequência respiratória, oxigenação e Pimáx (CROP) e índice integrativo de desmame (NEMER; BARBAS, 2011). Além dos índices preditivos de desmame, deve-se levar em consideração os fatores de risco para falência de extubação os quais incluem: O índice de respiração rápida e superficial, balanço hídrico nas 24 horas que precedem a extubação e pneumonia como a causa da instituição do suporte invasivo (FRUTOS-VIVAR et al., 2006).

Os testes de respiração espontânea podem ser realizados em Tubo T, em Pressão Positiva Contínua em Vias Aéreas (CPAP), em Ventilação com Pressão Suporte (PSV) (ALÍA; ESTEBAN, 2000; COHEN et al., 2006). O teste em tubo T consiste na desconexão do paciente ao ventilador e na conexão de uma peça em formato de T ao tubo endotraqueal, enriquecido com oxigênio para que os pacientes respirem espontaneamente (MOLINA –SALDARRIAGA et al., 2010). Entretanto, o teste também pode ser realizado sem a desconexão do paciente, apenas com baixo suporte ventilatório (MACINTYRE, 2007). Sendo assim, em Pressão Positiva Contínua em Vias Aéreas (CPAP) aplica-se uma pressão positiva contínua de aproximadamente cinco cmH_2O , tanto na inspiração quanto na expiração durante uma ventilação espontânea, onde o volume corrente depende da mecânica pulmonar e do esforço inspiratório do paciente (CARVALHO; TOUFEN JUNIOR; FRANCA, 2007; FIGUEROA-CASAS et al., 2010). Em relação ao teste em Ventilação com Pressão Suporte (PSV) quanto menor o nível de pressão suporte instituído, maior será o esforço do paciente, sendo que se utiliza para o teste pressões em torno de cinco a sete cmH_2O (HESS, 2001; HABERTHÜR et al., 2002; ESTEBAN et al., 1997; COHEN et al., 2009; CABELLO et al., 2010).

Contudo, pode-se utilizar durante estes testes a Compensação Automática do Tubo (ATC), que é um recurso que pode ser utilizado para compensar a resistência imposta pelo tubo endotraqueal. Sabe-se que esta resistência pode aumentar o trabalho inspiratório, o índice de respiração rápida e superficial, o produto pressão-tempo, sendo este utilizado como uma estimativa do consumo de oxigênio pelos músculos respiratórios (FIASTRO et al., 1988; EPSTEIN; CIUBOTARU, 1996; MEHTA et al., 2010).

Durante o uso de via aérea artificial há uma diferença entre a pressão na porção proximal nas vias aéreas (p_{prox}) do tubo e a pressão na parte distal do tubo, pressão traqueal (p_{traq}). Esta diferença é nomeada como: Delta da pressão do tubo

endotraqueal Δ_{ptet} . Este delta está relacionado à energia necessária para manter o transporte da respiração através do tubo endotraqueal. Quanto maior o fluxo, maior a pressão e a energia utilizadas para compensar a resistência, portanto, maior o delta da pressão do tubo endotraqueal (Δ_{ptet}). Contudo, o fluxo na ventilação espontânea é altamente variável, tanto dentro de cada respiração quanto de uma respiração para a outra. Portanto, uma determinada pressão fixa, como no caso da pressão suporte, pode não conseguir compensar as propriedades de uma determinada respiração. Sendo assim, pode ocorrer em fluxo baixo uma supercompensação, em fluxo médio uma compensação e em fluxo alto uma subcompensação da resistência imposta pelo tubo endotraqueal, (GUTTMAN et al., 1993, 1997, 2002), como demonstrado na figura 1.

Figura 1- Curva inspiratória de pressão/fluxo de um tubo endotraqueal (ETT) (Extraído de Guttman, J. et al., 1997).

Portanto, a compensação automática do tubo é adaptada à não linearidade do fluxo-pressão do tubo endotraqueal, sendo obtida através da mensuração contínua do fluxo e da pressão e da seleção adequada do diâmetro do tubo. É calculada a queda da pressão inspirada através do tubo e em resposta ocorre um aumento da pressão nas vias aéreas, de acordo com o atual delta da pressão do tubo endotraqueal (Δ_{pett}) inspiratório. Durante a expiração ocorre uma diminuição da

pressão até o nível da pressão atmosférica, isto é, em casos de ventiladores mecânicos e no caso do sistema desenvolvido originalmente ocorre a queda da pressão a nível subatmosférico para a compensação da resistência imposta pelo tubo (GUTTMAN et al., 1997, 2002).

Estudos demonstram que a ATC é um método seguro, útil e pode promover um conforto respiratório ao paciente (GUTTMANN et al. 1997; COHEN et al., 2006; FIGUEROA-CASAS et al., 2010. Sendo assim, cada tipo de teste pode modificar o padrão respiratório, o esforço muscular inspiratório e as respostas cardiovasculares do paciente (CABELLO et al., 2010). A falha ao teste de respiração espontânea geralmente é multifatorial, pode ocorrer devido a complicações pulmonares: nas vias aéreas ou parênquima pulmonar, alterações cardíacas, neurológicas, diafragmáticas e endócrino-metabólicas. Em casos de falha cardíaca pode estar relacionada à transição da ventilação mecânica para a espontânea que ocorrem alterações na pressão pleural, aumento do uso da musculatura respiratória e da pré e pós carga ventricular, cujas consequências podem acarretar em um aumento no consumo de oxigênio e sobrecarga cardíaca (HEUNKS; VAN DER HOEVEN, 2010).

O consumo de oxigênio e o custo de oxigênio da respiração podem ser obtidos de forma não invasiva durante a descontinuação da ventilação mecânica. Para determinar o custo de oxigênio da respiração é necessário calcular a diferença entre o consumo de oxigênio medido durante a ventilação espontânea e durante a ventilação em modo controlado, sendo o resultado o consumo de oxigênio respiratório (LEWIS et al., 1988).

Portanto, o consumo de oxigênio, o gasto energético, e as demais variáveis metabólicas vêm sendo estudadas em pacientes ventilados mecanicamente por intermédio da calorimetria indireta. Este procedimento tem sido utilizado para avaliar essas variáveis durante as alterações nos parâmetros, modos (BELLANI et al., 2010; CLAPIS et al., 2010) e no desmame ventilatório (OCZENSKI et al., 2002; MIWA et al., 2003), assim como, mensuração do débito cardíaco de forma não invasiva (AUXILIADORA-MARTINS et al., 2008) e na terapia nutricional (BASILE-FILHO et al., 2003; JAPUR et al., 2009, 2010; AUXILIADORA-MARTINS et al., 2011).

Os estudos clínicos com calorimetria indireta iniciaram no século passado com a observação do gasto energético em um caso de policitemia e esplenomegalia (ABBOTT, 1918). Após alguns anos o mesmo autor publicou o uso da calorimetria

indireta em casos de hipo e hipertireoidismo (ABBOTT, 1921). Com o passar dos anos o interesse em fornecer uma adequada ingesta calórica para pacientes criticamente enfermos aumentou. Vários estudos foram realizados com o objetivo de identificar o melhor método para identificar a oferta energética necessária ideal e hoje a calorimetria indireta é considerada o padrão ouro na mensuração do gasto energético nestes pacientes (FLANCBAUM et al., 1999; BOULLATA et al., 2007; ALVES et al. 2009; SINGER et al., 2014).

A calorimetria indireta é um método não invasivo a qual analisa a quantidade de calor gerado indiretamente de acordo com o substrato utilizado. Os dados fornecidos pela calorimetria são:

- 1- Gasto Energético (GE) - É calculado através da equação modificada de Weir, é realizada a partir da quantidade de Oxigênio Consumido (VO_2) e Produção de Gás Carbônico (VCO_2) pelo corpo através dos gases respiratórios (WEIR, 1949; HAUGEN; CHAN; LI, 2007).

$$GE = [(VO_2 \times 3,941) + (VCO_2 \times 1,11)] \times 1440$$

- 2- Consumo de Oxigênio- É a quantidade de oxigênio utilizado pelo corpo.
- 3- Produção de Gás Carbônico- É a quantidade de gás carbônico produzido pelas células.

O consumo de oxigênio pode ser medido pelo método da termodiluição e quantificação dos parâmetros hemodinâmicos, através de um cateter da artéria pulmonar ou pela mensuração da troca dos gases pulmonares efetuada pelo princípio da calorimetria indireta.

- 4- Quociente Respiratório (QR) - É calculado através da relação entre VCO_2 e VO_2 (HAUGEN; CHAN; LI, 2007).

$$QR = VCO_2 / VO_2$$

Os tipos de calorímetros são nomeados de acordo com os métodos de mensuração do consumo de oxigênio. Os aparelhos podem ser classificados como circuito aberto ou fechado. No primeiro caso a mensuração do consumo de oxigênio

em situação ideal é obtida através da diferença do Volume inspirado (V_i) pelo Volume expirado (V_e) multiplicados pela fração inspirada (F_{iO_2}) e expirada (F_{eO_2}) de Oxigênio (HAUGEN; CHAN; LI, 2007; LEV; COHEN; SINGER, 2010).

$$VO_2 = V_i(F_{iO_2}) - V_e(F_{eO_2})$$

O VCO_2 é calculado pela diferença do volume expirado pelo volume inspirado multiplicados pela Fração expirada (F_{eCO_2}) e Fração inspirada (F_{iCO_2}) de gás carbônico (CO_2) HAUGEN; CHAN; LI, 2007; LEV; COHEN; SINGER, 2010.

$$VCO_2 = V_e(F_{eCO_2}) - V_i(F_{iCO_2})$$

A fração inspirada de oxigênio é captada através do ramo inspiratório do ventilador mecânico. Os gases exalados do ventilador passam por uma câmara misturadora de ar onde a fração expirada de oxigênio e de gás carbônico são analisadas (DA ROCHA; ALVES; DA FONSECA, 2006; SCHLEIN; COULTER, 2014), o que pode ser observado na figura 2.

Figura 2- Modelo de um calorímetro acoplado ao ventilador mecânico

Os calorímetros considerados de sistema aberto usam a tecnologia respiração por respiração em testes de exercícios e a câmara misturadora em casos

de ventilação mecânica ou diluição. Em relação ao circuito fechado a medida do consumo de oxigênio é feita através da mensuração volumétrica por um reservatório fechado de oxigênio. Os aparelhos possuem sensores paramagnéticos e câmaras dotadas de luz infravermelha que permite mensurações precisas de oxigênio e de gás carbônico e das concentrações de gases inspirados e expirados (DA ROCHA; ALVES; DA FONSECA, 2006).

Entretanto, para uma maior precisão das medidas é necessário levar em consideração alguns fatores como:

- Ambiente o qual são realizadas as mensurações ser quieto e de temperatura adequada (SCHLEIN; COULTER, 2014)
- Durante as medidas evitar intervenções pela equipe, pois podem promover processos algícos e assim ocorrer um aumento do gasto energético (HOLLAND-FISCHER et al., 2009)
- Medicações como sedativos e analgésicos podem diminuem o consumo de oxigênio e gasto energético (SWINAMER et al. 1988; TERAQ et al., 2003)
- Drogas anticolinérgicas podem alterar o consumo de oxigênio e gasto energético (KIRVELÄ et al., 1994)
- Evitar realizar medidas durante a fisioterapia motora, principalmente em exercícios ativos devido ao possível incremento no consumo de oxigênio e gasto energético (HICKMANN et al., 2014)
- Vazamentos como fístulas broncopleurais, drenos torácicos, escape aéreo pelo *cuff* do tubo endotraqueal alteram a mensuração dos gases exalados (BRANSON; JOHANNIGMAN, 2004; HAUGEN; CHAN; LI, 2007)
- O emprego de altas frações de oxigênio (maior que 60%) inviabiliza a medida e Pressão Positiva no Final da Expiração (PEEP) pode ocasionar instabilidade expiratória do fluxo e alterar a mensuração dos gases exalados (BRANSON; JOHANNIGMAN, 2004)

Baseado nestas informações e tendo em vista as escassas pesquisas com calorimetria indireta e desmame, principalmente com o uso da compensação automática do tubo, foi realizado este estudo com o objetivo de comparar o consumo

de oxigênio e o gasto energético durante o teste de respiração espontânea, realizada com e sem a compensação automática do tubo. Sendo levantada a hipótese de que o consumo de oxigênio e o gasto energético seriam maiores durante o teste de respiração espontânea sem a compensação automática do tubo.

2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste estudo foi comparar o consumo de oxigênio e o gasto energético por intermédio da calorimetria indireta durante o teste de respiração espontânea em pressão positiva contínua nas vias aéreas com e sem a compensação automática do tubo.

3 CASUÍSTICA E MÉTODOS

3.1 Casuística

Esse estudo foi executado após a aprovação pelo comitê de ética em pesquisa nº 10872/2011 do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Trata-se de um estudo randomizado, controlado, tipo *cross-over*, realizado no período de julho de 2012 a setembro de 2013, 40 pacientes foram submetidos a dois testes de respiração espontânea, nos nove leitos do Centro de Terapia Intensiva (CTI) do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Os pacientes pré-selecionados foram convidados a participar do estudo através de seu responsável, sendo informado e aceitado sobre os objetivos e métodos da pesquisa e assinado o termo de consentimento livre e esclarecido.

3.1.1 Critérios de inclusão

Foram incluídos no estudo pacientes intubados, em ventilação mecânica por mais de 24 horas e aptos a realizar o teste de respiração espontânea, ou seja, aqueles que preencherem os seguintes critérios: (1) evento que motivou a ventilação invasiva estar revertido ou controlado; (2) Pressão arterial de Oxigênio (PaO_2) maior que 60 mmHg; (3) fração inspirada de oxigênio menor que 0,4; (4) Pressão Positiva Expiratória ao Final da Expiração (PEEP) menor que cinco cmH_2O ; (5) sinais de boa perfusão tecidual e (6) apresentar incursões respiratórias espontâneas.

3.1.2 Critérios de exclusão

Foram excluídos do estudo pacientes que apresentavam (1) instabilidade hemodinâmica; (2) insuficiência coronariana e arritmias complexas; (3) desequilíbrio hidroeletrólítico e ácido-base; (4) temperatura acima de 38°C ou abaixo de 35°C; (5) hemoglobina abaixo de 7g/dL; (6) índice de respiração rápida e superficial em ventilação espontânea maior que 105 ciclos/min/L; (7) idade menor que 18 anos; (8) gravidez; (9) presença de drenos torácicos; (10) declínio do paciente ou seu responsável legal em participar do estudo; (11) falha ao teste de respiração espontânea e (12) agitação.

3.2 Métodos

3.2.1 Protocolo

O desmame ventilatório foi realizado através da redução gradativa da Pressão Suporte (PS), como é feito rotineiramente, até oito cmH₂O, nesta etapa, foram conferidos: os critérios de inclusão e exclusão, o termo do consentimento e mensuradas as variáveis metabólicas, respiratórias e sinais vitais.

Quarenta pacientes foram alocados aleatoriamente através de números sequenciais mantidos em envelopes opacos, não translúcidos, fechados até o momento de iniciar o teste de respiração espontânea. Era solicitado a uma enfermeira que retirasse um envelope para saber a qual grupo o paciente pertencia. Foram realizados os testes iniciados em Pressão Positiva Contínua em Vias Aéreas associada à Compensação Automática do Tubo (CPAP+ATC) seguidos de CPAP sem ATC (CPAP) (Grupo 1), ou iniciados em CPAP sem ATC (CPAP) seguidos de CPAP associados a ATC (CPAP+ATC) (Grupo 2). A investigadora principal e os pacientes não tiveram conhecimento do sorteio (ou da escolha ou da modalidade) até o início da pesquisa.

Entre o intervalo de troca de um modo para o outro houve um período, de 30 minutos em Ventilação com Pressão Suporte (PSV) a oito cmH₂O, com o intuito de eliminar o efeito residual de um procedimento durante a aplicação do anterior (*wash-out*), visualizado na figura 3. Assim como o intervalo de 15 minutos, imediatamente após a alteração do modo com o objetivo de estabilização dos gases.

Figura 3- Delineamento do estudo. PS- Pressão Suporte, CI- Calorimetria indireta, CPAP- Pressão Positiva Contínua em Vias Aéreas, ATC- Compensação Automática do Tubo.

Ambos os grupos utilizavam Pressão Positiva no Final da Expiração (PEEP) de cinco cmH₂O, o oxigênio fornecido foi a mesma concentração a qual o paciente estava utilizando previamente ao teste de respiração espontânea, o disparo de 3L/min, rampa de 0,2 segundos e filtros de umidificação passiva *Heat and Moisture Exchanger* (HME). Todos os pacientes foram informados dos procedimentos realizados: a higiene brônquica, posicionados em decúbito dorsal acima de 30° e então submetidos aos testes. Simultaneamente foram realizadas mensurações pelo calorímetro, sinais vitais e parâmetros respiratórios.

Se o paciente apresentasse uma evolução com os seguintes parâmetros: frequência respiratória maior que 35 ipm; saturação periférica de oxigênio menor que 90%; frequência cardíaca maior que 140 bpm ou variação de 20% do valor basal; pressão arterial sistólica maior que 200 mmHg ou menor 80 mmHg; sudorese; agitação; sinais de aumento no trabalho respiratório como padrão respiratório

paradoxal e uso da musculatura acessória, o teste era encerrado e o paciente retornava aos parâmetros iniciais da ventilação mecânica inicial e considerava-se falha do teste. Caso contrário, se o paciente evoluísse sem esses critérios era considerado sucesso e quando apresentava condições para extubação o paciente era desintubado.

3.2.1.1 Calorimetria indireta e ventilação mecânica

Os pacientes foram submetidos às mensurações do consumo de oxigênio e gasto energético através do calorímetro por 90 minutos. A calibração do gás e da pressão foram realizadas de acordo com as instruções do fabricante e previamente à mensuração. Após esta etapa o calorímetro era conectado ao ventilador mecânico e então conduzidas as mensurações.

3.3 Coleta de dados

A gravidade da doença foi calculada através dos índice prognósticos *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation* (APACHE II) (KNAUS et al., 1985) *Simplified Acute Physiology Score* (SAPS III) (METNITZ et al., 2005; MORENO et al. 2005) e os dados demográficos registrados no momento da admissão; a calorimetria indireta realizada através do calorímetro (DELTATRAC II Metabolic Monitor; Datex-Ohmeda, Helsinki, Finlândia); o peso corpóreo medido por intermédio de uma balança digital acoplada no leito do paciente; a altura através de uma trena ultrassônica digital (8 YV, modelo WM – 200B, China).

Parâmetros respiratórios obtidos através do programa *Vent View* do ventilador mecânico Dräger Evita XL (Lübeck, Alemanha): frequência respiratória, volume corrente, fração inspirada de oxigênio, Pressão inspiratória Máxima (Pimáx), Pressão de oclusão nos primeiros 100 milissegundos da inspiração (P0,1), índice de

respiração rápida e superficial tanto durante a ventilação mecânica quanto em ventilação espontânea o qual foi medido através do ventilômetro de Wright®.

A frequência cardíaca, pressão arterial e saturação periférica de oxigênio foram gravadas através do monitor Dixtal DX-2020 (parâmetros respiratórios e sinais vitais foram obtidos durante todos os testes de respiração espontânea; gasometria do dia; a causa do início do suporte ventilatório; duração da ventilação mecânica e o diâmetro do tubo endotraqueal).

3.4 Análise Estatística

A descrição do conjunto de dados foi realizada por intermédio de tabelas e figuras contendo valores expressos em média, desvio-padrão, mediana, valores mínimos e máximos. Utilizou-se modelo linear generalizado para análise das variáveis dependentes e valores estimados da média das diferenças de cada efeito.

Sendo que os efeitos estão relacionados às diferenças dos valores em relação aos tratamentos, as sequências e aos períodos.

- Os tratamentos:

Tratamento 1 (T1): Referente ao teste de respiração espontânea com a Compensação Automática do Tubo (ATC).

Tratamento 2 (T2): Referente ao teste sem a compensação automática do tubo (sem ATC).

- As sequências/grupos:

Sequência/grupo 1 (G1): Relacionada a sequência de iniciar o teste com a compensação automática do tubo e finalizar sem a compensação (Grupo1).

Sequência/grupo 2 (G2): Relacionada a sequência de iniciar o teste sem a compensação automática do tubo e finalizar com a compensação (Grupo2).

- Os períodos:

Período 1 (P1): Relacionado ao momento da aplicação do primeiro tratamento.

Período 2 (P2): Relacionado ao momento de aplicação do segundo tratamento.

As diferenças foram calculadas subtraindo o valor no primeiro momento de intervenção menos o valor no segundo momento. Para saber se a significância das diferenças se utilizou o intervalo de confiança. Quando o intervalo conteve o valor zero, não houve evidências de diferenças entre os efeitos, caso contrário, quando o intervalo não conteve o valor zero, existiu evidência de diferenças entre eles. Então, quando clinicamente esta diferença for pequena, pode-se dizer que ela não é significativa. O valor p foi utilizado para identificar se houve ou não efeito do tratamento, da sequência e do período. Quando o valor do tratamento, da sequência e do período não for menor que 0,05 pode-se dizer que não existe efeito do tratamento, ou seja os efeitos não se diferem. O cálculo da amostra foi baseado em trabalhos anteriores com a mesma metodologia, Dos Santos et al. (2011) compararam o gasto energético durante a ventilação com pressão suporte e tubo T, com quarenta pacientes e encontraram diferenças entre os métodos, Oczenski et al. (2002) também compararam o consumo de oxigênio durante testes de respiração espontânea, porém, com um tamanho amostral de 21 pacientes e não encontraram diferenças entre os testes. Sendo assim, justificou-se o tamanho amostral com 40 participantes.

Os softwares utilizados foram: R version 3.0.1 (2013-05-16), The R Foundation for Statistical Computing (Viena, Áustria) e SAS version 9.00 (Cary, NC, EUA).

Este estudo seguiu os princípios de “boas práticas de pesquisa clínica” e as diretrizes éticas emanadas da Resolução 196 do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 1996), sendo executado após a aprovação pelo comitê de ética em pesquisa nº 10872/2011 e registrado no site clinicaltrials.gov: NCT01757093.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização dos pacientes

Durante o período de julho de 2012 a setembro de 2013 cinquenta e nove pacientes apresentaram critérios de inclusão. Destes, dezenove foram excluídos antes de iniciar o protocolo sendo que seis devido à presença de drenos torácicos, fístulas e vazamentos, três devido ao não consentimento do familiar em participar da pesquisa, quatro por apresentarem o índice de respiração rápida e superficial maior que 105 ciclos/min/L e seis por agitação psicomotora. Entretanto cinco pacientes também foram excluídos, porém, após iniciarem o estudo: todos por falha durante o teste de respiração espontânea, sendo quatro do grupo 1. Foram, então, alocados no estudo 35 pacientes, conforme pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4 - Representação esquemática da população do estudo de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. IRRS: Índice de respiração rápida e superficial; TRE: Teste de respiração espontânea; G1- Grupo 1; G2- Grupo 2.

Dos trinta e cinco pacientes participantes, a maioria representava o sexo masculino (51%). A idade média de idade da amostra foi de $61,4 \pm 16,1$ anos, a média e desvio padrão do APACHE II e SAPS III observados foram de $24,6 \pm 8,4$ e $67,7 \pm 22$, respectivamente. A mortalidade no CTI foi de 15%, sendo que a hospitalar de 42,5%. O tempo de internação no CTI foi de $14,1 \pm 8,2$ dias e de hospitalização de $78 \pm 70,7$. A razão para iniciar a Ventilação Mecânica (VM) foram: vinte quatro por Insuficiência Respiratória Aguda (IRpA), sete devido ao choque séptico, dois por Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), um por encefalopatia hepática e um por acidente vascular encefálico. As causas da insuficiência respiratória aguda foram: pneumonia (11), pós-operatório (7), edema agudo pulmonar (3), sepse (2), parada cardiorrespiratória (1). Os diagnósticos principais durante a admissão foram

de choque séptico, insuficiência respiratória, pós operatório, acidente vascular encefálico e outros, sendo observados na tabela 1.

Tabela 1 - Características demográficas dos pacientes participantes do estudo.

Variáveis	Valores
Sexo	
Homens, n (%)	18 (51)
Mulheres, n (%)	17 (49)
Idade (Média±dp)	61,4±16,1
APACHE II (Média±dp)	24,6±8,4
SAPS III (Média±dp)	67,7±22
Mortalidade CTI, n (%)	6(15)
Mortalidade hospitalar	17 (42,5)
Tempo de internação no CTI	14,1±8,2
Tempo de hospitalização	78±70,71
Razão para iniciar VM	
IRpA, n (%)	24 (68%)
Choque séptico, n (%)	7 (20%)
DPOC, n (%)	2 (6%)
Encefalopatia hepática, n (%)	1 (3%)
Acidente vascular encefálico, n (%)	1 (3%)
Causa da IrpA	
Pneumonia, n (%)	11 (46%)
Pós-operatório, n (%)	7 (29%)
Edema agudo pulmonar, n (%)	3 (12,5%)
Sepse, n (%)	2 (8,4%)
Parada Cardiorrespiratória, n (%)	1 (4,1%)
Diagnóstico de admissão	
Choque séptico, n (%)	11 (31)
Insuficiência respiratória, n (%)	11 (31)
Pós-operatório, n (%)	9 (26)
Acidente vascular encefálico, n (%)	1 (3)
Outros, n (%)	3 (9)

Definição das abreviações: desvio padrão (dp); *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II* (APACHE II); *Simplified Acute Physiology Score III* (SAPS III) Centro de terapia intensiva (CTI); Ventilação Mecânica (VM); Insuficiência Respiratória Aguda (IRpA); Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC).

Os valores do Consumo de Oxigênio (VO_2), Gasto Energético (GE), Produção de Gás Carbônico (VCO_2) e Quociente Respiratório (QR) estão expressos nas tabelas de número 2 a 5 e figura 5 através dos valores mínimos e máximos, das medianas, médias e desvios padrão para cada grupo, durante a medida realizada no período basal, primeiro e segundo tratamento, de acordo com o delineado do estudo na figura 3 (métodos).

Na tabela 2 estão contidos os valores do consumo de oxigênio dos pacientes. No grupo 1 os valores mínimos foram 85; 111 e 129, os máximos foram 249; 249 e 268, as médias e desvios padrão de $196,9 \pm 56$; $201,4 \pm 51,6$ e $206,6 \pm 51,9$, as medianas foram de 200; 199,5 e 200,5, relacionados ao período basal, com a Compensação Automática do Tubo (ATC) e sem a ATC respectivamente. No grupo 2 os valores mínimos foram 75; 85 e 95, os máximos foram 295; 302 e 305, as médias e desvios padrão de $187,4 \pm 43,4$; $197,5 \pm 39,4$; $199,4 \pm 38,6$, as medianas de 186; 189 e 208, relacionadas ao período basal, sem ATC e com ATC respectivamente, todos os valores estão expressos em $mL.kg^{-1}.min^{-1}$.

Tabela 2- Medidas descritivas do consumo de oxigênio.

Períodos	Mínimo*	Mediana*	Média*	Máximo*	Desvio padrão*
Grupo 1					
Basal	85	200	196,9	249	56,0
1º tratamento ATC	111	199,5	201,4	249	51,6
2º tratamento sem ATC	129	200,5	206,6	268	51,9
Grupo 2					
Basal	75	186	187,4	295	43,4
1º tratamento sem ATC	85	189	197,5	302	39,4
2º tratamento ATC	95	208	199,4	305	38,6

* $mL.Kg^{-1}.min^{-1}$

A tabela 3 contém dados do gasto energético. No grupo 1 os valores mínimos foram 620; 790 e 900, os máximos de 1650; 1690 e 1800, as medianas de 1355; 1345 e 1345 com médias e desvios padrão de 1331 ± 334 ; $1359 \pm 322,4$ e $1387 \pm 315,3$, referentes aos períodos: basal, ATC e sem ATC respectivamente. No grupo 2 os

valores mínimos foram de 540; 600 e 660, máximos são de 1960; 2000 e 2020. As medianas dos valores foram 1230; 1260 e 1390, as médias e desvios padrão foram $1281 \pm 271,5$; $1330 \pm 247,7$ e $1347 \pm 241,6$, referentes aos períodos: basal, sem ATC e com ATC respectivamente. Todos os valores estão expressos em kcal/d⁻¹.

Tabela 3- Medidas descritivas do gasto energético.

Períodos	Mínimo*	Mediana*	Média*	Máximo*	Desvio padrão*
Grupo 1					
Basal	620	1355	1331	1650	334,0
1º tratamento ATC	790	1345	1359	1690	322,4
2º tratamento sem ATC	900	1345	1387	1800	315,3
Grupo 2					
Basal	540	1230	1281	1960	271,5
1º tratamento sem ATC	600	1260	1330	2000	247,7
2º tratamento ATC	660	1390	1347	2020	241,6

*kcal/d⁻¹

As medidas da produção de gás carbônico do grupo 1 e 2 estão detalhadas na tabela 4. Os valores mínimos do grupo 1 foram 105; 118 e 120, as medianas de 151; 154 e 152, as médias e desvios-padrão de $155,8 \pm 26,9$; $156,4 \pm 27,3$ e $157,1 \pm 27,5$; os máximos de 200; 197 e 196 nos períodos basal, com ATC e sem ATC respectivamente. No grupo 2 os valores mínimos foram de 88; 91 e 94, as medianas de 152; 150 e 155, as médias e desvios padrão de $152,1 \pm 23,9$; $153,9 \pm 22,2$ e $155,3 \pm 21,8$, os máximos foram de 207; 208 e 209, no basal, primeiro e segundo tratamento respectivamente. Todos os valores estão expressos em mL.Kg⁻¹.min⁻¹.

Tabela 4- Medidas descritivas da produção de gás carbônico

Períodos	Mínimo*	Mediana*	Média*	Máximo*	Desvio-padrão*
Grupo 1					
Basal	105	151	155,8	200	26,9
1º tratamento ATC	118	154	156,4	197	27,3
2º tratamento sem ATC	120	152,5	157,1	196	27,5
Grupo 2					
Basal	88	152	152,1	207	23,91
1º tratamento sem ATC	91	150	153,9	208	22,29
2º tratamento ATC	94	155	155,3	209	21,85

*mL.Kg⁻¹.min⁻¹

Os valores do quociente respiratório no grupo 1, os valores mínimos foram 0,6 para todos os períodos, os valores máximos foram 1,2 para os períodos: basal e ATC; 1,1 para o período sem ATC, as medianas de 0,7 para todos os períodos e médias e desvios padrão de $0,8 \pm 0,1$ para os períodos: basal e ATC e $0,7 \pm 0,1$ para o período sem ATC. No grupo 2 os valores mínimos foram de 0,6 para todos os períodos, máximos de 1,6; 1,2 e 1,1 para os períodos: basal, sem ATC e com ATC respectivamente, medianas de 0,7 para todos os períodos, com médias e desvios padrões de $0,8 \pm 0,2$ para o período basal; $0,8 \pm 0,1$ para o período sem ATC e $0,7 \pm 0,1$ para o período com ATC, sendo expressos através da tabela 5.

Tabela 5- Medidas descritivas do quociente respiratório

Períodos	Mínimo	Mediana	Média	Máximo	Desvio-padrão
<i>Grupo 1</i>					
Basal	0,6	0,7	0,8	1,2	0,1
1º tratamento ATC	0,6	0,7	0,8	1,2	0,1
2º tratamento sem ATC	0,6	0,7	0,7	1,1	0,1
<i>Grupo 2</i>					
Basal	0,6	0,7	0,8	1,6	0,2
1º tratamento sem ATC	0,6	0,7	0,8	1,2	0,1
2º tratamento ATC	0,6	0,7	0,7	1,1	0,1

A figura 5 demonstra o VO_2 , GE, VCO_2 e o QR em ambos os grupos, representados pelo primeiro, segundo e terceiro interquartil e valores extremos, sendo que os círculos representam dados atípicos dos restantes, nos períodos basal, ATC, sem ATC .

Figura 5 - Representação gráfica da mediana, do quartil inferior e superior e do intervalo interquartil do VO_2 , GE, VCO_2 e QR no basal, com e sem ATC.

4.2 Diferenças de cada efeito: tratamento, sequência e período.

As diferenças de cada efeito: tratamento, sequência e período do consumo de oxigênio estão expressos na tabela 6. A diferença entre o tratamento 1 (ATC) e o 2 (sem ATC) foi de $-1,6 \text{ mL.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$; $p=0,23$ e intervalo de confiança de 95%: $(-4,36; 1,07)$. O efeito da sequência apresentou a diferença de $5,4 \text{ mL.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$; $p=0,73$ e intervalo de confiança de 95%: $(-26,44; 37,43)$. O efeito do período teve como valor uma diferença de $-3,5 \text{ mL.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$; $p=0,01$ e intervalo de confiança de 95% de: $(-6,25; -0,82)$.

Tabela 6- Valores estimados para as diferenças de cada efeito de VO₂ com intervalo de confiança 95%.

Efeito	Diferença*	Estimado**	Valor p	Intervalo de Confiança 95%
Tratamento	T1 – T2	-1,6	0,23	[-4,36 ; 1,07]
Sequência / Grupo	G1 – G2	5,4	0,73	[-26,44 ; 37,43]
Período	P1 - P2	-3,5	0,01	[-6,25 ; -0,82]

***T1, T2**- Referente ao teste de respiração espontânea com e sem a compensação automática do tubo (ATC) respectivamente. **G1, G2**- Referente a sequência de iniciar o teste com ATC e finalizar sem ATC (Grupo1) e a sequência de iniciar o teste sem ATC e finalizar com ATC (Grupo2), respectivamente. **P1, P2**- Relacionado ao momento da aplicação do primeiro tratamento e do segundo tratamento respectivamente. ** Valores expressos em mL.Kg⁻¹.min⁻¹.

Ao analisar a diferença do gasto energético no tratamento, obteve um valor estimado de -5,4 kcal/d⁻¹; p=0,5 e intervalo de confiança de 95%:(-21,67; 10,79). Em relação ao efeito sequência observou-se uma diferença de 34,0 kcal/d⁻¹, p=0,728 e intervalo de confiança de 95%: (-163,79 ; 231,93). No cálculo relacionado ao período a diferença entre ambos foi de -22,8 kcal/d⁻¹; p=0,007 e intervalo de confiança de 95%: (-39,04; -6,58), esses valores podem ser observados na tabela 7.

Tabela 7 - Valores estimados para as diferenças de cada efeito de GE com intervalo de confiança 95%.

Efeito	Diferença*	Estimado**	Valor p	Intervalo de Confiança 95%
Tratamento	T1 – T2	-5,4	0,500	[-21,67 ; 10,79]
Sequência / Grupo	G1 – G2	34,0	0,728	[-163,79 ; 231,93]
Período	P1 - P2	-22,8	0,007	[-39,04 ; -6,58]

** valores expressos em kcal/d⁻¹.

Os valores estimados para as diferenças relacionadas a produção de gás carbônico podem ser observados através da tabela 8. Sendo que os valores das diferenças são de 0,3; 2,1 e -1,0 mL.Kg⁻¹.min⁻¹; p=0,82; 0,82 e 0,45 e intervalos de confiança de 95%: (-2,49 ; 3,11); (-15,30 ; 19,64) e (-3,86 ; 1,74) no efeito tratamento, sequência e período respectivamente.

Tabela 8 - Valores estimados para as diferenças de cada efeito de VCO_2 com intervalo de confiança 95%.

Efeito	Diferença*	Estimado**	Valor p	Intervalo de Confiança 95%
Tratamento	T1 – T2	0,3	0,82	[-2,49 ; 3,11]
Sequência / Grupo	G1 – G2	2,1	0,82	[-15,30 ; 19,64]
Período	P1 - P2	-1,0	0,45	[-3,86 ; 1,74]

** valores expressos em $mL.Kg^{-1}.min^{-1}$.

A diferença do quociente respiratório entre os dois tratamentos foi de -0,004, $p=0,63$ e intervalo de confiança de 95%:(-0,01 ; 0,02). Entre as sequências foram de -0,007 com $p=0,88$ e intervalo de confiança de 95%: (-0,11 ; 0,09). Em relação aos períodos obtiveram um valor estimado da diferença de 0,023, $p=0,02$ e intervalo de confiança de 95%: (0; 0,04) expressos na tabela 9.

Tabela 9 - Valores estimados para as diferenças de cada efeito de QR com intervalo de confiança 95%.

Efeito	Diferença	Estimado	Valor p	Intervalo de Confiança 95%
Tratamento	T1 – T2	0,004	0,63	[-0,01 ; 0,02]
Sequência / Grupo	G1 – G2	-0,007	0,88	[-0,11 ; 0,09]
Período	P1 - P2	0,023	0,02	[0 ; 0,04]

5 DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi comparar o consumo de oxigênio e o gasto energético obtidos pela calorimetria indireta durante os testes de respiração espontânea, em Pressão Positiva Contínua em Vias Aéreas (CPAP) com a utilização da Compensação Automática do Tubo (ATC) e sem. No entanto, na literatura há uma escassez de trabalhos que compararam modos ventilatórios de desmame os quais utilizaram a calorimetria indireta. Semelhante ao presente trabalho, Dos Santos et al. em 2010 também compararam o gasto energético, durante o desmame da ventilação mecânica. Quarenta pacientes foram randomizados em dois grupos, sendo que no primeiro iniciaram o desmame em Ventilação com Pressão Suporte (PSV) e finalizaram em tubo T e no segundo grupo foi realizado o inverso, iniciaram em Tubo T e finalizaram em PSV. O gasto energético encontrado foi 14,4% maior em tubo T do que em PSV, diferentemente do presente estudo que não apresentou diferenças quando se comparou o gasto energético.

Em outro estudo com a utilização da calorimetria indireta, avaliaram vinte e um pacientes pós-cirúrgicos cardíacos sem alterações pulmonares que foram ventilados em Ventilação com Pressão Suporte (PSV), Pressão Positiva Contínua nas Vias Aéreas (CPAP) com e sem a Compensação Automática do Tubo (ATC) em ordem randômica. Compararam-se os modos através das variáveis obtidas pelo calorímetro. O consumo de oxigênio encontrado foi de 170 ± 29 vs 170 ± 26 vs 174 ± 29 mL.min.m² em ATC, PSV e CPAP sem ATC respectivamente. Assim como no presente estudo também não foram observadas diferenças em relação ao consumo de oxigênio. Os autores concluíram que pacientes os quais foram submetidos à cirurgia cardíaca apresentam uma demanda ventilatória normal e não necessitam de uma compensação ventilatória durante a fase de descontinuação da ventilação mecânica (OCZENSKI et al. 2002).

Porém no presente estudo foram comparados os valores do consumo de oxigênio, gasto energético, produção de gás carbônico e quociente respiratório não apenas entre os modos, mas sim também entre os grupos e os períodos, com intuito de verificar se estes efeitos interferiam na comparação entre os testes de respiração espontânea com ATC e sem ATC. As diferenças encontradas foram em relação aos

valores do consumo de oxigênio e do gasto energético durante a comparação entre os períodos, ou seja, no primeiro e segundo momento de aplicação dos testes. Entretanto estes valores não representam relevância clínica, uma diferença de apenas 3,5 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ e 22,8 kcal/d⁻¹ do consumo de oxigênio e do gasto energético respectivamente.

Entretanto, a maioria dos estudos com a compensação automática do tubo, até o presente momento, não utilizaram a calorimetria indireta. Estes avaliaram variáveis respiratórias, hemodinâmicas e gases sanguíneos. Como o estudo de um grupo de pesquisadores de Israel, em um ensaio randomizado e controlado, avaliaram 99 pacientes com o objetivo de verificar se essa compensação poderia minimizar o trabalho respiratório durante o desmame. Os modos estudados foram iguais ao presente trabalho, Pressão Positiva Contínua em Vias Aéreas (CPAP) com e sem a compensação automática do tubo, como resultado encontraram uma tendência de mais pacientes os quais a compensação automática foi empregada a tolerarem os testes de respiração espontânea e obtiveram mais sucesso de extubação 82% vs 65%, $p=0,04$, do que apenas em Pressão Positiva Contínua nas Vias aéreas (CPAP) sem a compensação automática do tubo. Sendo assim, sugeriram que o uso da compensação pode ser um teste útil durante o processo pré extubação (COHEN et al., 2006).

Em 2009 este grupo realizou outro estudo com o intuito de avaliar a compensação automática do tubo como preditor de desmame, compararam Pressão Positiva Contínua em Vias Aéreas com o uso da compensação (CPAP-ATC) de cinco cmH₂O, com Ventilação com Pressão Suporte (PSV) de sete cmH₂O e puderam observar que o índice de respiração rápida e superficial realizado com o uso da compensação foi considerado um bom preditor da liberação da ventilação mecânica, quando comparado com o outro modo estudado. A conclusão desse estudo demonstrou que a compensação automática do tubo aumentou significativamente o valor preditivo do índice avaliado (COHEN et al. 2009).

Haberthür et al. também comparam a compensação automática do tubo porém com o tubo T e Ventilação com Pressão Suporte (PSV), foram incluídos 90 pacientes os quais eram submetidos a um destes testes de respiração espontânea, foram avaliadas variáveis respiratórias e o desfecho do desmame como: sucesso ou insucesso de extubação ou considerado não extubável. Entretanto, assim como no

presente estudo, não foram encontradas diferenças significativas entre os modos. Porém, vale ressaltar que a metade dos pacientes que falharam durante o teste em tubo T e em Ventilação com Pressão Suporte (PSV) obtiveram sucesso quando utilizaram a compensação automática do tubo e entre os pacientes submetidos ao teste com a compensação automática apenas um apresentou falha durante o procedimento, sendo que este também falhou durante os outros dois testes em tubo T e Ventilação com Pressão Suporte (PSV). Sendo assim, os autores concluíram que a compensação automática do tubo pode ser utilizada durante o final do desmame (HABERTHÜR et al., 2002).

Em 2010 avaliaram a eficácia, dos mesmos modos utilizados no presente estudo: Pressão Positiva Contínua em Vias Aéreas (CPAP) com e sem a compensação automática do tubo (ATC), em pontuar os pacientes aptos para extubação. Foram randomizados 118 pacientes, não sendo encontradas diferenças significativas em relação à duração do desmame e taxa de insucesso de extubação ou duração da ventilação mecânica. Concluiu-se que a ATC foi segura, porém não acelerou o tempo de desmame quando comparado ao CPAP sem ATC (FIGUEROA-CASAS 2010).

Cabello et al (2010) compararam três modos de teste de respiração espontânea em pacientes considerados como difíceis de serem desmamados. Estes autores utilizaram, em ordem randômica, Ventilação com Pressão Suporte (PSV) com ou sem Pressão Positiva no Final da Expiração (PEEP) e tubo T. Catorze pacientes que falharam no teste com tubo T, foram avaliados através das variáveis hemodinâmicas, respiratórias e através do esforço do paciente. Os participantes durante o teste em tubo T apresentaram maior esforço e maior pressão de oclusão da artéria pulmonar quando comparados com os pacientes durante os outros dois modos, os autores alertaram ainda sobre o cuidado ao escolher o modo do teste de respiração espontânea, tornando-se necessário a adequação para cada paciente.

Tendo em vista esta adequação, a compensação automática do tubo foi utilizada neste presente estudo, pois sabe-se que o diâmetro do tubo endotraqueal apresenta um impacto significativo durante o desmame (MEHTA et al., 2010) e este recurso oferece um método para compensar essa resistência imposta, atuando através da compensação da queda de pressão não linear fluxo dependente que ocorre no tubo durante a respiração (HABERTHÜR et al. 2002).

Outros estudos também utilizaram a calorimetria indireta durante o desmame, porém diferentemente deste estudo, com o intuito de obter o consumo de oxigênio e o custo de oxigênio da respiração como preditor de falência durante a diminuição do suporte ventilatório. Duzentos e oito testes de desmame foram avaliados e os autores puderam concluir que a mensuração do custo de oxigênio da respiração foi benéfica para evitar uma carga excessiva aos músculos respiratórios e a monitorização do consumo de oxigênio foi útil durante a redução dos parâmetros durante o desmame ventilatório. Por outro lado, o custo de oxigênio da respiração foi analisado em 2007 em um estudo com trinta pacientes aptos a serem submetidos ao desmame, porém os autores concluíram que esta variável não apresenta utilidade clínica como preditor de desmame (RAURICH; IBÁÑEZ, 2007).

Uyar et al. em 2005, semelhante ao trabalho citado anteriormente, também avaliaram o custo de oxigênio da respiração e variáveis metabólicas, contudo entre os modos Ventilação com Pressão Suporte (PSV) e Ventilação por Liberação de Pressão nas Vias Aéreas (APRV). A calorimetria indireta foi utilizada, também, para analisar o consumo de oxigênio, gasto energético, produção de gás carbônico e o quociente respiratório. Os resultados não diferiram entre os modos e concluíram que ambos não apresentam diferenças em termos metabólicos.

A calorimetria indireta também foi objeto de estudo em uma pesquisa a qual comparou Ventilação com Pressão Suporte (PSV) com Ventilação com Pressão Positiva Bifásica nas Vias Aéreas (BIPAP), o modelo do estudo foi o mesmo utilizado neste estudo, randomizado tipo *crossover*, vinte pacientes iniciavam tanto em PSV quanto em BIPAP. Nenhuma das variáveis metabólicas obtidas pelo calorímetro apresentou diferenças entre os modos em questão, assim como no presente estudo e concluíram que ambos podem ser utilizados para o desmame gradual do ventilador (STAUDINGER et al., 1998).

A duração dos testes de respiração espontânea citados variou de 30 a 120 minutos, no presente estudo foi de 30 minutos, pois de acordo com um estudo multicêntrico prospectivo com 526 pacientes em desmame, o qual comparou os desfechos de desmame após testes de 30 minutos e de 120 minutos. Os resultados foram parecidos entre os grupos, não havendo diferença de acordo com duração do teste (ESTEBAN et al., 1999). Além disso, o tempo gasto durante o teste de respiração espontânea também se justifica pelo estudo de Smyrnios, Curley e

Shaker (1997) o qual avaliaram a acurácia de 30 minutos de calorimetria indireta em prever 24 horas do gasto energético. Esses autores compararam 30 minutos com 24 horas do procedimento e de acordo com os resultados concluíram que 30 minutos de medição são suficientes para prever o gasto energético de 24 horas, sobretudo se o procedimento for efetuado entre 11 e 15 horas.

Oczenski et al (2002) e Dos Santos et al., (2010) também consideraram 30 minutos tanto para o teste de respiração espontânea quanto para o período de *wash-out*, assim como em um trabalho anterior do presente grupo o qual objetivou avaliar o efeito de alterações imediatas do volume minuto no consumo de oxigênio e gasto energético. Os pacientes foram submetidos a três mensurações consecutivas da calorimetria indireta de 45 minutos cada medida, sendo 30 minutos destinados à mensuração e 15 com o intuito de estabilização dos gases. Após as medidas um intervalo de 30 minutos de *wash-out* foi utilizado para não haver interferência das mudanças empregadas (CLAPIS et al., 2010).

Finalmente, o presente estudo reflete mais um esforço deste grupo de pesquisa em investigar os parâmetros mensurados pela calorimetria indireta nos pacientes em estado crítico em diversas situações clínicas, submetidos à ventilação mecânica, admitidos no nosso serviço.

Algumas limitações foram encontradas durante a realização deste trabalho. O tamanho da amostra e a heterogeneidade de patologias sugerem que outros estudos devam ser realizados com um maior número de pacientes, com populações mais homogêneas e que sejam realizados em pacientes que possam se beneficiar da compensação automática do tubo, como no caso de portadores de doenças obstrutivas crônicas, os quais já possuem um aumento da resistência de vias aéreas em seu estado basal, tendo em vista que o objetivo da aplicação desse recurso é minimizar o trabalho e resistência nas vias aéreas.

6 CONCLUSÃO

Não houve diferença na comparação do consumo de oxigênio e do gasto energético durante dos testes de respiração espontânea com e sem a utilização da compensação automática do tubo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, M.E. The determination of basal metabolism by estimation of the respiratory exchange (indirect calorimetry) as a clinical method in the diagnosis and treatment of hyperthyroid and hypothyroid states. **Can. Med. Assoc. J.**, Montreal, v. 11, n. 3, p. 217-220, Mar. 1921.

ABBOTT, M.E. The determination of basal metabolism by the "Respiratory-valve and spirometer method" of indirect calorimetry, with an observation on a case of polycythemia with splenomegaly. **Can. Med. Assoc. J.**, Montreal, v. 8, n. 6, p. 491-509, Jun. 1918.

ALÍA, I.; ESTEBAN, A. Weaning from mechanical ventilation. **Crit. Care**, London, v. 4, n. 2, p. 72-80, Feb. 2000.

ALVES, V.G.; DA ROCHA, E.E.; GONZALEZ, M.C.; DA FONSECA, R.B.; SILVA, M.H.; CHIESA, C.A. Assessement of resting energy expenditure of obese patients: comparison of indirect calorimetry with formulae. **Clin. Nutr.**, Scotland, v. 28, n. 3, p. 299-304, Jun. 2009.

AUXILIADORA-MARTINS, M.; COLETTTO, F.A.; CAMPOS, A.C.; BASILE-FILHO, A. Indirect calorimetry can be used to measure cardiac output in septic patients? **Acta Cir. Bras.**, v. 23, p. 118-125, São Paulo, 2008. Supplement 1.

AUXILIADORA-MARTINS, M.; MENEGUETI, M.G.; NICOLINI, E.A.; PICOLO, M.F.; LAGO, A.F.; MARTINS-FILHO, O.A.; BASILE-FILHO, A. Energy expenditure in critically ill surgical patients. Comparative analysis of predictive equation and indirect calorimetry. **Acta Cir. Bras.**, São Paulo, v. 26, p. 51-56, 2011. Supplement 2.

BASILE-FILHO, A.; AUXILIADORA-MARTINS, M.; BATISTON, M.A.; VINHA, P.P. Energy expenditure in septic patients: Correlation between indirect calorimetry and predictive equations derivated from hemodynamic data. **Rev. Bras. Ter. Intensiva**, São Paulo, v. 13, n. 3, p.101-107, 2003.

BELLANI, G.; FOTI, G.; SPAGNOLLI, E.; MILAN, M.; ZANELLA, A.; GRECO, M.; PATRONITI, N.; PESENTI, A. Increase of oxygen consumption during a progressive decrease of ventilator support is lower in patients failing the trial in comparison with those who succeed. **Anesthesiology**, Philadelphia, v. 113, n. 2, p. 378-385, Aug. 2010.

BOLES, J.M.; BION, J.; CONNORS, A.; HERRIDGE, M.; MARSH, B.; MELOT, C.; PEARL, R.; SILVERMAN, H.; STANCHINA, M.; VIEILLARD-BARON, A.; WELTE, T. Weaning from mechanical ventilation. **Eur. Respir. J.**, Copenhagen, v. 29, n. 5, p. 1033-1056, May. 2007.

BOULLATA, J.; WILLIAMS, J.; COTTRELL, F.; HUDSON, L.; COMPHER, C. Accurate determination of energy needs in hospitalized patients. **J. Am. Diet. Assoc.**, Chicago, v. 107, n. 3, p. 393-401, Mar. 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução 196**: sobre diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos. Brasília, 1996. 15 p.

BRANSON, R.D.; JOHANNIGMAN, J.A. The measurement of energy expenditure. **Nutr. Clin. Pract.**, Baltimore, v. 19, n. 6, p. 622-636, Dec. 2004.

CABELLO, B.; THILLE, A.W.; ROCHE-CAMPO, F.; BROCHARD, L.; GÓMEZ, F.J.; MANCEBO, J. Physiological comparison of three spontaneous breathing trials in difficult-to-wean patients. **Intensive Care Med.**, New York, v. 36, n. 7, p. 1171-1179, Jul., 2010.

CARVALHO, C.R.R.; TOUFEN JUNIOR, C.; FRANCA, S.A. III Consenso brasileiro de ventilação mecânica: princípios, análise gráfica e modalidades ventilatórias. **J. Bras. Pneumol.**, Brasília, v. 33, p. S 54- S 70, Jul-Ago.,2007.Suplemento 2.

CHELLURI, L.; IM, K.A.; BELLE, S.H.; SCHULZ, R.; ROTONDI, A.J.; DONAHOE, M.P.; SIRIO, C.A.; MENDELSON, A.B.; PINSKY, M.R. Long-term mortality and quality of life after prolonged mechanical ventilation. **Crit. Care Med.**, New York, v. 32, n. 1, p. 61-69, Jan. 2004.

CLAPIS, F.C.; AUXILIADORA-MARTINS, M.; JAPUR, C.C.; MARTINS-FILHO, O.A.; ÉVORA, P.R.; BASILE-FILHO, A. Mechanical ventilation mode (volume x pressure) does not change the variables obtained by indirect calorimetry in critically ill patients. **J. Crit. Care.**, Philadelphia, v. 25, n. 4, p. 659.e9-16, Dec. 2010.

COHEN, J.D.; SHAPIRO, M.; GROZOVSKI, E.; LEV, S.; FISHER, H.; SINGER, P. Extubation outcome following a spontaneous breathing trial with automatic tube compensation versus continuous positive airway pressure. **Crit. Care Med.**, New York, v. 34, n. 3, p. 682-686, Mar. 2006.

COHEN, J.; SHAPIRO, M.; GROZOVSKI, E.; FOX, B.; LEV, S.; SINGER, P. Prediction of extubation outcome: a randomised, controlled trial with automatic tube compensation vs. pressure support ventilation. **Crit. Care**, London, v. 13, n. 1, p.R21, 2009.

DA ROCHA, E.E.; ALVES, V.G.; DA FONSECA, R.B. Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application. **Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care**, London, v. 9, n. 3, p. 247-256, May. 2006.

DOS SANTOS, L.J.; HOFF, F.C.; CONDESSA, R.L.; KAUFMANN, M.L.; VIEIRA, S.R. Energy expenditure during weaning from mechanical ventilation: Is there any difference between pressure support and T-tube? **J. Crit. Care**, Philadelphia, v. 26, n. 1, p. 34-41, Feb. 2011.

EPSTEIN, S.K.; CIUBOTARU, R.L. Influence of gender and endotracheal tube size on preextubation breathing pattern. **Am. J. Respir. Crit. Care Med.**, New York, v.154, n. 6, p. 1647-1652, Dec. 1996.

ESTEBAN, A.; ALÍA, I.; GORDO, F.; FERNÁNDEZ, R.; SOLSONA, J.F.; VALLVERDÚ, I.; MACÍAS, S.; ALLEGUE, J.M.; BLANCO, J.; CARRIEDO, D.; LEÓN, M.; DE LA CAL, M.A.; TABOADA, F.; GONZALEZ DE VELASCO, J.; PALAZÓN, E.; CARRIZOSA, F.; TOMÁS, R.; SUAREZ, J.; GOLDWASSER, R.S. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with tube T or pressure support ventilation. **Am. J. Respir. Crit. Care Med.**, New York, v. 156, n. 2, p. 459-465, Aug. 1997.

ESTEBAN, A.; ALÍA, I.; TOBIN, M.J.; GIL, A.; GORDO, F.; VALLVERDÚ, I.; BLANCH, L.; BONET, A.; VÁZQUEZ, A.; DE PABLO, R.; TORRES, A.; DE LA CAL, M.A.; MACÍAS, S. Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. **Am. J. Respir. Crit. Care Med.**, New York, v. 159, n. 2, p. 512-518, Feb. 1999.

FIASTRO, J.F.; HABIB, M.P.; QUAN, S.F. Pressure support compensation for inspiratory work due to endotracheal tubes and demand continuous positive airway pressure. **Chest**, Chicago, v. 93, n. 3, p. 499-505, Mar. 1988.

FIGUEROA-CASAS, J.B.; MONTTOYA, R.; ARZABALA, A.; CONNERY, S.M. Comparison between automatic tube compensation and continuous positive airway pressure during spontaneous breathing trials. **Respir. Care**, Philadelphia, v. 55, n. 5, p. 549-554, May. 2010.

FLANCBAUM, L.; CHOBAN, P.S.; SAMBUCCO, S.; VERDUCCI, J.; BURGE, J.C. Comparison of indirect calorimetry, the Fick method, and prediction equations in estimating the energy requirements of critically ill patients. **Am. J. Clin. Nutr.**, Bethesda, v. 69, n. 3, p. 461-466, Mar. 1999.

FRUTOS-VIVAR, F.; ESTEBAN, A.; APEZTEGUIA, C.; GONZÁLEZ, M.; ARABI, Y.; RESTREPO, M.I.; GORDO, F.; SANTOS, C.; ALHASHEMI, J.A.; PÉREZ, F.; PEÑUELAS, O.; ANZUETO, A. Outcome of reintubated patients after scheduled extubation. **J. Crit. Care**, Philadelphia, v. 26, n. 5, p. 502-509, Oct. 2011.

FRUTOS-VIVAR, F.; FERGUSON, N.D.; ESTEBAN, A.; EPSTEIN, S.K.; ARABI, Y.; APEZTEGUÍA, C.; GONZÁLEZ, M.; HILL, N.S.; NAVA, S.; D'EMPAIRE, G.; ANZUETO, A. Risk factors for extubation failure in patients following a successful spontaneous breathing trial. **Chest**, Chicago, v. 130, n. 6, p. 1664-1671, Dec. 2006.

GOLDWASSER, R.; FREITAS, E.E.; SADDY, F.; AMADO, V.; OKAMOTO, V. III Consenso brasileiro de ventilação mecânica: desmame da ventilação mecânica. **J. Bras. Pneumol.**, Brasília, v. 33, p. S 128-S 136, 2007. Suplemento 2.

GUTTMANN, J.; BERNHARD, H.; MOLS, G.; BENZING, A.; HOFMANN, P.; HABERTHÜR, C.; ZAPPE, D.; FABRY, B.; GEIGER, K. Respiratory comfort of automatic tube compensation and inspiratory pressure support in conscious humans. **Intensive Care Med.**, New York, v. 23, n. 11, p. 1119-1124, Nov. 1997.

GUTTMANN, J.; EBERHARD, L.; FABRY, B.; BERTSCHMANN, W.; WOLFF, G.; Continuous calculation of intratracheal pressure in tracheally intubated patients. **Anesthesiology**, Philadelphia, v. 79, n. 3, p. 503-513, Sep. 1993.

GUTTMANN, J.; HABERTHÜR, C.; MOLS, G.; LICHTWARCK-ASCHOFF, M. Automatic tube compensation (ATC). **Minerva Anesthesiol.**, Torino, v. 68, n. 5, p. 369-377, May. 2002.

HABERTHÜR, C.; MOLS, G.; ELSASSER, S.; BINGISSER, R.; STOCKER, R.; GUTTMANN, J. Extubation after breathing trials with automatic tube compensation, T-tube, or pressure support ventilation. **Acta Anaesthesiol. Scand.**, Denmark, v. 46, n. 8, p. 973-979, Sep. 2002.

HAUGEN, H.A.; CHAN, L.N.; LI, F. Indirect calorimetry: A practical guide for clinicians. **Nutr. Clin. Pract.**, Baltimore, v. 22, n. 4, p. 377-388, Aug. 2007.

HESS, D.R. Ventilator used in weaning. **Chest**, Chicago, v. 120, p. 474S-476S, Dec. 2001. Supplement 6.

HEUNKS, L.M.; VAN DER HOEVEN, J.G.; Clinical review: The ABC of weaning. **Crit. Care**, London, v. 14, n. 6, p. 245, 2010.

HICKMANN, C.E.; ROESELER, J.; CASTANARES-ZAPATERO, D.; HERRERA, E.I.; MONGODIN, A.; LATERRE, P.F. Energy expenditure in the critically ill performing early physical therapy. **Intensive Care Med.**, New York, v. 40, n. 4, p. 548-555, Apr. 2014.

HOLLAND-FISCHER, P.; GREISEN, J.; GRØFTE, T.; JENSEN, T.S.; HANSEN, P.O.; VILSTRUP, H. Increased energy expenditure and glucose oxidation during acute nontraumatic skin pain in humans. **Eur. J. Anaesthesiol.**, Boston, v. 26, n. 4, p. 311-317, Apr. 2009.

JAPUR, C.C.; MONTEIRO, J.P.; MARCHINI, J.S.; GARCIA, R.W.; BASILE-FILHO, A. Can an adequate energy intake be able reverse the negative nitrogen balance in mechanically ventilated critically ill patients. **J. Crit. Care**, Philadelphia, v. 25, n. 3, p. 445-450, Sep. 2010.

JAPUR, C.C.; PENAFORTE, F.R.; CHIARELLO, P.G.; MONTEIRO, J.P.; VIEIRA, M.N.; BASILE-FILHO, A. Harris-Benedict equation for critically ill patients: Are there differences with indirect calorimetry? **J. Crit. Care**, Philadelphia, v. 24, n. 4, p. 628.e1-5, Dec. 2009.

KALANURIA, A.; ZAI, W.; MIRSKI, M. Ventilator-associated pneumonia in the ICU. **Crit. Care**, London, v. 18, n. 2, p. 208, Mar. 2014.

KIRVELÄ, O.A.; KANTO, J.H.; RÄTY, H.M.; IISALO, E. Anticholinergic drugs: effects on oxygen consumption and energy expenditure. **Anesth. Analg.**, Baltimore, v. 78, n. 5, p. 995-999, May. 1994.

KNAUS, W.A.; DRAPER, E.A.; WAGNER, D.P.; ZIMMERMAN, J.E. Apache II: a severity of disease classification system. **Crit. Care Med.**, New York, v. 13, n. 10, p. 818-829, Oct. 1985.

LEWIS, W.D.; CHWALS, W.; BENOTTI, P.N.; LAKSHMAN, K.; O'DONNELL, C.; BLACKBURN, G.L.; BISTRAN, B.R. Bedside assessment of the work of breathing. **Crit. Care Med.**, New York, v. 16, n. 2, p. 117-122, Feb. 1988.

LEV S, COHEN J, SINGER P. Indirect calorimetry measurements in the ventilated critically ill patient: facts and controversies--the heat is on. **Crit. Care Clin.**, Philadelphia, v. 26, n.4, p.e1-e9, Oct. 2010.

MACINTYRE, N. Discontinuing mechanical ventilator. **Chest**, Chicago, v. 132, n. 3, p. 1049-1056, Sep. 2007.

MACINTYRE, N.R.; COOK, D.J.; ELY JR, E.W.; EPSTEIN, S.K.; FINK, J.B.; HEFFNER, J.E.; HESS, D.; HUBMAYER, R.D.; SCHEINHORN, D.J.; AMERICAN COLLEGE OF CHEST PHYSICIANS; AMERICAN ASSOCIATION FOR RESPIRATORY CARE; AMERICAN COLLEGE OF CRITICAL CARE MEDICINE. Evidence-based guidelines for weaning and discontinuing ventilator 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**, Chicago, v. 120, p. 375S-95S, Dec. 2001. Supplement 6.

MEHTA, S.; HEFFER, M.J.; MAHAM, N.; NELSON, D.L.; KLINGER, J.R.; LEVY, M.M. Impact of endotracheal tube size on preextubation respiratory variables. **J. Crit. Care**, Philadelphia, v. 25, n. 3, p. 483-488, Sep. 2010.

METNITZ, P.G.; MORENO, R.P.; ALMEIDA, E.; JORDAN, B.; BAUER, P.; CAMPOS, R.A.; IAPICHINO, G.; EDBROOKE, D.; CAPUZZO, M.; LE GALL, J.R.; SAPS 3 INVESTIGATORS. SAPS 3-From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit. Part 1: Objectives, methods and cohort description. **Intensive Care Med.**, New York, v. 31, n. 10, p. 1336-1344, Oct. 2005.

MIWA, K.; MITSUOKA, M.; TAKAMORI, S.; HAYASHI, A.; SHIROUZU, K. Continuous monitoring of oxygen consumption in patients undergoing weaning from mechanical ventilation. **Respiration**, Basel, v. 70, n. 6, p. 623-630, Nov-Dec. 2003.

MOLINA-SALDARRIAGA, F.J.; FONSECA-RUIZ, N.J.; CUESTA-CASTRO, D.P.; ESTEBAN, A.; FRUTOS-VIVAR, F. Spontaneous breathing trial in chronic obstructive pulmonary disease: continuous positive airway pressure (CPAP) versus T-piece. **Med. Intensiva**, Madrid, v. 34, n. 7, p. 453-458, Oct. 2010.

MORENO, R.P.; METNITZ, P.G.; ALMEIDA, E.; JORDAN, B.; BAUER, P.; CAMPOS, R.A.; IAPICHINO, G.; EDBROOKE, D.; CAPUZZO, M.; LE GALL, J.R.; SAPS 3 INVESTIGATORS. SAPS 3-From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit. Part 2: Development of a prognostic model for hospital mortality at ICU admission. **Intensive Care Med.**, New York, v. 31, n. 10, p. 1345-1355, Oct. 2005.

NEMER, S.N.; BARBAS, C.S. Predictive parameters for weaning from mechanical ventilation. **J. Bras. Pneumol.**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 669-679, Sep-Oct. 2011.

OCZENSKI, W.; KEPKA, A.; KRENN, H.; FITZGERALD, R.D.; SCHWARZ, S.; HÖRMANN, C. Automatic tube compensation in patients after cardiac surgery: Effect on oxygen consumption and breathing pattern. **Crit. Care Med.**, New York, v. 30, n. 7, p. 1467-1471, Jul. 2002.

POWERS, S.K.; WIGGS, M.P.; SOLLANEK, K.J.; SMUDER, A.J. Ventilator-induced diaphragm dysfunction: cause and effect. **Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.**, Bethesda, v. 305, n. 5, p. 464-477, Sep. 2013.

RAURICH, J.M.; IBÁÑEZ, J. Oxygen cost of breathing in the prediction of successful weaning from mechanical ventilation. **Med. Intensiva**, Madrid v. 31, n. 4, p. 172-178, May. 2007.

SCHLEIN, K.M.; COULTER, S.P. Best practices for determining resting energy expenditure in critically ill adults. **Nutr. Clin. Pract.**, Baltimore, v. 29, n. 1, p. 44-55, Feb. 2014.

SINGER, P.; HIESMAYR, M.; BIOLO, G.; FELBINGER, T.W.; BERGER, M.M.; GOETERS, C.; KONDRUP, J.; WUNDER, C.; PICHARD, C. Pragmatic approach to nutrition in the ICU: expert opinion regarding which calorie protein target. **Clin. Nutr.**, Edinburgh, v. 33, n. 2, p. 246-251, Apr. 2014.

SMYRNIOS, N.A.; CURLEY, F.J.; SHAKER, K.G. Accuracy of 30-minute indirect calorimetry studies in predicting 24-hour energy expenditure in mechanically ventilated critically ill patients. **J. Parenter. Enteral. Nutr.**, Thorofare, v. 21, n. 3, p. 168-174, May-Jun. 1997.

STAUDINGER, T.; KORDOVA, H.; RÖGGLA, M.; TESINSKY, P.; LOCKER, G.J.; LACZIKA, K.; KNAPP, S.; FRASS, M. Comparison of oxygen cost of breathing with pressure-support ventilation and biphasic intermitente positive airway pressure ventilation. **Crit. Care Med.**, New York, v. 26, n. 9, p. 1518-1522, Sep. 1998.

SWINAMER, D.L.; PHANG, P.T.; JONES, R.L.; GRACE, M.; KING, E.G. Effect of routine administration of analgesia on energy expenditure in critically ill patients. **Chest**, Chicago, v. 93, n. 1, p. 4-10, Jan. 1988.

TERAO, Y.; MIURA, K.; SAITO, M.; SEKINO, M.; FUKUSAKI, M.; SUMIKAWA, K. Quantitative analysis of the relationship between sedation and resting energy

expenditure in postoperative patients. **Crit. Care Med.**, New York, v. 31, n. 3, p. 830-833, Mar. 2003.

UYAR, M.; DEMIRAG, K.; OLGUN, E.; CANKAYALI, I.; MORAL, A.R. Comparision of oxygen cost of breathing between pressure-support ventilation and airway pressure release ventilation. **Anaesth. Intensive Care**, Sydney v. 33, n. 2, p. 218-222, Apr. 2005.

WEIR, J.B. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. **J. Physiol.**, London, v.109, n.1-2, p. 1-9, Aug. 1949.

YANG, K.L.; TOBIN, M.J. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. **N. Engl. J. Med.**, Boston, v. 324, n. 21, p. 1445-1450, May. 1991.

ANEXOS

ANEXO A- Termo de consentimento livre e esclarecido

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO-HCFMUSP

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA E RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME: H.C.:
 DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : SEXO : .M ☐ F ☐
 DATA NASCIMENTO:/...../.....
 ENDEREÇO Nº APTO:
 BAIRRO: CIDADE
 CEP: TELEFONE: DDD (.....)
2. RESPONSÁVEL LEGAL
 NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.)
 DOCUMENTO DE IDENTIDADE : SEXO: M ☐ F ☐
 DATA NASCIMENTO:/...../.....
 ENDEREÇO: Nº APTO:
 BAIRRO: CIDADE:
 CEP: TELEFONE: DDD (.....)
-

DADOS SOBRE A PESQUISA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: Avaliação do consumo de oxigênio e do gasto energético durante o teste de respiração espontânea.
2. PESQUISADOR : ..Alessandra Fabiane Lago
 CARGO/FUNÇÃO: Fisioterapeuta CTI-Campus HCRP CREFITO: 3 131297 F
 UNIDADE DO HCFMUSP: CTI-Campus HCRP
3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:
RISCO MÍNIMO	X	RISCO MÉDIO	☐
RISCO BAIXO	☐	RISCO MAIOR	☐
4. DURAÇÃO DA PESQUISA : três horas

**HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO-HCFMUSP**

O (A) Senhor (a) está sendo convidado (a) a participar de um trabalho que avalia a quantidade de energia (gasto energético) que o corpo humano gasta e o quanto de oxigênio (consumo de oxigênio) o paciente precisa para manter a vida. Este estudo é realizado nos pacientes admitidos no Centro de Terapia Intensiva do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto.

Para isso, nós vamos utilizar um aparelho, que chama calorímetro. Esse aparelho é colocado ao lado do respirador para nos mostrar o gasto energético e o consumo de oxigênio e não causa nenhum prejuízo para o paciente, porque mede apenas o que ele está respirando, sem modificar o tratamento ou a sua rotina diária.

Caso o Senhor (a) aceite a participação do paciente neste trabalho, ele respirará em um modo que compensa a resistência do tubo, que está na boca, neste momento, será colocado o calorímetro, para vermos o gasto energético e o consumo de oxigênio. Depois, ele respirará sem esta compensação e mais uma vez será realizado a calorimetria. O objetivo desta pesquisa é saber qual o método de respiração que gasta menos a energia do paciente, enquanto ele precisar do tubo.

Não há benefício direto para o participante da pesquisa. Trata-se de estudo que irá analisar o Gasto Energético e o Consumo de oxigênio de vários pacientes que estão internados no centro de terapia intensiva e somente no final do estudo poderemos concluir a presença de algum benefício.

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de dúvidas. A principal investigadora é a Ft. Alessandra Fabiane Lago que pode ser encontrada no centro de terapia intensiva do HCRP 2º andar e Telefone: 3602-2439. Se você tiver alguma dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do HCRP e FMRP-USP (CEP) pelo telefone: (16) 3602 -2228 ou cep@hcrp.usp.br.

Você é livre para retirar a qualquer momento o consentimento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo em seu tratamento no Hospital das Clínicas. As informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros pacientes, não sendo divulgada a identificação de nenhum paciente. Você tem,

também, o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas.

Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo. Também não há compensação através de dinheiro por sua participação.

O pesquisador responsável se compromete a utilizar os dados coletados somente para esta pesquisa.

Acredito ter suficientemente informado a respeito das informações que li, ou que foram lidas para mim, podendo descrever o estudo.

Eu discuti com a Ft. Alessandra Fabiane Lago sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo e como ele será realizado, as garantias de confidencialidade e de informações permanentes. Ficou claro também que minha participação é sem despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem problemas, prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

Nome do paciente: _____

Assinatura: _____

Nome do responsável: _____

Assinatura: _____

Data: _____

Nome do pesquisador: _____

Assinatura: _____

Data: _____

ANEXO B- Aprovação do comitê de ética em pesquisa

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA
DE RIBEIRÃO PRETO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Ribeirão Preto, 27 de junho de 2012

Ofício nº 2325/2012
CEP/MGV

PROCESSO HCRP nº 10872/2011

Depto. de Cirurgia e Anatomia

Recebi Sandra

Data 27.6.12

Hora 10:00

Prezados Pesquisadores,

O Comitê de Ética em Pesquisa, em sua 348ª Reunião Ordinária realizada em 25/06/2012, analisou e aprovou a solicitação de emenda (alteração na metodologia do estudo clínico que passará a ser randomizado com grupos paralelos para randomizado com grupos cruzados – cross-over), bem como aprovou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido Versão 2.0, referente ao projeto intitulado **“AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE OXIGÊNIO E DO GASTO ENERGÉTICO DURANTE O TESTE DE RESPIRAÇÃO ESPONTÂNEA”**.

Atenciosamente.

DRª MARCIA GUIMARÃES VILLANOVA
Coordenadora do Comitê de Ética
em Pesquisa do HCRP e da FMRP-USP

Ilustríssimos Senhores

ALESSANDRA FABIANE LAGO
PROF. DR. ANÍBAL BASILE FILHO (Orientador)
Depto. de Cirurgia e Anatomia

Campus Universitário – Monte Alegre
14048-900 Ribeirão Preto SP

Comitê de Ética em Pesquisa do HCRP e FMRP-USP
FWA-00002733; IRB-00002186 e Registro SISNEP/CONEP nº 4
(016) 3602-2228
cep@hcrp.usp.br

www.hcrp.usp.br

ANEXO C- Modelo dos dados extraídos pela calorimetria indireta.

DELTATRAC Metabolic Monitor Prog. rev. 882123-2.2

PATIENT:

SEX male
 DATE OF BIRTH 28-Jul-56
 AGE 54 yr
 HEIGHT 171 cm
 WEIGHT 77 kg
 NITROGEN EXCRETION 13 g/24h
 BODY SURFACE AREA 1.89 m²
 BASAL METABOLIC RATE 1620 kcal/24h (H-B)
 1610 kcal/24h (Fleisch)

RESPIRATOR MODE ADULT

RESULTS IN STPD

ARTIFACT SUPPRESSION ON

GAS TEMPERATURE 29.9 C

AMBIENT PRESSURE 725 mmHg

MEASUREMENT STARTED 15:22 04-Dec-2010

TILL 15:54 04-Dec-2010

DURATION 00:32

ARTIFACTS AND

INTERRUPTS 00:02

CALIBRATIONS: AMB. CO₂ CO₂ MEAS./SET O₂ MEAS./SET
 04-Dec-2010 14:55 0.05 % 5.60 / 5.60 % 97.5 / 97.5 %

FLOW SETTING: ADULT 40.0 l/min

MEASUREMENT RESULTS:

	VC02 ml/min	V02 ml/min	RQ	EE kcal 24h	VE(BTPS) l/min
MEAN	200	241	0.83	1650	13.6
STANDARD	15	30	0.09	180	
DEVIATION	7.6 %	12.3 %	11.0 %	10.0 %	
(N = 30)					

DIFFERENCE FROM BASAL METABOLIC RATE: + 2 % (H-B)

NON-PROTEIN RQ 0.84

ENERGY SUBSTRATE UTILIZATIONS:

	g/24h	% OF TOTAL
CARBOHYDRATE	144	36.5
FAT	74	42.4
PROTEIN	81	21.2

ANEXO D- Modelo do *Vent View*

ANEXO E- Modelo de extração dos sinais vitais pelo monito

[illegible]