

AUTOMAÇÃO DA MEDIÇÃO DA PRESSÃO PULMONAR DE PACIENTES NA UNIDADE DE TRATAMENTO INTENSIVO

Fabricio Farias da Fontoura, Universidade La Salle, fabricio.fontoura@unilasalle.edu.br

Isadora Aronis Sodré, Universidade La Salle, Isadora.asodre@gmail.com

Charles Rech, Universidade La Salle, charles.rech@unilasalle.edu.br

Resumo. Neste trabalho é analisado o efeito do treinamento muscular inspiratório sobre a força muscular inspiratória de pacientes com traumatismo raquimedular agudo na unidade de tratamento intensivo (estudos de casos), utilizando um sistema automatização da medição da pressão pulmonar. Neste estudo é avaliado o comportamento da força muscular inspiratória (FMI) máxima antes e após um treinamento muscular inspiratório (TMI) em pacientes críticos com lesão medular incompleta sob ventilação mecânica invasiva VMI em um hospital da região metropolitana de Porto Alegre. Para a instrumentação da medição utilizou-se um sensor de pressão piezoelétrico linear ligado a um conversor A/D e monitorado via computador. Os resultados revelaram boa concordância com os valores esperados, visto que, para a avaliação do sistema digital de medição, utilizou-se um manovacuômetro analógico padrão e para calibração um manômetro de coluna inclinado. Os pacientes com lesão medular incompleta da presente amostra aumentaram a força muscular inspiratória ao longo de três semanas de treinamento muscular inspiratório.

Palavras chave: treinamento muscular inspiratório, medição digital da pressão pulmonar, força muscular inspiratória, músculos respiratórios.

1. INTRODUÇÃO

O TRM é um acometimento na medula espinhal podendo ser por trauma, processo patológico ou defeito congênito, sendo altamente incapacitante e abrangendo múltiplos sistemas. Pode ocasionar disfunções autonômicas, redução das capacidades cardíaca e respiratória, alterações neuromusculares, e também disfunções sensoriais. O nível de lesão em C3 - C5 tende a comprometer o nervo frênico levando a uma paralisia diafragmática total ou bilateral parcial, e, nesta situação, é acionado os músculos acessórios da respiração. A utilização dos músculos acessórios requer maior gasto energético, redução da expansão torácica e elevação epigástrica do diafragma. VALL, J et al. (2006).

Com o comprometimento muscular, há uma redução da capacidade residual funcional (CRF), da complacência e elasticidade pulmonar, aumento da frequência respiratória (FR) para manter a ventilação alveolar, maior acúmulo de secreções, e, também, desequilíbrios de ventilação/perfusão. NAVA S et al. (2002). A VMI expõe o indivíduo a efeitos adversos, como instabilidade hemodinâmica, maior frequência de infecções respiratórias e lesões físicas. Essas alterações estão relacionadas a uma maior morbidade, devido às repercussões sistêmicas que provocam, gerando um aumento dos custos da internação hospitalar, assim como uma maior mortalidade desses pacientes. DAMASCENO, M. P. C. D. et al. (2006).

O paciente submetido à VMI prolongada pode, a partir de 72 horas de iniciada a prótese ventilatória, começar a apresentar uma atrofia muscular respiratória por desuso, já que a mesma não propicia níveis de propriocepção que mantenha em desempenho ideal as fibras musculares. JANDT, S. R. et al. (2011) e BARBAS, C. S. V. et al. (2014). Alguns estudos investigaram a influência da força muscular inspiratória (FMI) na retirada do suporte ventilatório (desmame) da ventilação mecânica invasiva (VMI) em pacientes críticos. Um dos fatores de insucesso no desmame está correlacionado a fraqueza dos músculos respiratórios (FMR), dificultando a respiração espontânea de forma adequada. JOSÉ, A. et al. (2013).

A fisioterapia precoce e a mobilização devem ser realizadas nos pacientes em VMI e também durante o processo de retirada da ventilação. O treinamento muscular inspiratório (TMI) é aconselhado em pacientes que falharam no desmame, com o objetivo de elevar a força muscular inspiratória máxima e facilitar a retirada do suporte ventilatório. FRANÇA E; et al. (2012).

1. MÉTODO

A pesquisa se caracterizou por ser um estudo longitudinal e intervencionista (relatos de casos) em um hospital da região metropolitana de Porto Alegre. Foram incluídos no estudo pacientes com traumatismo raquimedular (C2-C3) em fase aguda, idade > 18 anos, em VMI por mais de 72 horas, estáveis hemodinamicamente, melhora da causa que levou o paciente à VM, presença de drive respiratório, sinais de boa perfusão tecidual, independência de vasopressores (doses baixas e estáveis foram toleráveis), equilíbrio ácido básico (percentual de hidrogênio (Ph) $\geq 7,3$), adequada troca gasosa ($\text{PaO}_2 > 60 \text{ mmHg}$ com $\text{FiO}_2 < 0,4$ ou cerca de 7 l/min de oxigênio (O_2) e pressão expiratória positiva final (PEEP) > 5 à 8 cmH_2O), que tenham assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) por um responsável.

Foram excluídos pacientes com hipertensão arterial sistêmica grave sem controle, pneumotórax, paralisia facial, redução do nível de consciência, presença de instabilidade hemodinâmica, com tempo menor que 24 horas de VMI. As

variáveis avaliadas foram à FMI através da desconexão do paciente do ventilador durante no máximo 40s onde o paciente foi conectado ao manovacuômetro digital MCF001 desenvolvido no laboratório engenharia mecânica da Universidade LaSalle, com uma válvula unidirecional (que só permitia a exalação) e realizou alguns esforços respiratórios para ser registrada a pressão de sucção, medindo a pressão inspiratória máxima platô (P_{Imáx}), conforme o método descrito por GUIMARÃES ET AL, (2007) O paciente foi posicionado em decúbito dorsal com cabeceira elevada a 45°, com a cabeça devidamente centralizada na linha média e após o procedimento de aspiração os pacientes permaneceram conectados ao ventilador por um minuto, com uma fração inspirada de oxigênio de 1,0 a fim de evitar queda de saturação durante o tempo de desconexão da ventilação mecânica e para realização do protocolo.

Foram realizadas três medidas onde o paciente realizou sucessivos esforços, com volumes pulmonares cada vez mais próximos do volume residual (VR), gerando pressões inspiratórias cada vez mais negativas. O intervalo entre cada medida foi de 2 minutos, onde o paciente retornava ao ventilador mecânico para repouso. O valor de P_{Imáx} platô foi considerado aquele maior valor atingido e mantido por 1 segundo, através do cálculo da área sobre a curva de sustentação com uma taxa de amostragem de 100HZ. As variáveis relativas à manovacuômetro digital foram expressas em cmH₂O. Antes de cada sessão de treinamento muscular inspiratório, os pacientes estavam posicionados na posição de Fowler de 45 graus de inclinação da cabeceira do leito e as variáveis cardiorrespiratórias como: FR, FC, pressão arterial sistólica e diastólica e saturação de oxihemoglobina foram registradas para garantir que os participantes não realizassem treinamento se fossem hemodinamicamente instáveis, definido como: frequência respiratória > 30 respirações / min, saturação de oxihemoglobina <90%, pressão arterial sistólica > 180 mmHg ou <90 mmHg, respiração paradoxal, agitação, taquicardia, hemoptise, arritmia ou diaforese.

Os dados de pressão foram adquiridos via software e posteriormente exportados para uma planilha para análise. Para o cálculo do platô da P_{Imáx} que foi considerado como a maior carga sustentada em 1 segundo de acordo com American Thoracic Society. Após a avaliação foi realizado o treinamento muscular inspiratório com carga de 40% da P_{Imáx} platô com três séries de 10 a 15 repetições através do equipamento de resistência linear Threshold® conectados a traqueostomia ou ao tubo orotraqueal, diariamente 5 vezes por semana, durante 3 semanas, com base no estudo de BARROS ET AL. (2010). Os critérios para interrupção do treino foram : em caso de alteração do nível de consciência, instabilidade hemodinâmica, intenso desconforto respiratório, agitação, sudorese, alteração do nível de consciência, mudanças excessivas na frequência cardíaca menor que 55 ou acima de 140 batimentos por minuto (bpm), pressão arterial sistólica maior que 180 mmHg ou menor que 90 mmHg, SpO₂ menor que 90%, frequência respiratória maior que 35 (ipm) inspirações por minuto. CONDESSA. L. R. et al. (2013). O risco de óbito e a gravidade da doença foi estratificado através do cálculo do índice prognóstico APACHE II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation). Este projeto foi executado de acordo com a resolução 466 de 12/12/2012 do Conselho Nacional de Saúde, sendo submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) 2.279.008 da Universidade LaSalle – Canoas.

2. INSTRUMENTAÇÃO

O sinal analógico do sensor foi digitalizado através de uma placa conversora A/D da *National Instruments*, modelo 6009. Os valores de tensão elétrica foram coletados e convertidos em pressão a partir da curva de calibração de sensor conforme Figura 1.

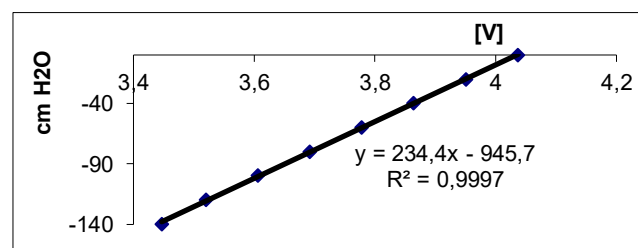


Figura 1 - Curva de calibração do sensor de pressão piezoeletrônico

A curva de calibração foi obtida através de um manômetro de coluna inclinada de resolução de 1 mm de coluna de água. Os dados foram adquiridos com uma taxa de aquisição de 100 Hz. Para o cálculo da incerteza da medição da pressão (menor que 1%), utilizou a técnica proposta por Kleine McKlintock (1953) e pode ser vista em Beckwith et al. (1993).

O sensor utilizado foi um MPX4115AP, Motorola, e dados principais, fornecidos pelo fabricante, estão na Tabela 1

Tabela 1. Dados fornecidos pelo fabricante do sensor

	valor	unidade
temperatura	-45 a 125	°C
Faixa operacional	15 a 115	kPa

incerteza	$\pm 1,5$	$\%V_{fss}$
sensibilidade	46	mV/kPa
Tempo de resposta	1	ms

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram incluídos dois pacientes (A masculino e B feminino), com idades de 52 e 68 anos, suporte ventilatório via tubo orotraqueal e traqueostomia, respectivamente. Na Tabela (1) é apresentado as características dos indivíduos. A paciente B apresentava um quadro de polineuropatia do doente crítico devido ao longo tempo de VM de 96 dias (intercalados períodos de oxigenoterapia) em comparação ao paciente B de 4 dias de VM com sucesso no desmame. O paciente A na fig.2,3 e 4 representação em gráfico é observado a prova de manovacuometria e na fig. 5,6 e 7 do paciente B. Os valores obtidos de PImáx dos dois pacientes em relação ao tempo de no máximo 40 s são apresentados na Tabela 3. A melhor medida avaliada da prova de manovacuometria é apresenta na Fig. 4 do paciente A e na Fig. 7 da paciente B. De acordo com os resultados obtidos após o treinamento muscular inspiratório e três avaliações, o paciente A conforme apresentado nas fig. 2,3 e 4 atingiu valores de pressão inspiratória máxima de -20 cmH₂O PImáx platô que não se mantiveram ao decorrer das avaliações. A primeira avaliação da paciente B conforme as Figs. 5,6 e 7 apresentou aumento crescente da FMR. Esta se encontrava em protocolo de desmame, os valores obtidos foram aumentando após os TMI e em cada avaliação conforme apresentado na Tabela2 (PImáx -21, -33 e -45 cmH₂O).

Tabela 2. Principais características dos pacientes avaliados.

Paciente	Sexo	Idade (anos)	Diagnóstico TRM	T.Int. (dias)	T. VM (dias)	Tipo de V.A	Modo ventilatório.	Apache II
A	M	52	C2-C3	4	4	TOT	VPS	12
B	F	68	C3-C4	96	96	TQT	VPS	12

T.Int: tempo de internação T.VM: tempo de ventilação mecânica, V.A: via aérea, APACHE: Acute Physiology and Chronic Health Evaluation

Tabela 3. Comparação PImáx platô e PImáx pico em relação aos pacientes desmamados ou não desmamados.

Paciente	1º Avaliação		2º Avaliação		3º Avaliação	
	PImáx	PImáx platô	PImáx	PImáx platô	PImáx	PImáx platô
A	29	20	19	15	24	16
B	24	21	35	33	48	46

Aval: Avaliação; PImáx: pressão inspiratória máxima platô; PImáx: pressão inspiratória máxima pico.

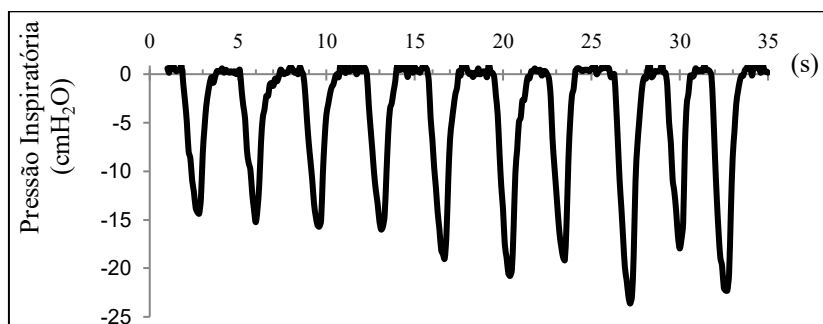


Figura 2 – Avaliações da PImáx por meio de um manovacuômetro digital. Paciente A mostrando 1º mensuração com valores negativos.

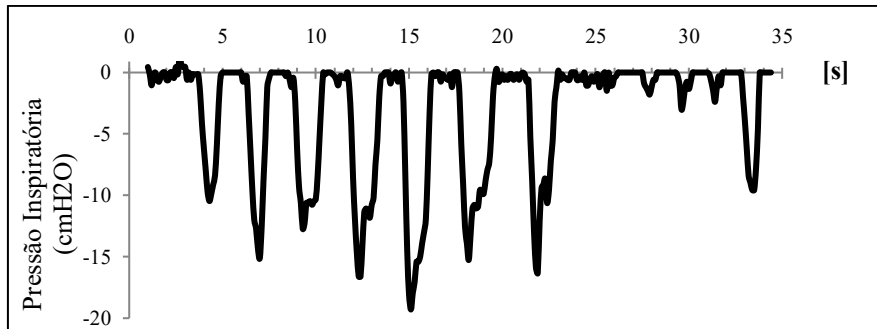


Figura 3 – Avaliações da PImáx por meio de um manovacômetro digital. Paciente A mostrando 2º mensuração com valores negativos.

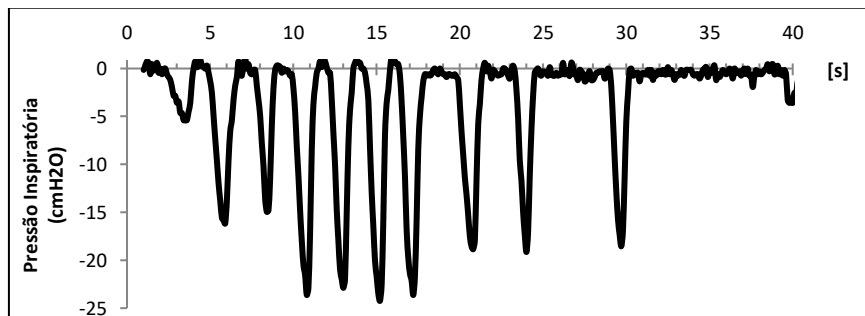


Figura 4 – Avaliações da PImáx por meio de um manovacômetro digital. Paciente A mostrando 3º mensuração com valores negativos.

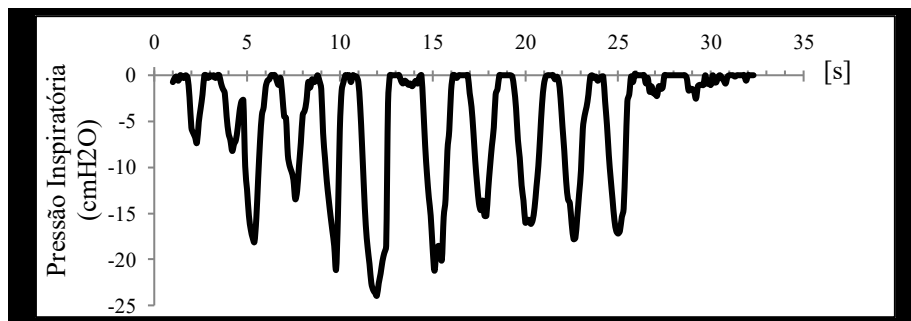


Figura 5 – Avaliações da PImáx por meio de um manovacômetro digital. Paciente B mostrando 1ª mensuração com valores negativos.

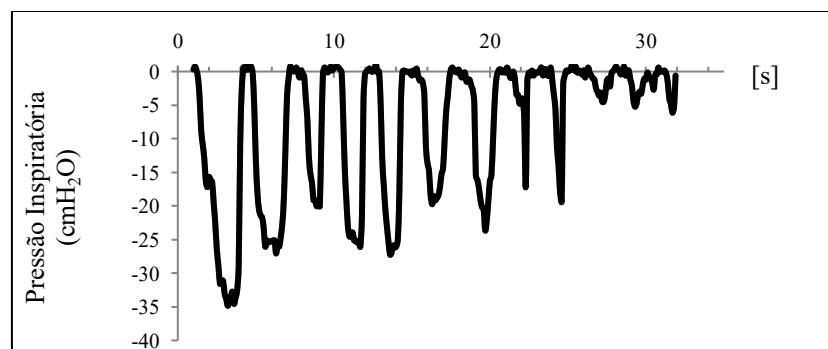


Figura 6 – Avaliações da PImáx por meio de um manovacômetro digital. Paciente B mostrando 2ª mensuração com valores negativos.

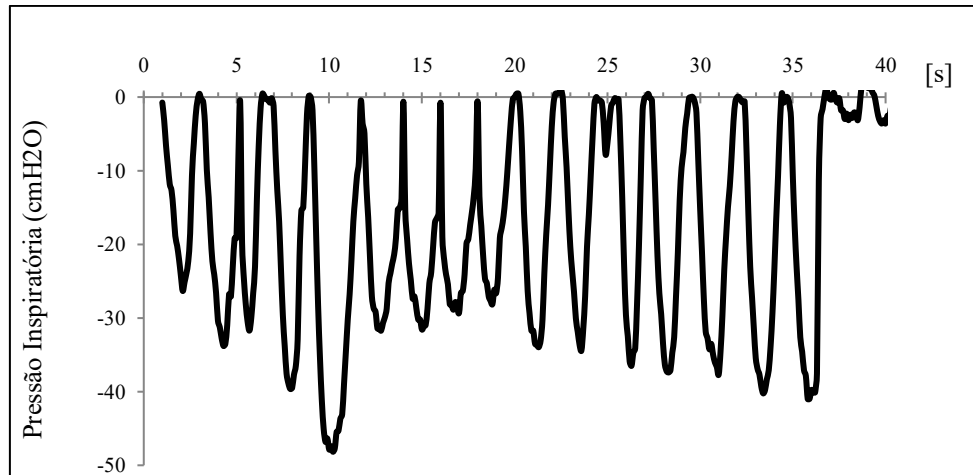


Figura 7 – Avaliações da PImáx por meio de um manovacuômetro digital. Paciente B mostrando 3ª mensuração com valores negativos.

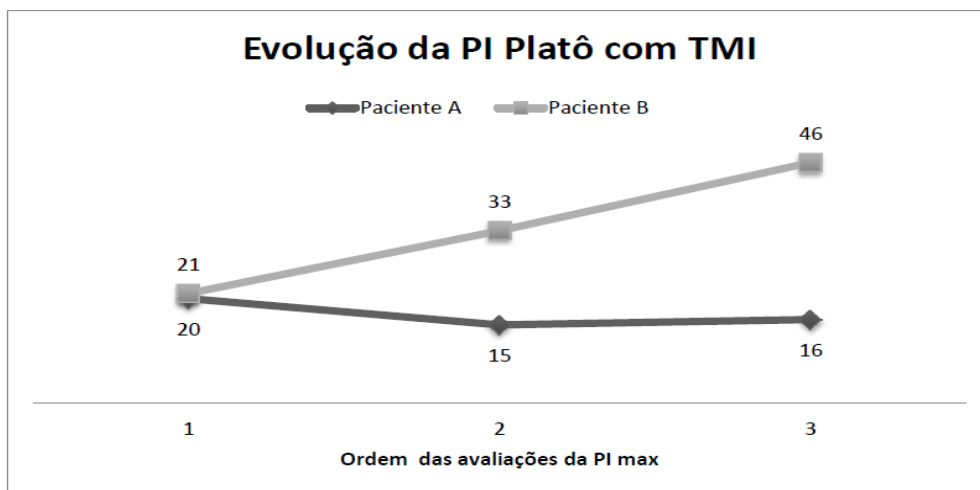


Figura 8– Evolução da PImáx platô dos paciente A-B mostrando 1º, 2º e 3º mensuração com valores negativos.

4. CONCLUSÃO

Foram avaliados pacientes na unidade de tratamento intensivo, utilizando um manovacuometro digital. Os resultados revelaram grande contribuição para a área da saúde deste equipamento visto que as medições podem ser dinâmicas e em tempo real. A instrumentação da medicação permite avaliar de maneira contínua e automatizada a pressão pulmonar. Os pacientes com lesão medular incompleta da presente amostra aumentaram a força muscular inspiratória ao longo de três semanas de treinamento muscular inspiratório.

5. REFERÊNCIAS

- BARROS, F. G. et al. Treinamento muscular respiratório na revascularização do miocárdio. Rev. Bras Cir Cardiovasc. vol.25 no.4 São José do Rio Preto Oct./Dec. 2010.
- BECKWITH T. G, MARANGONI R. D., J. H., Leinhard, Mechanical Measurements, 5ª edição, 1993.
- CONDESSA. L. R. et al. Inspiratory muscle training did not accelerate weaning from mechanical ventilation but did improve tidal volume and maximal respiratory pressures: a randomised trial. Jornal of Physiotherapy. v. 59, p. 101-107, 2013.
- DAMASCENO, M. P. C. D. et al. Ventilação Mecânica no Brasil. Aspectos Epidemiológicos. Revista Brasileira de Terapia Intensiva. v. 18 n. 3 p. 219-228. 2006.
- FRANÇA E; et al. Fisioterapia respiratória: Recomendações do departamento de fisioterapia da Associação de Medicina Intensiva Brasileira. Rev. Brasileira de Terapia Intensiva.;24(1):6-22, 2012.



FREESCALE SEMICONDUCTOR. Integrated silicon pressure sensor on-chip signal conditioned, temperature compensated and calibrated, Disponível em: http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX5050.pdf. Acesso em: Fevereiro 2017.

GUIMARÃES F. S. et al. Avaliação Da Pressão Inspiratória Máxima Em Pacientes Críticos Não-Cooperativos : Comparação Entre Dois Métodos. Rev. bras. fisioter. São Carlos, v. 11, n. 3, p. 233-238, maio/jun. 2007.

JANDT, S. R. et al. Correlation between Trunk Control, Respiratory Muscle Strength and Spirometry in Patients with Stroke: An Observational Study, Physiother. Res. Int. v. 16 p. 218–224. 2011.

JOSÉ, A. et al. Efeitos da fisioterapia no desmame da ventilação mecânica, FisioterMov, v. 26 n. 2, p. 271-9. 2013.

KLINE, S. J., and MCCLINTOCK, F. A., Describing Uncertainties in Single Sample Experiments, Mech. Eng., 3-8, Jan. 1953.

NAVA S, PIAGGIG, MATTIA E, CARLUCCI A. Muscleretrainig in the ICU patients. Minerva Anesthesiol. 68(5): 341-5, 2002;.

VALL, J et al. Estudo de qualidade de vida em pessoas com lesão medular traumática. Arq. Neuro-Psiquiatr, v. 64, p. 451-455, 2006.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.