

Fernanda Maia Lopes<sup>1</sup>, José Roberval Ferreira<sup>1</sup>,  
Dimitri Gusmao-Flores<sup>1,2</sup>

## Impacto da terapia renal substitutiva na função respiratória de pacientes sob ventilação mecânica

*Impact of renal replacement therapy on the respiratory function of patients under mechanical ventilation*

1. Unidade de Terapia Intensiva, Hospital Geral Roberto Santos - Salvador (BA), Brasil.  
2. Unidade de Terapia Intensiva, Hospital Universitário Professor Edgar Santos - Salvador (BA), Brasil.

### RESUMO

**Objetivo:** Avaliar o comportamento da oxigenação e da mecânica ventilatória em pacientes com suporte ventilatório após a realização de hemodiálise.

**Métodos:** Estudo realizado na unidade de terapia intensiva geral de um hospital público terciário. Foram incluídos pacientes maiores de 18 anos, sob ventilação mecânica, com necessidade de suporte dialítico. Cada paciente foi submetido a duas avaliações (pré e pós-diálise) referentes a parâmetros cardiovasculares e ventilatórios, mecânica ventilatória e avaliação laboratorial.

**Resultados:** Foram incluídos 80 pacientes com insuficiência renal aguda e crônica. A análise da mecânica ventilatória demonstrou que houve redução da pressão de platô e aumento da complacência estática, após diálise, independentemente da redução da volemia. Pacientes com insuficiência

renal aguda também apresentaram redução da pressão de pico ( $p=0,024$ ) e aumento da complacência dinâmica ( $p=0,026$ ), enquanto pacientes com insuficiência renal crônica apresentaram aumento da pressão resistiva ( $p=0,046$ ) e da resistência do sistema respiratório ( $p=0,044$ ). No grupo de pacientes sem perda volêmica, após diálise, observou-se aumento da pressão resistiva ( $p=0,010$ ) e da resistência do sistema respiratório ( $p=0,020$ ), enquanto no grupo com perda  $>2.000\text{mL}$  observou-se redução da pressão de pico ( $p=0,027$ ). Não houve alteração na  $\text{PaO}_2$  e nem na relação  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ .

**Conclusão:** A hemodiálise foi capaz de alterar a mecânica do sistema respiratório, especificamente reduzindo a pressão de platô e aumentando a complacência estática, independente da redução da volemia.

**Descritores:** Terapia de substituição renal; Respiração artificial; Insuficiência renal

Estudo realizado na Unidade de Terapia Intensiva Geral do Hospital Geral Roberto Santos - Salvador (BA), Brasil.

**Conflitos de interesse:** Nenhum.

Submetido em 28 de Março de 2013  
Aceito em 26 de agosto de 2013

### Autor correspondente:

Fernanda Maia Lopes  
Rua Rosalvo Firmino Lopes, 22 - Parque das Mangueiras - Centro  
CEP: 44530-000 - Sapeaçu (BA), Brasil  
E-mail: ft\_nanda\_lopes@hotmail.com

DOI: 10.5935/0103-507X.20130044

### INTRODUÇÃO

A insuficiência renal é um preditor independente de mortalidade em pacientes na unidade de terapia intensiva (UTI), apesar dos avanços tecnológicos no manejo de pacientes graves e das novas técnicas de terapia renal substitutiva (TRS).<sup>(1)</sup> A mortalidade da insuficiência renal permanece alta, especialmente quando associada à disfunção de outros órgãos como a lesão pulmonar aguda (LPA), sendo frequentes, no ambiente de terapia intensiva, pacientes com múltiplas disfunções orgânicas que necessitam de suporte dialítico e ventilatório.

Por muito tempo, algumas alterações em radiografia de tórax nos pacientes com lesão renal foram creditadas ao aumento da permeabilidade dos capilares pulmonares, sendo chamada de “pulmão urêmico”.<sup>(2)</sup> Só recentemente, com

estudos em modelos experimentais de lesão renal aguda, preservando o volume corporal, evidenciou-se que o aumento do edema intersticial pulmonar correlacionava-se com a desregulação de proteínas transportadoras de água e eletrólitos,<sup>(3)</sup> sendo que essas alterações acontecem em poucas horas.<sup>(4)</sup> Nos últimos 50 anos, a mortalidade dos pacientes com lesão renal aguda permaneceu elevada a despeito dos avanços na terapia intensiva, sendo possível que essas anormalidades observadas no pulmão, mas que também envolvem coração, cérebro, medula óssea e trato gastrointestinal,<sup>(5,6)</sup> não sejam totalmente reversíveis após a instituição da terapia dialítica.

Poucos estudos avaliaram a função respiratória após a realização de TRS.<sup>(7)</sup> Além disso, uma evidente limitação desses estudos foi a utilização de membranas de diálise menos biocompatíveis (como cuprofone), que causavam inflamação pulmonar e pioravam a função respiratória.

Recentemente, pacientes em ventilação mecânica (VM) e com programação de hemodiálise convencional intermitente (HDI) ou hemodiálise de baixa eficiência (SLED) foram avaliados, e não foram observadas alterações de oxigenação e mecânica ventilatória após suporte dialítico.<sup>(8)</sup> No entanto, esse estudo<sup>(8)</sup> avaliou apenas 31 pacientes e não descreveu quanto tempo após a terapia dialítica as análises foram realizadas.

Dessa forma, diante da carência de informação sobre esse tema, o objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento da oxigenação e da mecânica ventilatória em pacientes com suporte ventilatório após a realização de hemodiálise.

## MÉTODOS

Este estudo foi realizado na UTI geral do Hospital Geral Roberto Santos (HGRS), em Salvador (BA), um hospital terciário, de alta complexidade, da rede própria de serviços do Sistema Único de Saúde (SUS). A UTI geral possui 22 leitos e assiste pacientes adultos, clínicos ou cirúrgicos, sendo que 7 leitos são preferencialmente ocupados por pacientes portadores de insuficiência renal com indicação de diálise.

Foram incluídos pacientes maiores de 18 anos, em VM, com necessidade de suporte dialítico (HDI ou SLED). Participaram do estudo apenas pacientes cujo Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi assinado pelo responsável, de acordo com os aspectos éticos mostrados na resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas do HGRS, sob o protocolo N° 07/11.

A coleta de dados foi realizada por um dos autores, que utilizou uma ficha de avaliação estruturada e pré-aprovada, especialmente desenvolvida para esta pesquisa, constituída

por questões referentes a dados demográficos e clínicos, parâmetros cardiovasculares e ventilatórios, mecânica ventilatória, avaliação laboratorial e procedimento dialítico.

Inicialmente, todos os pacientes foram colocados em decúbito dorsal com cabeceira elevada acima de 30° ou de acordo com a prescrição médica. Para não ocorrer interferência nas variáveis mensuradas, por no mínimo 30 minutos antes da coleta de dados até o último registro dos dados (1 hora após a diálise), não foi realizada terapia de expansão pulmonar. Os pacientes foram avaliados pelo fisioterapeuta quanto à necessidade de técnicas de desobstrução brônquica, confirmada pela presença de roncocalausa respiratória e/ou a presença de padrão denteadado na curva fluxo-volume; se verificada a necessidade, era realizada aspiração traqueal, conforme as recomendações da *American Association of Respiratory Care*.<sup>(9)</sup> Imediatamente antes do início do procedimento dialítico, foi realizada a primeira coleta de dados e de amostra sanguínea para realização de hemogasometria arterial. Uma hora após o final do procedimento dialítico, por conta da taxa de recirculação, todas as variáveis foram avaliadas novamente, e uma nova amostra sanguínea foi coletada. Cada paciente foi submetido a duas avaliações (pré e pós-diálise).

Os parâmetros cardiovasculares mensurados por meio do monitor multiparamétrico DX 2022 (Dixtal Biomédica, Manaus, Brasil) foram: frequência cardíaca (FC), em batimentos por minuto; pressão arterial média (PAM), pressão arterial sistólica (PAS) e pressão arterial diastólica (PAD), em mmHg.

Os parâmetros ventilatórios verificados foram: pressão inspiratória (Pins) e pressão positiva expiratória final (PEEP), em cmH<sub>2</sub>O; volume corrente (Vc), em mL; frequência respiratória (FR), em inspirações por minuto (ipm); volume minuto (Vm), em L/min; e fração inspirada de oxigênio (FiO<sub>2</sub>), em porcentagem. Foram considerados os valores demonstrados no visor do ventilador mecânico.

Da avaliação laboratorial, constaram: potencial hidrogeniônico (pH); pressão arterial de oxigênio (PaO<sub>2</sub>) e pressão arterial de dióxido de carbono (PaCO<sub>2</sub>), em mmHg; bicarbonato (HCO<sub>3</sub>) e excesso de base (BE), em mEq/L; saturação arterial de oxigênio (SaO<sub>2</sub>), em porcentagem; hemoglobina, em g/dL; lactato, sódio e potássio, em mEq/L; e relação PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, resultado da divisão da PaO<sub>2</sub> pela FiO<sub>2</sub> utilizada pelo paciente. As análises dos gases sanguíneos e determinações do equilíbrio acidobásico foram processadas em analisador automático de pH e gases sanguíneos (Hemogásômetro ABL 700 e ABL 800 - Radiometer, Copenhagen, Dinamarca), assim como as quantificações de hemoglobina, lactato e eletrólitos (sódio e potássio).

Todos os pacientes que participaram do estudo foram ventilados no aparelho Vela (*Viasys Healthcare, Critical Care Division, California, EUA*). Para mensuração da mecânica ventilatória, os pacientes tinham a modalidade ventilatória alterada para ventilação controlada a volume (VCV), com  $V_c$  de 8mL/kg, fluxo constante de 60L/min (onda quadrada), PEEP basal, FR de 15 ipm, sendo realizada uma pausa inspiratória manual de 3 segundos. Para eliminar a respiração espontânea, foi utilizada a técnica de hiperventilação, a fim de eliminar o esforço respiratório espontâneo (FR > 30ipm por 2 minutos).

Os parâmetros de mecânica ventilatória avaliados foram: pressão de pico (Ppico), sendo considerado o valor demonstrado no visor do ventilador mecânico; PEEP intrínseca (PEEPi), realizando a técnica de oclusão manual da válvula expiratória do ventilador por 3 segundos ao final da expiração; pressão de platô (Pplatô), obtida no visor do ventilador por meio da técnica de oclusão manual das vias aéreas por 3 segundos ao final da inspiração; pressão resistiva (Pres), obtida pelo cálculo da diferença entre pico e Pplatô; complacência estática (Cest), calculada dividindo-se o  $V_c$  pela Pplatô subtraída da PEEP e PEEPi; complacência dinâmica (Cdin) calculada dividindo-se o  $V_c$  pela Ppico subtraída da PEEP e PEEPi; e resistência do sistema respiratório (Rsr) calculada dividindo-se a Pres pelo fluxo. Ppico, PEEPi, Pplatô e Pres foram medidas em cmH<sub>2</sub>O. As Cstat e Cdin foram calculadas em mL/cm H<sub>2</sub>O e a Rsr em cm H<sub>2</sub>O/L/seg.

Todas as medidas de mecânica ventilatória foram realizadas por apenas um profissional fisioterapeuta.

### Terapia renal substitutiva

Os pacientes foram divididos em dois grupos de acordo com o tipo de insuficiência renal: aguda e crônica. A insuficiência renal aguda (IRA) foi definida, segundo os critérios de *Acute Kidney Injury Network* (AKIN), como uma alteração aguda dos níveis séricos da creatinina (aumento absoluto > 0,3mg/dL ou relativo de 50% em relação ao valor basal) ou do débito urinário (diminuição < 0,5mL/kg/min por mais de 6 horas). A insuficiência renal crônica (IRC) foi definida pela proposta do *Kidney Disease Outcomes Quality Initiative* (KDOQI), que estabelece que é portador de doença renal crônica todo indivíduo adulto que, por um período ≥ 3 meses, apresentar < 60mL/min/1,73m<sup>2</sup> de filtração glomerular (FG) ou, nos casos com FG ≥ 60mL/min/1,73m<sup>2</sup>, um marcador de lesão da estrutura renal (por exemplo: albuminúria).

A prescrição de diálise foi feita pelo nefrologista, de acordo com a necessidade e condição hemodinâmica do paciente. Não houve interferência dos autores sobre a indicação e o método dialítico selecionado pelo nefrologista. Os pacientes

submetidos à TRS foram divididos de acordo com os métodos: SLED e HDI. Foi utilizado fluxo de sangue (Qa) em uma variação de 150 a 300mL/min e fluxo de diálise (Qd) de 300 a 500mL/min. A ultrafiltração foi calculada como a diferença entre o volume de fluido ultrafiltrado e infuso na diálise. Os pacientes sem contraindicações para anticoagulação fizeram uso da heparina. O dialisador utilizado para ambos os métodos foi do tipo capilar de polissulfona Polyflux 8LR (Gambro Dialysatoren GmbH, Hechingen, Alemanha).

### Análise estatística

Os dados foram analisados por meio do *software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), versão 11.0 para *Windows*. Os dados quantitativos foram apresentados como média ± desvio padrão (DP) e os dados de frequência foram expressos por número de indivíduos (N) e percentagem (%) de casos. A normalidade das distribuições de variáveis foi verificada mediante o teste de Kolmogorov-Smirnov. Na comparação entre os grupos, foram empregados o teste ANOVA, para diferença de médias entre mais de duas variáveis, e o teste do qui-quadrado de Pearson e/ou exato de Fisher, para verificar a associação entre as variáveis qualitativas. O teste *t* de *Student* pareado foi utilizado para amostras emparelhadas (período pré e pós-diálise), de acordo com o tipo de insuficiência renal e a redução da volêmia. As diferenças foram consideradas estatisticamente significantes para  $p < 0,05$ .

### RESULTADOS

Foram incluídos 80 pacientes. Oito pacientes foram excluídos pelas seguintes razões: dois eram portadores de patologias pulmonares crônicas prévias (doença pulmonar obstrutiva crônica e asma), um era portador de insuficiência cardíaca congestiva, três pacientes apresentaram intercorrências durante o procedimento dialítico (parada cardiorrespiratória e instabilidade hemodinâmica com necessidade de interrupção da diálise), um utilizava PEEP > 10cmH<sub>2</sub>O e um estava traqueostomizado.

A tabela 1 mostra as características gerais dos pacientes, de acordo com o tipo de insuficiência renal. As médias da ureia e da creatinina do grupo IRC foram significativamente maiores se comparadas às do grupo IRA. Os grupos também diferiram quanto ao motivo da internação, sendo que o grupo IRC apresentava em maior proporção o tratamento clínico como motivo da internação, quando comparado àqueles com IRA. Na tabela 2, que descreve as características das sessões de diálise, observou-se que os grupos não apresentavam diferenças.

**Tabela 1** - Características gerais dos pacientes

Características	Tipo de insuficiência renal			Valor de p
	Global	Aguda (N=43)	Crônica (N=37)	
Gênero				0,796
Masculino	38 (47,5)	21 (48,8)	17 (45,9)	
Feminino	42 (52,5)	22 (51,2)	20 (54,1)	
Idade (anos)	52±18	53±18	52±19	0,871
Origem				0,240
Emergência	44 (55,0)	21 (48,8)	23 (62,2)	
Enfermaria	16 (20,0)	8 (18,6)	8 (21,6)	
Centro cirúrgico	20 (25,0)	14 (32,6)	6 (16,2)	
Tempo de internação hospitalar (dias)	21±23	23±25	18±20	0,269
Tempo de internação na UTI (dias)	7±6	8±6	6±5	0,465
Motivo da internação				0,033
Clínico	53 (66,2)	24 (55,8)	29 (78,4)	
Cirúrgico	27 (33,8)	19 (44,2)	8 (21,6)	
<i>Diabetes mellitus</i>	28 (35,0)	13 (30,2)	15 (40,5)	0,335
APACHE II	29±8	28±8	30±7	0,418
Tempo de VM (dias)	6±4	7±5	5±4	0,201
Hemoglobina (g/dL)	7,9±1,3	8,1±1,3	7,8±1,3	0,295
Ureia (mg/dL)	161±73	147±74	178±70	0,057
Creatinina (mg/dL)	6,0±4,8	4,3±3,5	8,2±5,4	0,000

UTI - unidade de terapia intensiva; APACHE II - *Acute Physiologic Chronic Health Evaluation* II; VM - ventilação mecânica. Resultados expressos por número (%) ou média±desvio padrão. ANOVA ou teste do qui-quadrado.

**Tabela 2** - Características das sessões de diálise

Diálise	Tipo de insuficiência renal			Valor de p
	Total	Aguda (N=43)	Crônica (N=37)	
Tipo de diálise				0,642
SLED	39 (48,8)	22 (51,2)	17 (45,9)	
Convencional	41 (51,2)	21 (48,8)	20 (54,1)	
Indicação da diálise				0,760
Uremia	49 (61,2)	27 (62,8)	22 (59,5)	
Hipervolemia	31 (38,8)	16 (37,2)	15 (40,5)	
Qa (mL/min)	195±32	195±36	195±28	0,998
Qd (mL/min)	362±93	355±90	370±96	0,493
Ultrafiltração (mL)	1.738±912	1.732±918	1.745±916	0,948
Anticoagulação				0,326
Sim	10 (12,5)	7 (16,3)	3 (8,1)	
Não	70 (87,5)	36 (83,7)	34 (91,9)	

SLED - hemodiálise de baixa eficiência; Qa - fluxo de sangue; Qd - fluxo de diálise. Resultados expressos por número (%) ou média±desvio padrão. ANOVA ou teste do qui-quadrado (tipo de diálise e indicação da diálise) e exato de Fisher (anticoagulação).

Quanto aos parâmetros hemodinâmicos, no grupo IRC, a PAS pós-diálise foi estatisticamente maior ( $141\pm33$ mmHg *versus*  $130\pm26$ mmHg;  $p=0,051$ ) se comparada a do período pré-diálise. Em relação ao número e à dose de drogas vasopressoras, os dois grupos eram similares e permaneceram inalterados no período pós-diálise.

As mudanças observadas pós-diálise em parâmetros pulmonares e análise laboratorial de sangue arterial são mostradas na tabela 3. Todos os pacientes utilizavam o modo de ventilação controlada a pressão (PCV). Não houve alteração na  $PaO_2$  e na relação  $PaO_2/FiO_2$  em qualquer grupo.

Na tabela 4 estão apresentadas as alterações na mecânica ventilatória induzidas pela diálise, enquanto na tabela 5 essas alterações são descritas de acordo com a perda de volume após o procedimento dialítico.

## DISCUSSÃO

Neste estudo, com análise do comportamento das propriedades mecânicas do sistema respiratório, foram observados o aumento da Cest e a redução da Pplatô, após o procedimento dialítico.

Outro resultado relevante encontrado foi que a significativa melhora da mecânica ventilatória proporcionada pela diálise, nos dois grupos de pacientes, não determinou melhora da oxigenação ( $PaO_2$  e relação  $PaO_2/FiO_2$ ). Isso foi observado mesmo nos casos em que ocorreu redução da volemia com a ultrafiltração. Esses resultados estão em concordância com dados observados em outros estudos<sup>(8,10,11)</sup> e podem ser explicados pelo aumento do pH sanguíneo e consequente desvio da curva de dissociação da oxiemoglobina ( $HbO_2$ ) para esquerda.

No entanto, estudos prévios e com metodologia similar identificaram comportamento distinto da mecânica ventilatória após procedimento dialítico. Steinhorst et al.<sup>(8)</sup> estudaram 31 pacientes com insuficiência renal (aguda e crônica) em programa de diálise (HDI ou SLED) e não observaram mudanças significantes na Rsr ou na Cdin ou Cest, atribuindo os resultados encontrados à pequena redução na volemia. Huang et al.<sup>(10)</sup> avaliaram 14 pacientes e observaram melhora na auto-PEEP, Rsr e Cdin, atribuindo tais resultados à ultrafiltração alcançada. Chen et al.,<sup>(12)</sup> numa avaliação com 14 pacientes, observaram melhora da Ppico, Pplatô, auto-PEEP e Rsr, e descreveram que a redução na Rsr estava correlacionada com a perda volêmica ( $r=0,71$ ;  $p<0,005$ ). Os autores sugeriram que o balanço negativo produzido pela hemodiálise poderia levar à diminuição do edema peribrônquico.

**Tabela 3** - Análise laboratorial e parâmetros pulmonares pré e pós-diálise

Análise laboratorial	Tipo de insuficiência renal					
	Aguda (N=43)			Crônica (N=37)		
	Pré-diálise	Pós-diálise	Valor de p	Pré-diálise	Pós-diálise	Valor de p
pH arterial	7,35±0,10	7,90±3,45	0,309	7,35±0,07	7,40±0,05	>0,000
PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	32,7±9,6	33,2±7,8	0,599	31,0±7,5	30,7±6,0	0,681
PaO <sub>2</sub> (mmHg)	126±30,8	123±23,2	0,580	126±35,1	133±37,0	0,346
SaO <sub>2</sub> (%)	97,7±1,1	97,7±1,1	~1,000	97,4±1,5	97,7±1,6	0,208
HCO <sub>3</sub> (mEq/L)	18,4±3,8	19,3±3,5	0,020	17,3±3,3	19,3±3,0	>0,000
BE (mEq/L)	-5,9±4,1	-4,8±4,4	0,069	-7,5±3,7	-5,4±3,2	>0,000
Relação PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	352±103	351±95	0,932	370±114	391±110	0,274
Lactato (mEq/L)	1,8±1,2	2,0±1,4	0,437	1,6±1,3	1,6±1,3	0,683
Sódio (mEq/L)	139±5	138±4	0,095	138±6,7	137±4,4	0,343
Potássio (mEq/L)	3,7±0,8	3,5±0,8	0,014	3,8±1,0	3,6±0,5	0,072
Parâmetros pulmonares						
Pins (cmH <sub>2</sub> O)	16,1±4,8	16,6±4,9	0,296	15,4±4,1	14,3±4,6	0,047
Vc (mL)	540±155	517±134	0,085	537±161	505±135	0,191
Vm (L)	11,2±4,6	11,1±4,3	0,832	10,4±5,1	10,3±6,4	0,844
FR (ipm)	20,9±5,9	20,6±4,8	0,601	19,1±4,2	18,7±4,4	0,625
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	7±2	7±2	0,078	6±1	6±1	0,481
FiO <sub>2</sub> (%)	37±12	37±12	0,463	35±7	35±8	0,812

**Tabela 4** - Mecânica ventilatória pré e pós-diálise

Mecânica ventilatória	Tipo de insuficiência renal					
	Aguda (N=43)			Crônica (N=37)		
	Pré-diálise	Pós-diálise	Valor de p	Pré-diálise	Pós-diálise	Valor de p
Ppico	33,0±8,8	31,3±7,8	0,024	30,0±6,7	29,7±6,4	0,708
Pplatô	22,5±6,1	20,1±5,9	0,000	21,2±5,7	19,3±5,6	0,000
Pres	10,5±6,3	11,0±5,1	0,374	8,9±4,1	10,4±3,7	0,046
Cest	36,8±14,9	43,4±18,4	>0,000	36,2±13,5	42,2±17,1	>0,000
Cdin	20,7±8,1	22,2±9,0	0,026	21,2±6,6	21,2±6,0	~1,000
Rsr	14,9±10,1	15,2±8,0	0,777	12,6±6,5	14,7±6,0	0,044

No presente estudo, foi observada uma redução da Pplatô e um aumento da Cest após a hemodiálise. Esse comportamento pode ser justificado pela ocorrência de redistribuição da ventilação pulmonar após a retirada de volume pela ultrafiltração e, talvez, da melhora da uremia pela hemodiálise, permitindo a ventilação de alvéolos anteriormente preenchidos por líquido. Esses achados também podem sugerir que o procedimento dialítico favoreça uma dinâmica de fluido entre o espaço intersticial e o intravascular com consequente redução do edema. Interessante que, no presente estudo, verificou-se melhora da Cest, independentemente da perda volêmica proporcionada pela ultrafiltração. Por outro lado, no grupo

de pacientes com perda >2.000mL, houve também redução da Ppico, sugerindo que a redução de volume proporcionada pela ultrafiltração gera uma diminuição significativa do componente de resistência das vias aéreas. Já no grupo sem perda, houve aumento da Pres e Rsr, provavelmente devido à manutenção do balanço hídrico positivo.

Os efeitos benéficos da hemodiálise sobre a mecânica ventilatória foram mais evidentes nos pacientes com insuficiência renal aguda, que também apresentaram redução da Ppico e aumento da Cdin. Cabe salientar que esses pacientes apresentavam melhores índices prognósticos (*Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II* - APACHE II), níveis séricos de Hb mais elevados e níveis

**Tabela 5** - Mecânica ventilatória e oxigenação pré e pós-diálise, de acordo com a redução da volemia

	Redução da volemia											
	Sem perda (N=8)			Até 1.000mL (N=12)			>1.000 até 2.000mL (N=38)			>2.000mL (N=22)		
	Pré-diálise	Pós-diálise	Valor de p	Pré-diálise	Pós-diálise	Valor de p	Pré-diálise	Pós-diálise	Valor de p	Pré-diálise	Pós-diálise	Valor de p
Mecânica ventilatória												
Ppico	29,2±4,5	28,7±7,8	0,770	32,1±7,7	30,3±6,1	0,109	30,5±6,8	30,4±6,9	0,852	34,1±10,5	31,7±8,3	0,027
Pplatô	23,5±5,6	19,6±4,7	0,015	22,2±7,6	19,5±6,0	0,014	21±4,7	19,2±5,5	0,000	22,6±7,1	20,9±6,5	0,002
Pres	5,7±2,6	7,8±2,3	0,010	9,9±3,0	10,8±3,5	0,224	9,8±6,1	11,3±5,0	0,070	11,0±5,4	10,8±4,4	0,815
Cest	34,2±8,7	41,6±8,8	0,008	36,8±17,2	46±19,8	0,002	35,7±10,8	42,5±17,1	0,000	38,5±19,1	42,3±20,7	0,015
Cdin	23,1±3,5	23,3±5,3	0,857	20,4±8,2	22,3±7,7	0,110	21,0±6,7	21,6±8,2	0,441	20,5±9,2	21,2±8,1	0,396
Rsr	8,0±4,2	11,1±4,2	0,020	13,8±4,8	14,9±5,0	0,307	14,0±9,9	15,6±8,1	0,172	15,7±8,5	15,3±6,9	0,756
Oxigenação												
PaO <sub>2</sub>	137±28,7	128±31,9	0,440	108±25,3	133±39,2	0,093	126±33,9	125±29,0	0,931	132±32,9	129±29,5	0,553
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	385±82	366±57	0,521	301±113	351±87	0,062	369±104	380±117	0,564	369±116	362±102	0,655

de ureia e creatinina menores. O grupo IRC, após diálise, apresentou aumento da Rsr, para a qual não se encontrou justificativa. Bianchi et al.<sup>(13)</sup> descreveram que a ocorrência de insultos pulmonares repetidos pela sobrecarga de fluidos, pode danificar a parede alvéolo-capilar e induzir à redução na capacidade de difusão. É possível que esses repetidos episódios de edema subclínico, que ocorrem no intervalo de cada sessão de hemodiálise, possam induzir à fibrose intersticial em doentes renais crônicos em tratamento hemodialítico por um período maior de tempo.<sup>(13)</sup> Além da fibrose intersticial, anormalidades, como hiperemia e bronquite, são comumente encontradas em autópsias de pacientes em hemodiálise crônica,<sup>(14)</sup> explicando esse aumento na Rsr.

A insuficiência renal pode comprometer a função respiratória de diversas maneiras. Talvez, o edema agudo seja a mais comum e séria das complicações pulmonares nos pacientes com insuficiência renal. Além disso, a presença de líquido na pleura e no compartimento abdominal pode restringir a expansibilidade torácica, levando a alterações na mecânica ventilatória e de trocas gasosas. É possível também encontrar acúmulo de fluido ao redor das pequenas vias aéreas, resultando em fechamento prematuro e em aprisionamento de ar, e levando ao aumento do trabalho respiratório e da PEEP intrínseca. Essas alterações pulmonares levam à diminuição da complacência e ao aumento da resistência das vias aéreas.<sup>(10)</sup> Por fim, a hipervolemia pode determinar acometimento da ventilação alveolar, com retenção de CO<sub>2</sub> e consequente acidose respiratória aguda, impossibilitando o desmame.<sup>(15)</sup>

A avaliação sequencial da resposta ventilatória com o tratamento dialítico sugere indicadores sobre a progressão da doença e permite o ajuste adequado dos parâmetros ventilatórios, respeitando os limites fisiológicos, com o intuito de aperfeiçoar a assistência, facilitar a sincronia do paciente com o respirador, auxiliar no programa de retirada da VM e proporcionar melhor qualidade de vida aos pacientes.

Este estudo apresenta algumas limitações que merecem ser mencionadas. Foi um estudo unicêntrico, com pequeno número de pacientes e sem cálculo de tamanho amostral. As intervenções clínicas durante o procedimento dialítico não foram controladas. Além disso, todas as avaliações antes e após o procedimento dialítico foram realizadas por um avaliador que conhecia o grupo a que pertenciam os pacientes, portanto possibilitando um viés de análise. A amostra de pacientes com IRC apresentou níveis séricos de ureia e creatinina mais elevados, comparado aos pacientes com IRA. Isso se deu pelo fato da amostra ser de um hospital de referência em diálise pelo sistema de regulação do Estado da Bahia e, portanto, onde muitos pacientes podem ter sido admitidos sem tratamento prévio da doença e sem possibilidade de dialisar, com urgência dialítica. Esse resultado pode ser considerado um viés deste estudo.

## CONCLUSÃO

A hemodiálise foi capaz de alterar a mecânica do sistema respiratório, especificamente reduzindo a pressão de platô e aumentando a complacência estática, independente da redução da volemia.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos pacientes que participaram deste estudo; à equipe da UTI Geral do HGRS, especialmente aos fisioterapeutas, pela colaboração,

carinho e apoio; aos nefrologistas, pelas orientações; aos técnicos da hemodiálise e laboratório, pela colaboração na coleta de dados; e a todos da Santa Casa de Misericórdia de São Félix, pelo estímulo a busca dos conhecimentos científicos.

## ABSTRACT

**Objective:** To assess the oxygenation behavior and ventilatory mechanics after hemodialysis in patients under ventilatory support.

**Methods:** The present study was performed in the general intensive care unit of a tertiary public hospital. Patients over 18 years of age under mechanical ventilation and in need of dialysis support were included. Each patient was submitted to 2 evaluations (pre- and post-dialysis) regarding the cardiovascular and ventilatory parameters, the ventilatory mechanics and a laboratory evaluation.

**Results:** Eighty patients with acute or chronic renal failure were included. The analysis of the ventilatory mechanics revealed a reduction in the plateau pressure and an increased static compliance after dialysis that was independent of a reduction in blood volume. The patients with acute renal failure also exhibited a reduction in peak pressure ( $p=0.024$ )

and an increase in the dynamic compliance ( $p=0.026$ ), whereas the patients with chronic renal failure exhibited an increase in the resistive pressure ( $p=0.046$ ) and in the resistance of the respiratory system ( $p=0.044$ ). The group of patients with no loss of blood volume after dialysis exhibited an increase in the resistive pressure ( $p=0.010$ ) and in the resistance of the respiratory system ( $p=0.020$ ), whereas the group with a loss of blood volume  $>2,000\text{mL}$  exhibited a reduction in the peak pressure ( $p=0.027$ ). No changes in the partial pressure of oxygen in arterial blood ( $\text{PaO}_2$ ) or in the  $\text{PaO}_2/\text{the fraction of inspired oxygen (PaO}_2/\text{FiO}_2)$  ratio were observed.

**Conclusion:** Hemodialysis was able to alter the mechanics of the respiratory system and specifically reduced the plateau pressure and increased the static compliance independent of a reduction in blood volume.

**Keywords:** Renal replacement therapy; Artificial, respiration; Renal insufficiency

## REFERÊNCIAS

- Ko GJ, Rabb H, Hassoun HT. Kidney-lung crosstalk in the critically ill patient. *Blood Purif.* 2009;28(2):75-83. Review.
- Bass HE, Singer E. Pulmonary changes in uremia. *J Am Med Assoc.* 1950;144(10):819-23.
- Rabb H, Wang Z, Nemoto T, Hotchkiss J, Yokota N, Soleimani M. Acute renal failure leads to dysregulation of lung salt and water channels. *Kidney Int.* 2003;63(2):600-6.
- Klein CL, Hoke TS, Fang WF, Altmann CJ, Douglas IS, Faubel S. Interleukin-6 mediates lung injury following ischemic acute kidney injury or bilateral nephrectomy. *Kidney Int.* 2008;74(7):901-9.
- Kelly KJ. Distant effects of experimental renal ischemia/reperfusion injury. *J Am Soc Nephrol.* 2003;14(6):1549-58.
- Liu M, Liang Y, Chigurupati S, Lathia JD, Pletnikov M, Sun Z, et al. Acute kidney injury leads to inflammation and functional changes in the brain. *J Am Soc Nephrol.* 2008;19(7):1360-70.
- Munger MA, Ateshkadi A, Cheung AK, Flaharty KK, Stoddard GJ, Marshall EH. Cardiopulmonary events during hemodialysis: effects of dialysis membranes and dialysate buffers. *Am J Kidney Dis.* 2000;36(1):130-9.
- Steinhorst CR, Vieira JM Jr, Abdulkader RC. Acute effects of intermittent hemodialysis and sustained low-efficiency hemodialysis (SLED) on the pulmonary function of patients under mechanical ventilation. *Ren Fail.* 2007;29(3):341-5.
- AARC clinical practice guideline. Endotracheal suctioning of mechanically ventilated adults and children with artificial airways. *American Association for Respiratory Care. Respir Care.* 1993;38(5):500-4.
- Huang CC, Lin MC, Yang CT, Lan RS, Tsai YH, Tsao TC. Oxygen, arterial blood gases and ventilation are unchanged during dialysis in patients receiving pressure support ventilation. *Respir Med.* 1998;92(3):534-40.
- Hoste EA, Vanholder RC, Lameire NH, Roosens CD, Decruyenaere JM, Blot SI, et al. No early respiratory benefits with CVVHDF in patients with acute renal failure and acute lung injury. *Nephrol Dial Transplant.* 2002;17(12):2153-8.
- Chen CW, Lee CH, Chang HY, Hsiue TR, Sung JM, Huang JJ. Respiratory mechanics before and after hemodialysis in mechanically ventilated patients. *J Formos Med Assoc.* 1998;97(4):271-7.
- Bianchi PD, Barreto SS, Thomé FS, Klein AB. Repercussão da hemodiálise na função pulmonar de pacientes com doença renal crônica terminal. *J Bras Nefrol.* 2009;31(1):25-31.
- Chan CH, Lai CK, Li PK, Leung CB, Ho AS, Lai KN. Effect of renal transplantation on pulmonary function in patients with end-stage renal failure. *Am J Nephrol.* 1996;16(2):144-8.
- Cohn J, Balk RA, Bone RC. Dialysis-induced respiratory acidosis. *Chest.* 1990;98(5):1285-8.