



ARTIGO ORIGINAL

Efeito a curto prazo da posição prona na oxigenação de crianças em ventilação mecânica

Short-term effects of prone positioning on the oxygenation of pediatric patients submitted to mechanical ventilation

Francisco Bruno¹, Jefferson P. Piva¹, Pedro Celiny R. Garcia¹, Paulo Einloft¹, Renato Fiori¹, Sérgio MennaBarreto²

Resumo

Objetivos: analisar o efeito a curto prazo da posição prona na oxigenação de pacientes pediátricos com hipoxemia severa e submetidos a ventilação mecânica.

Material e Métodos: ensaio clínico prospectivo, não randomizado, sendo cada paciente o seu próprio controle, realizado no período de julho de 1998 a julho de 1999. Incluídas todas as crianças com diagnóstico de insuficiência respiratória aguda, em ventilação mecânica, com pressão inspiratória positiva (PIP) ≥ 30 cm H₂O e fração de oxigênio inspirada (FiO₂) $\geq 0,5$, que apresentassem paO₂/FiO₂ ≤ 200 . Os pacientes foram mantidos duas horas na posição prona, retornando, a seguir, à posição supina. Avaliou-se a oxigenação, através da paO₂/FiO₂, na posição supina (1 hora antes da mudança de posição), com 1 hora de posição prona e 1 hora após retornar à posição supina. Considerou-se responsivo todo o paciente que apresentasse um aumento de, no mínimo, 20 na paO₂/FiO₂. Os resultados foram comparados através do teste t student, Friedman, Qui-quadrado, exato de Fisher e intervalo de confiança (IC).

Resultados: participaram do estudo 18 crianças (10 masculinos) com idade média de 11,5 ($\pm 11,5$) meses e com uma paO₂/FiO₂ inicial 96,06 ($\pm 41,78$). Após 1 hora em posição prona, observamos que 5/18 (27,7%) pacientes apresentaram uma melhora na paO₂/FiO₂ acima de 20 (teste exato de Fisher, p=0,045). Seis pacientes apresentavam predominantemente diminuição da complacência pulmonar (4 com síndrome da angústia respiratória aguda) e 12 com aumento da resistência pulmonar (6 com bronquiolite). Não observamos diferença entre esses grupos no que se refere a idade, sexo, tempo de ventilação prévia à mudança de posição, pressão inspiratória positiva, fração de oxigênio inspirada, grau de hipoxemia e evolução.

Conclusão: o uso da posição prona durante a ventilação mecânica de crianças severamente hipoxêmicas pode promover uma significativa melhora da paO₂/FiO₂ a partir da 1ª hora.

J Pediatr (Rio J) 2001; 77 (5): 361-8: pronação, oxigenação, síndrome do desconforto respiratório agudo, unidade de terapia intensiva pediátrica, criança, respiração artificial.

Abstract

Objective: to analyze the short-term effects of prone positioning on the oxygenation of mechanically-ventilated children suffering from severe hypoxemia.

Materials and Methods: a prospective, nonrandomized trial (each patient as his/her own control) was conducted between July 1998 and July 1999. Mechanically-ventilated children with peak inspiratory pressure (PIP) greater than or equal to 30 cm H₂O, FiO₂ greater than or equal to 0.5, and PaO₂/FiO₂ ratio less than or equal to 200 were included in the study. Each patient was kept in the prone position for two hours, returning to the supine position after this period. Oxygenation was assessed by means of PaO₂/FiO₂ in the supine position (one hour before prone positioning), one hour after prone positioning, and one hour after returning to the supine position. Patients who presented an increase of at least 20 in PaO₂/FiO₂ were considered responsive. The results were compared by Student t-test, Friedman test, chi-square test, Fisher's exact test, and confidence interval (CI).

Results: eighteen children (10 males), whose mean age was 11.5 ± 11.5 months, with initial PaO₂/FiO₂ of 96.06 ± 41.78 , participated in the study. After one hour in the prone position, 27.7% of the patients (5/18) improved their PaO₂/FiO₂ ratio (P=0.045). Six of these patients presented reduced lung compliance (four of them had acute respiratory distress syndrome); and twelve patients showed increased airway resistance (six of them presented bronchiolitis). No significant difference was observed between these two groups (reduced lung compliance x increased airway resistance) in terms of age, sex, duration of ventilation prior to change in position, peak inspiratory pressure, FiO₂, severity of hypoxemia, and outcome.

Conclusion: prone positioning during mechanical ventilation of children with severe hypoxemia may improve the PaO₂/FiO₂ ratio in the first hour.

J Pediatr (Rio J) 2001; 77 (5): 361-8: pronation, oxygenation, acute respiratory distress syndrome, pediatric intensive care unit, children, artificial respiration.

Introdução

No tratamento da hipoxemia durante a ventilação mecânica é bastante comum que se utilizem parâmetros exagerados no respirador, provocando com isso lesões secundárias no pulmão¹. A utilização de recursos adicionais em pacientes com hipoxemia grave e submetidos à ventilação mecânica, visando a melhora na oxigenação, constitui, atualmente, um dos maiores desafios da terapia intensiva. Várias linhas de pesquisa têm se desenvolvido nessa direção nos últimos anos, tais como a ventilação protetora, a ventilação por oscilação, a ventilação líquida, o uso de surfactante, de óxido nítrico e do Heliox, a membrana de oxigenação extracorpórea (ECMO) e a colocação do paciente em posição prona, entre outros².

O dano pulmonar causado pela ventilação mecânica está relacionado a abertura exagerada (distensão) e fechamento (colapso) alveolar, tendo sido proposta a manutenção de uma pressão expiratória positiva final (PEEP) para que o alvéolo não se colabe. Esta estratégia mostrou-se efetiva e, atualmente, é utilizada na manutenção do paciente em ventilação mecânica, principalmente naqueles que têm doença restritiva³. Outra manobra utilizada para prevenir o colapso alveolar é o recrutamento alveolar, que se refere ao uso de PEEP acima da pressão de abertura do alvéolo por um período curto de tempo, mantendo os alvéolos posteriormente abertos com pressões baixas^{4,5}. Também considerada como uma manobra alternativa de recrutamento pulmonar, sem a necessidade de alterar os parâmetros do respirador, é a utilização da posição prona. Nesta manobra observa-se uma melhora na relação ventilação-perfusão (V/Q), ocasionada pela reabertura de áreas não ventiladas previamente⁶.

Quando o paciente está paralisado na posição supina, o diafragma sofre um desvio para a porção superior (cranial) em seu movimento. Nesta posição, o conteúdo abdominal exerce uma pressão (restrição) mais acentuada na porção dorsal. Da mesma forma, a ventilação mecânica com pressão positiva promove predominante movimentação do diafragma ventral com pouco impacto na movimentação do diafragma dorsal, agravando as alterações na relação da ventilação-perfusão (V/Q)⁶. A tomografia computadorizada (TC) de tórax dos pacientes com síndrome do desconforto/angústia respiratória aguda (SARA) permitiu definir três componentes no pulmão: normal (ventral); doente (dorsal); e recrutável (intermediário). O pulmão doente mostra um aumento da densidade na região pósterio-basal maior do que o normal, devido à inflamação e ao edema, resultante do aumento do gradiente vertical na pressão pleural, que excede a pressão de abertura alveolar. A paralisia e a sedação, comumente utilizadas em pacientes com SARA, poderão aumentar a pressão pleural e as atelectasias na região dorsal do pulmão^{6,7}. A TC de tórax, ao contrário do raio X de tórax, no paciente com SARA e em prona, mostra uma rápida redistribuição da opacidade pulmonar da região dorsal para a ventral⁸⁻¹⁰, com a melhora da oxigenação devido à redução da fração do *shunt* (diminui a mistura

sangüínea) e com o aumento do número de unidades V/Q próximas ao normal, obtidas através do recrutamento de áreas não ventiladas, mas perfundidas, no dorso do pulmão^{6,11}.

A maioria dos pacientes tolera a posição prona sem maiores complicações^{12,13}. São poucos os parafeitos relacionados à mudança de decúbito; mais comumente, é visto o edema subcutâneo posicional, que ocorre a partir de poucas horas (4 h). São citados, ainda, edema de face, lesão de córnea, extubação acidental, perda de acesso vascular e taquicardia supraventricular¹⁴⁻¹⁷.

Vários estudos têm demonstrado os efeitos a longo prazo da posição prona em pacientes com hipoxemia grave e submetidos a ventilação mecânica. Entretanto, neste estudo, os autores se propuseram a avaliar o efeito a curto prazo da posição prona na oxigenação em crianças de ventilação mecânica com hipoxemia severa.

Métodos

Foi realizado um ensaio clínico, prospectivo, não randomizado, em que cada paciente era considerado o seu próprio controle. O estudo foi conduzido na Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica (UTIP) do Hospital São Lucas (HSL) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), no período de julho de 1998 a julho de 1999.

Foram incluídas todas as crianças com diagnóstico de insuficiência respiratória aguda em ventilação mecânica (com pressão inspiratória positiva $\geq 30\text{cmH}_2\text{O}$ e fração inspirada de oxigênio $\geq 0,5$) que apresentassem hipoxemia refratária (relação da pressão parcial de oxigênio arterial sobre a fração inspirada de oxigênio ≤ 200) e cujos os pais ou responsáveis firmassem o termo de consentimento pós-informado.

Foram excluídas as crianças em ventilação mecânica com doenças cardíacas (cianóticas) ou neurológicas, em pós-operatório de cirurgias torácicas, abdominais, traumatológicas e neurocirúrgicas, assim como aquelas com instabilidade do aparelho circulatório.

A mudança de posição para a prona foi realizada após transcorrido um período mínimo de 6 horas do início da ventilação mecânica. Este cuidado servia para permitir a estabilização inicial do paciente. Inicialmente, eram retirados os eletrodos do monitor que se encontravam posicionados no tórax, mudava-se a posição do paciente, primeiro para um dos lados (preferencialmente sobre o lado de mais acessos vasculares) e, a seguir, colocava-se na posição prona ou decúbito ventral apoiado no leito (Figura 1).

Era necessário, no mínimo, dois auxiliares de enfermagem, sendo um responsável pela preservação dos acessos vasculares e do tubo endotraqueal, enquanto o outro efetuava a troca de decúbito. Entretanto, quando a criança apresentasse um peso superior a 10kg, outro auxiliar de enfermagem era solicitado a participar e ajudar na troca de



Figura 1 - Sequência de manobras para modificação da posição supina para prona

decúbito. Já na posição prona, a face era posicionada e voltada para um dos lados, os eletrodos fixados na região dorsal, e apoios eram colocados para o conforto da criança. O paciente era mantido por 2 horas na posição prona, sendo a seguir, recolocado na posição original (supina).

Os dados obtidos na avaliação dos pacientes foram coletados através do preenchimento de uma ficha onde constavam dados de identificação, doença básica, doença que provocou hipoxemia necessária para entrada no estudo (classificação dos subgrupos, doença com aumento da resistência ou diminuição da complacência pulmonar, realizada baseando-se no diagnóstico da doença inicial e nos achados radiológicos), o tempo de ventilação até a mudança de posição, o nível de sedação (escala de COMFORT), resultado do raio X de tórax do dia, a saturação de oxigênio por oxímetro de pulso ($SatO_2$), a gasometria arterial e a relação da PaO_2/FiO_2 . Com os dados obtidos nas gasometrias arteriais, foi possível calcular a PaO_2/FiO_2 1 hora antes da mudança de decúbito, 1 hora de posição prona e em 1 hora de posição supina. Foi considerado melhora da oxigenação o aumento de 20 na PaO_2/FiO_2 .

A escolha da avaliação da oxigenação, através da relação da pressão parcial do oxigênio arterial sobre a fração inspirada de oxigênio (PaO_2/FiO_2), deveu-se ao fato de se tratar de um método simples, objetivo e universalmente aceito para avaliação da insuficiência respiratória e indicação de ventilação mecânica, podendo ser usado para prever a necessidade de pressão positiva em vias aéreas e para constituir uma importante arma na redução (ou não) da terapêutica empregada¹⁸.

A saturação de oxigênio servia apenas para a monitoração durante a mudança de decúbito, porém não a adotamos como um parâmetro de resposta à manobra. A curva de saturação de hemoglobina não é linear com a paO_2 e, em determinadas posições da curva, podemos ter grandes variações na pO_2 e discretas mudanças na saturação de hemoglobina.

Em relação ao pH, consideramos que a) dispomos de uma população não homogênea em relação à patologia pulmonar (doenças obstrutivas e doenças com diminuição de complacência pulmonar) que pode responder diferentemente a estas manobras, porém, em decorrência do número reduzido de pacientes de cada grupo, não era possível fazer esta análise em separado; b) a posição prona, segundo a literatura, teria mínima influência sobre a ventilação, portanto sem mudança na $paCO_2$ e pH. Por isso, esses dados não foram analisados em nosso estudo.

Devido ao fato de interferir na análise dos resultados, caso houvesse necessidade de aumentar os parâmetros do respirador após o procedimento, a mudança de decúbito seria considerada como falha.

O estudo foi aprovado pela Comissão Científica e pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital São Lucas da PUCRS.

Os dados da pesquisa foram armazenados no programa de computador Excel, versão 7.0, para Windows 98 (Microsoft), em uma planilha especificamente destinada para este fim, e a análise estatística foi realizada através do programa Excel (versão 7.0), EPI INFO (versão 6.0) e o programa SPSS (versão 7.5). As variáveis numéricas con-

tínuas (quantitativas) foram expressas através de médias e desvios-padrão (\pm DP), enquanto as variáveis categóricas (qualitativas) foram expressas em porcentagem (%) ou sob a forma descritiva. As variáveis foram analisadas através de testes estatísticos, elegendo-se um valor de *p* inferior a 0,05 e, quando necessário, um intervalo de confiança de 95%, como significativos. No caso de comparar as variáveis contínuas, utilizamos o teste *t* de *Student*, o teste de *Friedman*. Para comparação das variáveis categóricas, usou-se os testes do qui quadrado, teste exato de Fisher e intervalo de confiança.

Resultados

No período de julho de 1998 a julho de 1999, foram referidas 18 crianças para participar deste estudo. Com base na escala de COMFORT, 6 dos 18 pacientes necessitaram de sedação extra antes da mudança de decúbito. Durante o experimento, nenhuma criança foi retirada do estudo por apresentar qualquer fator adverso relacionado à mudança de posição.

Na Tabela 1, pode-se observar as características demográficas da população estudada, cuja idade média foi de 11,5 (\pm 11,5) meses com uma mediana de 10,5 meses. Dos 18 pacientes, 10 pertenciam ao sexo masculino. Por ocasião do início do estudo, a média da relação da pressão parcial de oxigênio arterial sobre a fração de oxigênio inspirada (paO_2 / FiO_2) foi de 96 (\pm 41,8).

Dos 18 pacientes, havia 6 crianças (33%) definidas como tendo doença pulmonar caracterizada por diminuição da complacência pulmonar, sendo que 4 tinham diagnóstico de Síndrome do Desconforto/Angústia Respiratória Aguda (SARA) e 2, pneumonia intersticial. Doze crianças (66%) foram classificadas como tendo doença pulmonar relacionada ao aumento da resistência das vias aéreas, sendo 6 com bronquiolite, 2 com asma aguda grave e 4 com broncopneumonia.

Quando comparamos os dois grupos de doenças pulmonares (diminuição da complacência e aumento da resistência), antes de serem colocados na posição prona, podemos observar (Tabela 2) que não há diferença significativa entre eles.

Tabela 1 - Características demográficas dos pacientes em ventilação mecânica que se submeteram à posição prona

Paciente	Idade (me)	Gênero (m:f)	paO_2/FiO_2	$paCO_2$	paO_2	Dias VM	Doença	PIP/PEEP, FR, FiO_2	Evolução
1	3	m	161	41	97	7	BQLT	40/10,22,0,6	alta
2	2	m	96	55	77	3	BCP	32/4,33,0,8	óbito
3	2	m	51	83	51	8	BQLT	40/10,30,1,0	óbito
4	6	m	84	29	59	7	BQLT	32/6,26,0,7	alta
5	12	f	78	42	63	3	P INT	43/8,25,0,8	óbito
6	17	f	91	41	64	3	SARA	35/10,22,0,7	óbito
7	2	m	59	41	59	12	BQLT	38/9,28,1,0	alta
8	24	f	157	28	112	7	ASMA	56/6,25,0,7	óbito
9	2	f	42	82	38	20	BQLT	48/7,33,0,9	alta
10	11	m	86	32	69	6	SARA	45/18,25,0,7	óbito
11	12	f	75	70	60	9	ASMA	50/6,24,0,8	óbito
12	11	f	99	47	89	5	SARA	48/15,20,0,8	óbito
13	7	m	117	33	82	20	BCP	40/5,25,0,7	óbito
14	24	f	190	40	126	6	BCP	32/4,18,0,6	alta
15	2	m	55	49	55	1	P INT	40/5,33,0,6	óbito
16	48	m	130	34	78	15	P INT	33/6,18,0,6	alta
17	12	f	50	137	45	3	BQLT	42/7,27,0,9	óbito
18	10	m	108	75	65	6	SARA	39/9,20,0,6	óbito
Média (DP)	11,50 (\pm 11,50)	Fr:10:8	96,06 (\pm 41,78)	53,28 (\pm 27,39)	71,61 (\pm 22,87)	7,83 (\pm 5,57)	Com: n=6 Res: n=12	40,72/0,75 (\pm 6,79/0,13)	alta: n=6 ob: n=12

Idade (me), idade em meses; gênero, m, masculino, f, feminino; paO_2/FiO_2 , relação entre a pressão parcial de oxigênio arterial e a fração inspirada de oxigênio; $paCO_2$, pressão parcial de dióxido de carbono arterial em mmHg; paO_2 , pressão parcial de oxigênio arterial em mmHg; dias VM, dias de ventilação mecânica até o momento da mudança de posição; doença, doença que motivou a mudança de posição; PIP, pico de pressão inspiratória; PEEP, pressão expiratória final positiva; FR, frequência respiratória; evol, evolução; BQLT, bronquiolite; BCP, broncopneumonia; P INT, pneumonia intersticial; SARA, síndrome do desconforto/angústia respiratória aguda; $\bar{}$ com, diminuição da complacência pulmonar; $\bar{-}$ res, aumento da resistência pulmonar; fr, frequência do sexo masculino e feminino; n, número de pacientes; ob, óbito; DP, desvio padrão.

Tabela 2 - Comparação entre os grupos que apresentaram doença pulmonar com diminuição da complacência e os que apresentaram aumento da resistência

	Comp (n=6) Médias (DP)	Obst (n=12) Médias (DP)	p
Idade (me)	12,50 (±7,40)	11,00 (±13,38)	0,803
Gênero (m:f)	Fr: 3:3	Fr: 7:5	0,563
paO ₂ /FiO ₂	111,67 (±39,09)	88,25 (±42,47)	0,275
paCO ₂	48,33(±15,15)	55,75 (± 32,17)	0,603
paO ₂	81,67 (±23,63)	66,58 (±21,71)	0,196
Dias VM	4,83 (±1,47)	9,33 (±6,29)	0,107
PIP	38,50 (±6,77)	41,83 (±6,81)	0,341
FiO ₂	0,70 (±0,09)	0,78 (±0,15)	0,276
Evolução (A:O)	Fr ₁ : 5:1	Fr ₁ : 5:7	0,119

Obst, doença com aumento da resistência pulmonar; comp, doença com diminuição da complacência pulmonar; idade (me), idade em meses; m, masculino, f, feminino; n, número de pacientes; paO₂/FiO₂, relação entre a pressão parcial de oxigênio arterial e a fração de oxigênio inspirada prévia à mudança de posição; paCO₂, pressão parcial de dióxido de carbono arterial em mmHg; paO₂, pressão parcial de oxigênio arterial em mmHg; dias VM, dias de ventilação mecânica antes da posição prona; PIP, pico de pressão inspiratória; FiO₂, fração de oxigênio inspirada; A, alta, O, óbito; Fr, frequência do sexo masculino e feminino; Fr₁, frequência de alta e óbito dos pacientes; DP, desvio padrão; p, valores obtidos através dos testes t de Student e exato de Fisher, considerando significativo p <0,05.

Ao comparar a média da paO₂/FiO₂ antes da mudança da posição (S), durante a posição prona (P) e no retorno à posição supina (PP) (Tabela 3), podemos observar que não há diferença estatisticamente significativa. Entretanto, se analisarmos o número de pacientes que obtêm uma melhora na paO₂/FiO₂ de 20 na primeira hora de posição prona, observa-se que 5 dos 18 pacientes (27,7%) responderam à mudança de decúbito (p=0,045, pelo teste exato de Fisher, IC95%: 9,6% a 53,4%).

Quando comparamos o efeito da posição prona nos dois grupos, encontramos uma melhora na paO₂/FiO₂ em 33% (2/6) dos pacientes que utilizaram a posição prona e apresentavam doença com diminuição da complacência e me-

hora de 25% (3/12) nos pacientes portadores de aumento da resistência, não havendo diferença significativa entre estes dois grupos (p=0,57 pelo teste exato de Fisher).

Discussão

Em nosso estudo pudemos demonstrar que a posição prona é um procedimento simples e não invasivo que, quando aplicado em crianças com doença pulmonar aguda, em ventilação mecânica e com hipoxemia refratária (relação da pressão parcial de oxigênio arterial sobre a fração de oxigênio inspirada inferior a 200), promoveu melhora na oxigenação na 1ª hora em um considerável número de pacientes, sem aumentar os riscos e custos. Não encontramos efeitos adversos atribuídos à mudança de posição. Também não se observou diferenças na resposta entre os pacientes portadores de patologia pulmonar com diminuição da complacência e os pacientes com aumento da resistência pulmonar.

Uma das possíveis críticas a este estudo é a de não ser um estudo randomizado e duplo-cego, que representa a forma mais segura e eficaz de se avaliar uma intervenção médica, considerado como padrão-ouro em termos de comprovação e eficácia^{19,20}. Entretanto, em algumas ocasiões, em razão de dificuldade técnica, os estudos não controlados podem ser considerados como a melhor opção e apresentam um alto poder de impacto. Neste caso, entre outros cuidados, deve-se observar que a mensuração não esteja sujeita a interpretações subjetivas e, especialmente, não haver outros fatores envolvidos no desfecho^{21,22}. Em nosso estudo, utilizamos como medida principal de desfecho o impacto da oxigenação dos pacientes após realizarem a mudança de decúbito, durante a ventilação mecânica. A utilização do paciente como seu próprio controle é uma prática aceitável e segura, desde que a avaliação do fenômeno seja feita de forma independente do observador e em um período suficientemente curto para que não sofra a influência de outros fatores²³.

Tabela 3 - Evolução da paO₂/FiO₂ nos 18 pacientes antes, durante e após a mudança de decúbito

	Supina (S)	Prona (P)	Pós-Prona (PP)	p	paO ₂ /FiO ₂ ≥20
paO ₂ /FiO ₂	96,06	108,56	105,78	0,223	SxP:5 (27,7%)
médias (DP)	(±41,78)	(±62,38)	(±53,42)		PxPP:4(22,2%)
					SxPP:4 (22,2%)

paO₂/FiO₂, relação entre a pressão parcial de oxigênio arterial e a fração de oxigênio inspirada; supina (S), posição inicial; prona (P), durante a posição prona; pós-prona (PP), após o retorno à posição supina; p, valores obtidos através do teste de Friedman, considerando significativo p <0,05; paO₂/FiO₂ ≥20, número de pacientes que melhoraram a paO₂/FiO₂ no mínimo em 20 e, entre parênteses, a porcentagem; S x P, comparação da mudança da posição supina para a prona; P x PP, comparação da mudança da posição prona e retorno para a supina; S x PP, comparação do momento antes e após a intervenção (supina-prona-supina).

Uma outra crítica possível seria relacionada a utilizar a relação paO_2/FiO_2 para mensurar o efeito da posição prona na oxigenação deste grupo de pacientes. A relação paO_2/FiO_2 é um índice adotado mundialmente para avaliação da oxigenação de pacientes, sendo, inclusive, utilizado na definição e conceituação de SARA (consenso Europeu-Americano de ARDS). Entretanto, apesar de sua ampla aceitação, tem como principal crítica o fato de não levar em conta a pressão utilizada no respirador para atingir esta relação, como no caso do índice de oxigenação ($IO = PIP \times FiO_2 / pO_2$). Com o objetivo de comparar nossos resultados com os de outros estudos semelhantes na literatura, que utilizam de modo quase consensual a relação paO_2/FiO_2 , é que optamos por utilizar este índice com avaliador dos efeitos da manobra. Esta relação é usada também para avaliar insuficiência respiratória e indicação de ventilação mecânica em outras situações que não a SARA.

Um questionamento inevitável ao estudar este assunto refere-se ao possível mecanismo de ação da posição prona para promover melhora na oxigenação em pacientes com SARA. Ao examinarmos a TC de tórax de pacientes com SARA, observa-se que o pulmão encontra-se três vezes mais denso ao ser comparado com pulmão normal. Essa densidade é, provavelmente, devida à coleção de líquidos nos alvéolos e no interstício. O peso aumentado dos pulmões na SARA promove uma distribuição desigual da infiltração de líquidos, sujeita à ação da gravidade no aumento do gradiente (vertical) da pressão transpulmonar, resultando em uma área pulmonar dependente colapsada (porções posteriores quando em decúbito dorsal)^{8,24}.

Uma proposta para explicar as diferenças regionais na SARA é através da “esponja umedecida”. O pulmão do paciente com SARA é edemaciado, contendo mais líquido que o pulmão de uma pessoa sadia. Se dividirmos a esponja em sessões de cima para baixo, mesmo que o líquido se distribua uniformemente pela esponja, a pressão das sessões mais baixas poderá ser mais alta devido ao peso acumulado pela coluna de líquido acima. No pulmão, este aumento da pressão é suficientemente alto para colapsar os alvéolos²⁵.

As publicações sobre a posição prona restringem-se a séries de poucos casos que têm mostrado melhora na oxigenação^{2,6}. O mecanismo de ação da posição prona poderia estar relacionado à reexpansão de atelectasias induzida pela gravidade, alteração da relação V/Q , aumento na capacidade residual e correção da estase venosa. Através de experimentos em animais, com indução de SARA, observou-se que a mudança da posição supina para a prona criou uma pressão transpulmonar suficiente para exceder a pressão de abertura da via aérea na região dorsal, melhorando a ventilação, e não alterando a perfusão regional. Ao melhorar a relação V/Q , houve também redução da fração de *shunt* (Q_s/Q_t). As áreas pouco aeradas na região dorsal são recrutadas com pouca ou nenhuma mudança na ventilação na região ventral do pulmão, provocando, assim, maior homogeneidade na relação V/Q (pela diminuição da

proporção de áreas com reduzida V/Q)^{11,26-30}. A melhora da distribuição da relação V/Q na posição prona também pode ser comprovada em seres humanos, observando-se o recrutamento de áreas previamente atelectasiadas, mas sem doença³¹.

Ao utilizarmos a posição prona, ocorre a redução da pressão pleural positiva na região dorsal que se desenvolveu pela presença de lesão ou edema pulmonar. Logo, o gradiente da pressão pleural em relação à pressão transpulmonar é virtualmente eliminado, fato que, além da reabertura dos alvéolos, pode reduzir a lesão pulmonar induzida pelo ventilador e, provavelmente, sugerir até uma proteção contra o risco de SARA^{26,30,32,33}.

O recrutamento do espaço alveolar promovido pela posição prona pode também proporcionar o aumento do efeito de vasodilatadores inalados como o óxido nítrico, provocando melhora mais acentuada na oxigenação do que se usados isoladamente. Pequenas séries de casos têm sido registradas, sendo proposta essa associação como alternativa em pacientes com SARA e severa hipoxemia³⁴⁻³⁶.

A posição prona, ao mobilizar o doente, melhora a drenagem da secreção das vias aéreas, podendo explicar o motivo pelo qual alguns pacientes sem doença restritiva melhoram a oxigenação. A simples mobilização do paciente acamado, pelo aumento da drenagem de secreções, pode reduzir o risco de infecção respiratória^{30,37}.

O período de 1 hora escolhido para a avaliação da criança em posição prona permite uma aferição do efeito a curto prazo. Nesta eventualidade não deveriam existir outros fatores que pudessem trazer algum impacto positivo na oxigenação destes pacientes em tão pouco tempo. Através de estudos tomográficos de tórax, sabe-se que, em poucos minutos após a mudança de posição supina para a prona, a densidade desloca-se da região dorsal para a ventral, que coincide com melhora da oxigenação (da antiga região dependente para a nova região dependente)^{7,8,11}.

Curley MAQ *et al.* analisando o efeito da posição prona em crianças com injúria pulmonar aguda ($paO_2/FiO_2 \leq 300$) encontraram uma melhora em 44% dos pacientes, achado similar ao do nosso estudo ($p=0,28$), porém no final de 19 horas, a melhora chegou a 80%, incluindo aqueles que não eram responsivos inicialmente. Estes resultados reforçam a hipótese de que o fator tempo tenha uma importância no efeito benéfico da posição prona³⁸.

Não podemos deixar de comentar sobre o uso de sedação em nossos pacientes. A escala de COMFORT foi utilizada apenas para que o pesquisador fizesse uma avaliação do grau de sedação dos pacientes candidatos a participarem do estudo e a necessidade de sedação extra durante a mudança de decúbito. Seis pacientes necessitaram sedação extra antes de ser efetuada a mudança para posição prona. A condição para que os pacientes fossem colocados na posição prona seria de que estivessem adequadamente sedados, obedecendo a escala de COMFORT. Portanto, a nosso juízo, a administração de sedativos extra

não serviu como viés na avaliação de oxigenação das crianças, pois permitiu que todas as crianças estivessem com o mesmo grau de sedação.

Pudemos observar que os nossos pacientes apresentaram um tempo consideravelmente longo de VM no momento da entrada no estudo, com uma média de 7,83 ($\pm 5,57$) dias, fato que sugere possuírem doenças refratárias às medidas usuais de tratamento (pressão inspiratória e fração de oxigênio inspirada altas). Todavia, esse tempo ainda pode ser insuficiente para causar uma lesão pulmonar definitiva²⁶. Lembrando especialmente da SARA, são reconhecidas duas fases distintas na sua evolução, uma inicial, seguida de uma fase fibroproliferativa. A fase inicial caracteriza-se por edema pulmonar e atelectasias em áreas dependentes, sendo o recrutamento alveolar uma medida terapêutica fundamental; contudo, durante a fase tardia da SARA (10 a 14 dias), o pulmão torna-se fibrótico e fragilizado, aparecendo cistos e lesões enfisematosas nas áreas dependentes, tornando-se, o PEEP e a mudança de posição, medidas deletérias e sem valor^{12,26}. Cabe ressaltar também que a maioria dos pacientes deste estudo (12 pacientes) tinha uma relação $paO_2/FiO_2 < 100$ antes da mudança de decúbito, tratando-se de pacientes graves que haviam falhado nas estratégias ventilatórias usualmente preconizadas para a melhora da oxigenação, portanto também passíveis de falha quando fossem colocados em prona.

O fato de realizar a mudança de posição em doenças pulmonares distintas não foi uma idéia original, visto que alguns casos com doenças obstrutivas já foram apresentados, obtendo, inclusive, resultados positivos^{16,39}. Apesar da maioria dos estudos com a posição prona, em pacientes hipoxêmicos, ser em relação à SARA, os benefícios dessa posição puderam ser vistos também em doenças com predominância unilateral no raio X (como na pneumonia), insuficiência respiratória aguda ou crônica e cardiomegalia com colapso do lobo inferior esquerdo^{16,40,41}.

Os valores da paO_2/FiO_2 obtidos nesta pesquisa (27,7% de melhora no grupo total), após 1 hora de colocação em posição prona, não ficam distantes dos encontrados na literatura (44 a 75%)^{28,31,36,38,39}. Provavelmente, nossos resultados tenham relação com a população mista estudada (doença pulmonar obstrutiva e restritiva) e também com o tipo de comprometimento pulmonar envolvido. Recentemente, Gattinoni (1998) diferenciou a SARA em duas doenças, conforme sua etiologia: SARA direta ou pulmonar e SARA indireta ou extra-pulmonar; na SARA indireta, há um insulto pulmonar secundário a uma doença extra-pulmonar como, por exemplo, trauma, sepse, predominando edema intersticial e colapso alveolar, todos, por isso, responsivos às manobras de recrutamento^{26,42}. Acreditamos tratar-se de um aspecto relevante na resposta à posição prona, pois, dos nossos quatro pacientes com SARA, três tinham pneumonia, ou seja, SARA pulmonar; eram, portanto, pouco responsivos a manobras de recrutamento.

Por fim, consideramos de grande importância clínica a consideração da posição prona, dentre as várias opções

utilizadas ou sugeridas no tratamento da insuficiência respiratória. Embora a VM permaneça como fundamental na terapia da SARA, as terapias adjuntas estão ganhando interesse, com a finalidade de reduzir o risco de iatrogenias provocadas pelo respirador, que acabam agravando a lesão pulmonar²⁶. O uso da posição prona tem prioritariamente um objetivo: a melhora da ventilação-perfusão. O efeito dessa melhora pode ter impacto em pelo menos três grandes aspectos terapêuticos: reduzir a toxicidade do oxigênio, recrutar o espaço alveolar para reduzir o risco de barotrauma e melhorar a drenagem postural da secreção brônquica, reduzindo o risco de infecção^{2,37}.

Referências bibliográficas

1. Parker JC, Hernandez LA, Peevy KJ. Mechanisms of ventilator-induced lung injury. *Crit Care Med* 1993;21:131-43.
2. Ryan DW, Pelosi P. The prone position in acute respiratory distress syndrome. Small studies have shown that it improves oxygenation. *BMJ* 1996;312:860-1.
3. Paulson TE, Spear RM, Peterson BM. New conception in the treatment of children with acute respiratory distress syndrome. *J Pediatr* 1995;127:163-75.
4. Rimensberger PC, Cox PN, Frndova H, Bryan AC. The open lung during small tidal volume ventilation: concepts of recruitment and "optimal" positive end-expiratory pressure. *Crit Care Med* 1999;27:1946-52.
5. Medoff BD, Harris RS, Kesselman H, Venegas J, Amato MB, Hess D. Use of recruitment maneuvers and high-positive end-expiratory pressure in a patient with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2000;28:1210-6.
6. Tobin A, Kelly W. Prone ventilation- it's time. *Anaesth Intensive Care* 1999;27:194-201.
7. Pelosi P, D'Andrea L, Vitale G, Pesenti A, Gattinoni L. Vertical gradient of regional lung inflation in adult respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;149:8-13.
8. Pelosi P, Crotti S, Brazzi L, Gattinoni L. Computed tomography in adult respiratory distress syndrome: what has it taught us? *Eur Resp J* 1996; 9:1055-62.
9. Desai SR, Hansell DM. Lung imaging in the adult respiratory distress syndrome: current practice and new insights. *Intensive Care Med* 1997;23:7-15.
10. Puybasset L, Cluzel P, Chao N, Slutsky AS, Coriat P, Rouby J-J and CT scan ARDS study group. A computed tomography scan assessment of regional lung volume in acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158:1644-55.
11. Lamm WJE, Graham MM, Albert RK. Mechanism by which the prone position improves oxygenation in acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;150:184-93.
12. Blanch L, Mancebo J, Perez M, Martinez M, Mas A, Betbese AJ, et al. Short-term effects of prone position in critically ill patients with acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 1997; 23:1033-9.
13. Vollman KM, Bander JJ. Improved oxygenation utilizing a prone positioner in patients with acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 1996;22:1105-11.
14. Flaaten H, Aardal S, Hevroy O. Improved oxygenation using the prone position in patients with ARDS. *Acta Anaesthesiol Scand* 1998;42:329-34.

15. Servillo G, Roupie E, De Robertis E, Rossano F, Brochard L, Lemaire F, et al. Effects of ventilation in ventral decubitus position on respiratory mechanics in adult respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 1997; 23:1219-24.
16. Chatte G, Sab J-M, Dubois J-M, Sirodot M, Gaussorgues P, Robert D. Prone position in mechanically ventilated patients with severe acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155:473-8.
17. Fridrich P, Krafft P, Hochleuthner H, Mauritz W. The effects of long-term prone positioning in patients with trauma-induced adult respiratory distress syndrome. *Anesth Analg* 1996;83:1206-11.
18. Covelli HD, Nesson VJ, Tuttle WK. Oxygen derived variables in acute respiratory failure. *Crit Care Med* 1983;11:646-9.
19. Sackett DL, Haynes RB, Guyatt GH, Tugwell P. *Clinical epidemiology*. 3ª ed. Boston: Little, Brown & Company; 1991.
20. Feldman W. Evidence-based paediatrics. *Evidence-Based Medicine* 1998:134-5.
21. Outwater KM. Ethics of research in pediatric critical care. In: Korean G. *Textbook of ethics in pediatric research*. Florida: Krieger Publishing Co; 1992. p.107-16.
22. Fletcher RH, Fletcher SW, Wagner EH. *Epidemiologia clínica: elementos essenciais*. 3ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas;1996.
23. Pocock SJ. Crossover trials. In: *Clinical Trials: a practical approach*. New York: John Wiley & Sons; 1983. p.110-22.
24. Gattinoni L, D'Andrea L, Pelosi P, Vitale G, Pesanti A, Fumagalli R. Regional effects and mechanism of positive end-expiratory pressure in early adult respiratory distress syndrome. *JAMA* 1993;269:2122-7.
25. Bone RC. The ARDS lung: new insights from computed tomography. *JAMA* 1993;269:2134-5.
26. Johannigman JA, Campbell RS, Branson RD, Hurst JM. Ventilatory support of the critically injured patient. *New Horizons* 1999;7:116-30.
27. Mutoh T, Guest RJ, Lamm WJE, Albert RK. Prone position alters the effect of volume overload on regional pleural pressures and improves hypoxemia in pigs in vivo. *Am Rev Respir Dis* 1992;146:300-6.
28. Sinclair SE, Albert RK. Altering ventilation-perfusion relationships in ventilated patients with acute lung injury. *Intensive Care Med* 1997;23:942-50.
29. Treppo S, Mijailovich SM, Venegas JG. Contributions of pulmonary perfusion and ventilation to heterogeneity in V/Q measured by PET. *J Appl Physiol* 1997;82:1163-76.
30. Albert RK. The prone position in acute respiratory distress syndrome: where we are, and where do we go from here. *Crit Care Med* 1997;25:1453-4.
31. Pappert D, Rossaint R, Slama K, Grüning T, Falke KJ. Influence of positioning on ventilation-perfusion relationships in severe adult respiratory distress syndrome. *CHEST* 1994;106:1511-6.
32. Albert RK, Leasa D, Sanderson M, Robertson HT, Hlastala MP. The prone position improves arterial oxygenation and reduces shunt in oleic-acid-induced acute lung injury. *Am Rev Respir Dis* 1987;135:628-33.
33. Broccard AF, Shapiro RS, Schmitz LL, Ravenscraft AS, Marini JJ. Influence of prone position on the extent and distribution of lung-injury in a high tidal volume oleic acid model of acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 1997;25:16-27.
34. Germann P, Pöschl G, Leitner C, Urak G, Ullrich R, Faryniak B, et al. Additive effect of nitric oxide inhalation on the oxygenation benefit of the prone position in the adult respiratory distress syndrome. *Anesthesiology* 1998;89:1401-6.
35. Martinez M, Diaz E, Joseph D, Villagrà A, Mas A, Fernandez R, et al. Improvement in oxygenation by prone position and nitric oxide in patients with acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 1999;25:29-36.
36. Jolliet P, Bulpa P, Ritz M, Ricou B, Lopez J, Chevrolet JC. Additive beneficial effects of the prone position, nitric oxide, and almitrine bismesylate on gas exchange and oxygen transport in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 1997;25:786-94.
37. DeBoisblanc BP. The science of turning. *Crit Care Med* 1997; 25:1456-7.
38. Curley MAQ, Thompson JE, Arnold JH. The effects of early and repeated prone positioning in pediatric patients with acute lung injury. *CHEST* 2000;118:156-63.
39. Mure M, Martling C-R, Lindahl SGE. Dramatic effect on oxygenation in patients with severe acute lung insufficiency treated in the prone position. *Crit Care Med* 1997;25:1539-44.
40. Webster NR. Ventilation in the prone position. *Lancet* 1997; 349:1638-9.
41. Lavender JP, Peters AM. Regional ventilation in the prone position. *Lancet* 1997;350:1177.
42. Gattinoni L, Pelosi P, Suter PM, Pedoto A, Vercesi P, Lissoni A. Acute respiratory distress syndrome caused by pulmonary and extrapulmonary disease: different syndromes? *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158:3-11.

Endereço para correspondência:

Dr. Francisco Bruno
 Av. Ipiranga 6690 - 5º andar
 UTI Pediátrica - Hospital São Lucas da PUCRS
 Jardim Botânico – Porto Alegre, RS
 Fax: (51) 3315.2400 – E-mail: jpiva@pucrs.br