



Revista Paulista de Pediatria

ISSN: 0103-0582

rpp@spsp.org.br

Sociedade de Pediatria de São Paulo  
Brasil

de Cássia Malagoli, Rita; Fagundes A. Santos, Fabiana; Araújo Oliveira, Eduardo;  
Bouzada, Maria Cândida F.

Influência da posição prona na oxigenação, frequência respiratória e na força muscular  
nos recém-nascidos pré-termo em desmame da ventilação mecânica

Revista Paulista de Pediatria, vol. 30, núm. 2, 2012, pp. 251-256

Sociedade de Pediatria de São Paulo

São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=406038941015>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Influência da posição prona na oxigenação, frequência respiratória e na força muscular nos recém-nascidos pré-termo em desmame da ventilação mecânica

*Influence of prone position on oxygenation, respiratory rate and muscle strength in preterm infants being weaned from mechanical ventilation*

Rita de Cássia Malagoli<sup>1</sup>, Fabiana Fagundes A. Santos<sup>2</sup>, Eduardo Araújo Oliveira<sup>3</sup>, Maria Cândida F. Bouzada<sup>4</sup>

## RESUMO

**Objetivo:** Verificar a influência do posicionamento do recém-nascido prematuro sobre a força da musculatura respiratória, oxigenação e frequência respiratória.

**Métodos:** Estudo transversal com amostra pareada de recém-nascidos com idade gestacional inferior a 34 semanas, intubados, em processo final de desmame de ventilação mecânica. Foram excluídos aqueles com malformações, síndromes genéticas, doenças neuromusculares, traqueostomizados e em pós-operatório de cirurgias abdominais ou torácicas. As medidas de pressão inspiratória máxima foram aferidas utilizando-se manovacuômetro digital; a frequência respiratória através da observação das incursões respiratórias das crianças em um minuto e a saturação de oxigênio por oxímetro, nas posturas prona e supino. Os testes estatísticos aplicados foram Kruskal-Wallis, o teste *t* de Student e o coeficiente de correlação de Pearson, sendo significante  $p < 0,05$ .

**Resultados:** Foram estudadas 45 crianças com síndrome do desconforto respiratório. A idade gestacional média foi de 30,4 semanas e o peso médio ao nascer de 1522g. Os valores de saturação de oxigênio foram mais elevados ( $p < 0,001$ ) e os de pressão inspiratória máxima mais baixos ( $p < 0,001$ ) na posição prona. Os valores de frequência respiratória foram semelhantes nas duas posições estudadas ( $p = 0,072$ ).

**Conclusões:** Observaram-se menores valores de pressão inspiratória além de aumento da saturação de oxigênio na

posição prona quando comparada à supino. Em relação à frequência respiratória, não foi observada variação entre as posturas prona e supino.

**Palavras-chave:** postura; prematuro; oxigenação.

## ABSTRACT

**Objective:** To verify the influence of preterm infant positioning on respiratory muscle strength, oxygenation and respiratory rate.

**Methods:** Cross-sectional study with a paired sample of intubated infants born with gestational age less than 34 weeks, in the final process of weaning from mechanical ventilation. Infants with malformation, genetic syndromes, neuromuscular diseases, tracheotomies and in the postoperative period of abdominal and thoracic surgery were excluded. Maximum inspiratory pressure measures were checked by a digital manometer; respiratory rate was visually observed during one minute and oxygen saturation was measured by a pulse oximeter in prone and supine postures. Kruskal-Wallis and Student's *t*-test and Pearson correlation coefficient were applied, being significant  $p < 0.05$ .

**Results:** 45 infants with respiratory distress syndrome were evaluated. The mean gestational age was 30.4 weeks and the mean birth weight was 1522g. The oxygen saturation was higher in prone position ( $p < 0.001$ ). Values of

Instituição: Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil

<sup>1</sup>Mestre em Ciências da Saúde pela UFMG; Fisioterapeuta do Hospital das Clínicas da UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil

<sup>2</sup>Acadêmica de Medicina da UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil

<sup>3</sup>Doutor em Ciências da Saúde pela UFMG; Professor Titular da UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil

<sup>4</sup>Doutor em Ciências da Saúde pela UFMG; Professor Adjunto da UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil

Endereço para correspondência:

Maria Cândida Ferrarez Bouzada  
Avenida Professor Alfredo Balena, 190 – sala 2.002  
CEP 30130-100 – Belo Horizonte/MG  
E-mail: bouzada@medicina.ufmg.br

Conflito de interesse: nada a declarar

Recebido em: 27/5/2011

Aprovado em: 18/10/2011

maximum inspiratory pressure were lower in prone when compared to infants in the supine position ( $p < 0.001$ ). Respiratory rate was similar in the two studied positions ( $p = 0.072$ ).

**Conclusions:** There was a lower inspiratory pressure and a higher oxygen saturation in prone position when compared to the supine one. Concerning the respiratory rate there was no variation between prone and supine position.

**Key-words:** posture; infant, premature; oxygenation.

## Introdução

A postura prona tem sido relacionada à maior oxigenação em função do aumento significativo da movimentação da caixa torácica nessa posição<sup>(1)</sup> e do melhor sincronismo entre tórax e abdome pelo fato de a incursão e a porcentagem do encurtamento diafragmático serem mais elevadas na postura prona em relação à supina<sup>(2)</sup>. Alguns estudos apontam o aumento do volume corrente como responsável pela maior oxigenação em prono<sup>(3,4)</sup>, assim como o aumento da capacidade residual funcional<sup>(5)</sup>, da relação ventilação-perfusão<sup>(6-7)</sup> e do recrutamento alveolar<sup>(8)</sup> nessa posição.

Em prematuros, a postura pode afetar os mecanismos respiratórios, levando a alterações nas trocas gasosas. Alguns estudos sobre o posicionamento de recém-nascidos pré-termo, com ou sem doença pulmonar, atestam melhora significativa da oxigenação na postura prona em relação à postura supina<sup>(9,10)</sup>. A postura prona também está relacionada à melhora no padrão do sono<sup>(11,12)</sup>, menor variação na frequência cardíaca<sup>(11,12)</sup>, menor frequência de apneia central e mista<sup>(13,14)</sup>, menor frequência de bradicardia e episódios de queda de saturação durante os períodos de apneia<sup>(13)</sup>, além de se relacionar à frequência respiratória (FR) mais alta<sup>(15)</sup>. A variação da FR, entretanto, não foi relatada em outros estudos<sup>(16,17)</sup>.

Na tentativa de explicar a melhora da oxigenação na postura prona em crianças, algumas pesquisas foram realizadas<sup>(3,5-9)</sup>. Baseando-se nesses trabalhos, pode-se inferir que o diafragma atue como o principal músculo na respiração em prematuros e que os músculos expiratórios sejam responsáveis por gerar mais força na postura prona. Entretanto, Dimitriou *et al*<sup>(18)</sup> afirmaram que as medidas da pressão inspiratória máxima (PI<sub>máx</sub>) foram maiores na postura supina quando comparadas às da postura prona,

sugerindo que a maior oxigenação na postura prona não se deve à maior força diafragmática nessa posição. Assim, os efeitos do posicionamento sobre os mecanismos respiratórios responsáveis pela melhora na oxigenação na posição prona ainda não foram completamente elucidados. A população de crianças prematuras dos estudos anteriores variou em relação à idade gestacional, presença ou não de comprometimento respiratório, técnica utilizada e parâmetros de função pulmonar quantificados.

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi investigar e comparar a influência das posturas prona e supina na oxigenação, FR e força da musculatura respiratória em recém-nascidos pré-termo.

## Método

Trata-se de um estudo transversal, com amostra pareada, sendo cada criança seu próprio controle. Foram avaliadas 45 crianças com idade gestacional igual ou inferior a 34 semanas, em processo de desmame de ventilação mecânica, no período de junho de 2006 a agosto de 2007. Todas as crianças admitidas tiveram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado pelos pais para participarem do estudo, e o protocolo foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais. Crianças com malformações, síndromes genéticas ou doenças neuromusculares e as traqueostomizadas ou que estavam em pós-operatório de cirurgias abdominais ou torácicas foram excluídas do estudo.

As medidas da PI<sub>máx</sub>, FR e saturação de oxigênio (SatO<sub>2</sub>) foram obtidas quando a criança apresentava respiração espontânea com mais de 30 incursões respiratórias por minuto (irpm) e quadro clínico estável. A avaliação foi feita quando as crianças haviam recebido dieta há, no mínimo, uma hora, após duas horas da interrupção da sedação, e não se mostravam irritadas ou chorosas durante as medidas. Para o estudo, os pacientes estavam sob monitorização cardíaca, monitorização contínua não invasiva da pressão arterial (PNI), saturimetria com monitor Dixtal® e tiveram a temperatura corporal estabilizada na faixa de 36–37°C em incubadoras. Nenhuma criança usou corticoterapia ou broncodilatador antes da aferição dos dados respiratórios. Os dados foram colhidos no período máximo de duas horas antes da extubação.

Cada criança foi avaliada apenas uma vez, momento em que os seguintes dados clínicos foram coletados: peso ao nascer, idade gestacional, Apgar, sexo, data de

nascimento, tipo de parto, uso de aminofilina e/ou corticoide pela criança, uso de corticoide pela mãe, data da intubação, tempo de ventilação mecânica, uso de suporte ventilatório – pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP) – no período pós-extubação, peso à extubação e ocorrência de displasia broncopulmonar. Logo após, as medidas de PImáx, FR e SatO<sub>2</sub> foram feitas em prono e supino, sendo as posturas escolhidas aleatoriamente, optando-se por iniciar a avaliação com a postura em que a criança se encontrava naquele momento.

O recém-nascido foi posicionado em postura prona sobre um rolete colocado longitudinalmente ao seu corpo, o qual manteve a caixa torácica e o abdome estabilizados. Dessa forma, o abdome permaneceu restrito durante as incursões respiratórias. A cabeça foi posicionada para o lado direito, os membros superiores permaneceram em abdução a 90° e rotação externa de ombros e flexão a 90° de cotovelos. A posição supina foi assumida com a cabeça na linha média, com os membros superiores aduzidos ao lado do tórax, ficando os membros inferiores levemente flexionados (30–40°) nos quadris e joelhos. Tanto para a posição prona quanto para a supina, o leito estava elevado em 15°.

Antes da medida de PImáx, SatO<sub>2</sub> e FR, foram realizados higiene brônquica e posicionamento adequado do bebê, aguardando-se 15 minutos para que o paciente se acalmasse. As medidas de FR, SatO<sub>2</sub> e PImáx foram então aferidas nessa sequência. Logo após, foi feita a mudança postural aguardando-se 15 minutos para estabilização, sendo então obtidas novas medidas de FR, SatO<sub>2</sub> e PImáx. As medidas foram coletadas por um mesmo examinador, de forma aleatória em relação ao posicionamento.

Os valores da PImáx foram aferidos usando-se um manovacuômetro digital MDV 300 (Globalmed®) conectado a uma válvula unidirecional que permitiu a expiração, mas não a inspiração. Essa válvula foi conectada ao tubo endotraqueal. As medidas de PImáx foram efetuadas a partir de oclusão do aparelho durante 20 segundos ou no máximo dez ciclos respiratórios espontâneos da criança, sem haver queda de saturação abaixo de 85% ou redução de frequência cardíaca abaixo de 90bpm<sup>(19,20)</sup>. Foram feitas três séries de oclusões com intervalo de cinco minutos entre elas<sup>(21,22)</sup>. O maior valor de pressão inspiratória encontrado foi eleito Pimáx.

As medidas de saturação foram coletadas com o oxímetro (Dixtal®). O sensor do saturímetro foi fixado no pé esquerdo da criança. A FR foi medida a partir da observação da ocorrência de incursões respiratórias das crianças em um minuto.

Como não foram encontrados dados sobre a proporção de crianças que apresentam alteração da Pimáx em posição prona e supina quando em desmame de ventilação mecânica na literatura, realizou-se um estudo piloto com dez recém-nascidos pré-termo, seguindo-se a metodologia da presente pesquisa. Verificou-se neste estudo, que 90% das crianças apresentavam alterações da Pimáx na mudança da posição prona para a supina ou vice-versa, ou seja, a primeira medida de PImáx se alterou quando a criança foi mudada da posição inicial. A partir desses achados, o cálculo amostral foi feito no programa Epi-Info 6. Para o cálculo de amostra a ser incluída no estudo, foram considerados: poder do estudo de 80% e nível de significância de 5%. Considerou-se a proporção do nível de expostos (posição prona) e não expostos (posição supina) de 9:10, ou seja, a frequência de alteração de PImáx em prona foi de 90% e na postura supino de 100%. Usando-se esses parâmetros, a amostra calculada foi de 34 crianças.

A comparação entre variáveis contínuas foi feita por teste de Kruskal-Wallis, calculado pelo Epi-Info. Na comparação de valores do mesmo paciente na posição supina e posição prona, foi utilizado o teste *t* de Student. Na comparação entre duas variáveis contínuas, aplicou-se o coeficiente de correlação de Pearson. Considerou-se significativa  $p < 0,05$ .

## Resultados

Foram avaliadas 45 crianças prematuras nascidas com idade gestacional média de 30,4 semanas (26–34 semanas) e peso ao nascimento de 1522g (700–2590g). Dessas, 23 (51%) eram do sexo masculino e 25 (56%) nasceram de parto normal. Em relação às mães, 24 (53%) receberam corticoterapia para maturação pulmonar do feto antes do parto. Das 45 crianças estudadas, 36 (80%) usaram surfactante.

Nos 45 recém-nascidos estudados, a média da FR foi de 57irpm e 53,6irpm nas posições supina e prona, respectivamente ( $p = 0,072$ ). A SatO<sub>2</sub> em supino foi de 93,5%, enquanto em prono foi de 96,8% ( $p < 0,001$ ). A PImáx foi de 53,4cmH<sub>2</sub>O em supino e de 43,9cmH<sub>2</sub>O em prono ( $p < 0,001$ ) (Tabela 1).

Das 45 crianças prematuras estudadas, 25 (56%) apresentaram PImáx em supino maior que a média de PImáx evidenciada no estudo, ou seja, 53cmH<sub>2</sub>O. Dessas, 14 (56%) tinham idade pós-concepção maior ou igual a 33 semanas.

**Tabela 1** - Comparação de parâmetros respiratórios nas posições supina e prona de recém-nascidos pré-termo em desmame de ventilação mecânica

	Supino	Prono	Valor <i>p</i>
	Média±DP	Média±DP	
FR (irpm)	57,0±11,4	53,6±12,6	0,072
SatO <sub>2</sub> (%)	93,5±11,6	96,8±11,6	<0,001
PI <sub>máx</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	53,4±14,9	43,9± 5,5	<0,001

DP: desvio padrão; FR: frequência respiratória; irpm: incursões respiratórias por minuto; SatO<sub>2</sub>: saturação de oxigênio; PI<sub>máx</sub>: pressão inspiratória máxima

**Tabela 3** - Variação na saturação de oxigênio (%) de recém-nascidos pré-termo em desmame de ventilação mecânica

	Média±DP	Valor <i>p</i>
Sexo masculino	1,74±1,60	0,330
Parto cesariano	1,45±1,70	0,570
Uso de surfactante	1,92±1,59	0,008
Uso de corticoterapia pré-natal	1,67±1,33	0,120
Reintubação	1,86±0,90	0,280
CPAP	1,52±1,38	0,850
Displasia broncopulmonar	1,71±0,78	0,450

DP: desvio padrão; CPAP: pressão positiva contínua nas vias aéreas

**Tabela 2** - Correlação (valor de *r*) entre características clínicas e pressão inspiratória máxima, saturação de oxigênio e frequência respiratória de recém-nascidos pré-termo em desmame de ventilação mecânica

	Frequência respiratória		PI <sub>máx</sub>		SatO <sub>2</sub>	
	<i>r</i>	Valor <i>p</i>	<i>r</i>	Valor <i>p</i>	<i>r</i>	Valor <i>p</i>
Idade gestacional (semanas)	0,012	0,940	-0,098	0,524	-0,002	0,989
Peso ao nascer (g)	-0,107	0,485	-0,151	0,321	-0,107	0,486
Peso à extubação (g)	-0,067	0,660	-0,104	0,495	-0,096	0,531
Ventilação mecânica (h)	0,001	0,992	0,151	0,321	0,077	0,617

PI<sub>máx</sub>: pressão inspiratória máxima; SatO<sub>2</sub>: saturação de oxigênio

Pode-se observar nas Tabelas 2 e 3 que não há correlação entre a variação da PI<sub>máx</sub> e a da FR com nenhuma das características clínicas analisadas: sexo, tipo de parto, uso de surfactante pela criança, uso de corticoide pela mãe, uso de suporte ventilatório (CPAP) no período pós-extubação, necessidade de reintubação, ocorrência de displasia broncopulmonar, idade gestacional, peso ao nascer, peso à extubação, Apgar 5º minuto, tempo de ventilação mecânica. Entretanto, os pacientes que usaram surfactante tiveram maior variação na saturação de oxigênio do que os que não usaram (*p*=0,008).

## Discussão

O presente estudo mostrou aumento de SatO<sub>2</sub> em 87% dos pacientes na posição prona, dado este confirmado pela literatura atual, que indica que essa posição melhora a oxigenação em crianças respirando espontaneamente<sup>(9,16,23,24)</sup> e em crianças sob ventilação mecânica<sup>(25)</sup>. Essa melhora na SatO<sub>2</sub> não se relacionou a nenhuma outra variável do estudo, exceto ao uso de surfactante, sugerindo, portanto, um fator causal intrínseco tal como alterações fisiológicas e mecânicas do aparelho respiratório causadas por mudanças posturais ou pelo uso do surfactante.

A melhor oxigenação em prono poderia sugerir maior eficácia do diafragma durante sua contração, gerando mais força, melhorando a ventilação e, assim, otimizando as trocas gasosas. Estudos anteriores mostram que a postura prona aumenta o volume corrente<sup>(3,4)</sup>, aumenta a capacidade residual funcional<sup>(5)</sup> e leva à estabilização da caixa torácica com mais sincronia entre tórax e abdome<sup>(1)</sup>. No entanto, também já foi demonstrado que a PI<sub>máx</sub> é menor na postura prona quando comparada à postura supina<sup>(18)</sup>. Este trabalho também mostrou que a PI<sub>máx</sub> foi menor em prono em comparação à postura supina (*p*<0,0001). A razão dessa diminuição de força da musculatura inspiratória na postura prona pode ser devida à alteração na relação comprimento-tensão do diafragma, ocorrida com a mudança postural<sup>(2)</sup>.

Em relação à frequência respiratória, os dados encontrados são similares aos da literatura que constataram que o posicionamento em prono ou supino não influencia a FR<sup>(10,16,17)</sup>.

Este trabalho foi realizado na postura prona e supina com elevação da cabeceira a 15°, o que pode ter levado a resultados diferentes de outros registrados. Foram destacadas diferenças entre a postura prona com cabeceira a 15° e a postura supina e cabeceira a 0°<sup>(26)</sup>. Dimitriou *et al*<sup>(18)</sup> informaram diferença na PI<sub>máx</sub> e SatO<sub>2</sub> quando compararam a postura prona com cabeceira a 0° com a postura supina com cabeceira a 0° e 45°, sendo a PI<sub>máx</sub>

maior em supino com cabeça a 0° e 45° e a SatO<sub>2</sub> maior em prono e em supino com cabeça a 45°. Além disso, o posicionamento da cabeça também pode afetar o mecanismo respiratório. A flexão excessiva do pescoço em recém-nascidos, principalmente no pré-termo, pode levar à obstrução das vias aéreas e causar apneia<sup>(27)</sup>. Dimitriou *et al*<sup>(18)</sup> comentam não haver diferença significativa entre as posições supino com cabeça na linha média e supino com cabeça para direita. Neste estudo, foi usada a postura prona com cabeça para a direita e postura supina com cabeça na linha média.

O tempo em que as crianças permanecem em cada posição também pode interferir nos resultados. Alguns autores relatam efeitos da posição prona em curto prazo, isto é, de dois a 20 minutos<sup>(5,10)</sup>. Outros demonstram mais benefícios da posição prona quando a permanência nessa for maior, entre 30 minutos e 48 horas<sup>(15,19)</sup>.

A postura prona, nesta investigação, foi realizada com apoio abdominal, isto é, com restrição abdominal. O apoio abdominal na posição prona tem sido descrito tanto em adultos quanto em crianças. Entretanto, Wagaman *et al*<sup>(28)</sup>, avaliando recém-nascidos intubados, compararam a posição prona com abdome restrito e livre e concluíram não existir diferença significativa entre as duas posições quanto aos parâmetros avaliados.

A técnica de aferição das medidas de PImáx também pode influir nos resultados. Este também é um assunto controverso na literatura, pois as medidas de PImáx não são padronizadas para crianças abaixo de cinco anos de

idade. No tocante aos testes de músculos respiratórios, especificamente as medidas de PImáx, a *American Thoracic Society/European Respiratory Society* (ATS/ERS)<sup>(29)</sup> recomenda, no item medida de função muscular na Unidade de Terapia Intensiva, que se pode medir a PImáx de pacientes dependentes de ventilação mecânica por meio de válvula unidirecional, na qual a inspiração é bloqueada, fazendo com que o paciente alcance o volume residual do pulmão. Assim, a pressão inspiratória medida pode ser a máxima. O maior valor de PImáx gerada geralmente ocorre após 15–20 esforços ou após 15–20 segundos de oclusão. A PImáx foi medida, aqui, com válvula unidirecional conectada ao tubo endotraqueal, o que permite que a criança inspire, mas não expire, aumentando, assim, seu volume pulmonar até próximo da capacidade pulmonar total. Alguns pesquisadores descrevem essa técnica em neonato pré-termo<sup>(15,18)</sup>. A oclusão para a medida de PImáx foi realizada por um período de 20 segundos, com uma série de três oclusões, como já relatado<sup>(19,20)</sup>. Os procedimentos adotados para a medida da Pimáx, o tempo e metodologia utilizados para obtenção da medida de SatO<sub>2</sub> e da FR também podem ter influenciado nos resultados obtidos.

Em conclusão, observaram-se menores valores de pressão inspiratória na posição prona em relação à posição supino, além de aumento da saturação de oxigênio. A frequência respiratória não apresentou variação na postura prona quando comparada à supina. Porém, novos estudos são necessários para que essa posição seja incorporada à rotina de cuidados com recém-nascidos pré-termo.

## Referências bibliográficas

1. Wolfson MR, Greenspan JS, Deoras KS, Allen JL, Shaffer TH. Effect of position on the mechanical interaction between the rib cage and abdomen in preterm infants. *J Appl Physiol* 1992;72:1032-8.
2. Rehan VK, Nakashima JM, Gutman A, Rubin LP, McCool FD. Effects of the supine and prone position on diaphragm thickness in healthy term infants. *Arch Dis Child* 2000;83:234-8.
3. Hutchison AA, Ross KR, Russell G. The effect of posture on ventilation and lung mechanics in preterm and light-for-date infants. *Pediatrics* 1979;64:429-32.
4. Adams JA, Zabaleta IA, Sackner MA. Comparison of supine and prone noninvasive measurements of breathing patterns in fullterm newborns. *Pediatr Pulmonol* 1994;18:8-12.
5. Numa AH, Hammer J, Newth CJ. Effect of prone and supine positions on functional residual capacity, oxygenation, and respiratory mechanics in ventilated infants and children. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156:1185-9.
6. Richter T, Bellani G, Scott Harris R, Vidal Melo MF, Winkler T, Venegas JG *et al*. Effect of prone position on regional shunt, aeration, and perfusion in experimental acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 2005;172:480-7.
7. Mure M, Martling CR, Lindahl SG. Dramatic effect on oxygenation in patients with severe acute lung insufficiency treated in the prone position. *Crit Care Med* 1997;25:1539-44.
8. Prisk GK, Yamada K, Henderson AC, Arai TJ, Levin DL, Buxton RB *et al*. Pulmonary perfusion in the prone and supine postures in the normal human lung. *J Appl Physiol* 2007;103:883-94.
9. Martin RJ, Herrell N, Rubin D, Fanaroff A. Effect of supine and prone positions on arterial oxygen tension in the preterm infant. *Pediatrics* 1979;63:528-31.
10. Schwartz FC, Fenner A, Wolfsdorf J. The influence of body position on pulmonary function in low birthweight babies. *S Afr Med J* 1975;49:79-81.
11. Goto K, Mirmiran M, Adams MM, Langford RV, Baldwin RB, Boeddiker MA *et al*. More awakenings and heart rate variability during supine sleep in preterm infants. *Pediatrics* 1999;103:603-9.
12. Ariagno RL, Mirmiran M, Adams MM, Saporito AG, Dubin AM, Baldwin RB. Effect of position on sleep, heart rate, variability, and QT interval in preterm infants at 1 and 3 months' corrected age. *Pediatrics* 2003;111:622-5.



13. Kurlak LO, Ruggins NR, Stephenson TJ. Effect of nursing position on incidence, type, and duration of clinically significant apnea in preterm infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal* Ed 1994;71:F16-9.
14. Heimler R, Langlois J, Hodel DJ, Nelin LD, Sasidharan P. Effect of positioning on the breathing pattern of preterm infants. *Arch Dis Child* 1992;67:312-4.
15. Leipälä JA, Bhat RY, Rafferty GF, Hannam S, Greenough A. Effect of posture on respiratory function and drive in preterm infants prior to discharge. *Pediatr Pulmonol* 2003;36:295-300.
16. Antunes LC, Rugolo LM, Crocci AJ. Effect of preterm infant position on weaning from mechanical ventilation. *J Pediatr (Rio J)* 2003;79:239-44.
17. Levy J, Habib RH, Liptsen E, Singh R, Kahn D, Steele AM *et al.* Prone versus supine positioning in the well preterm infant: effects on work of breathing and breathing patterns. *Pediatr Pulmonol* 2006;41:754-8.
18. Dimitriou G, Greenough A, Pink L, McGhee A, Hickey A, Rafferty G *et al.* Effect of posture on oxygenation and respiratory muscle strength in convalescent infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal* Ed 2002;86:F147-50.
19. Fitzgerald DA, Mesiano G, Brosseau L, Davis GM. Pulmonary outcome in extremely low birth weight infants. *Pediatrics* 2000;105:1209-15.
20. el-Khatib MF, Baumeister B, Smith PG, Chatburn RL, Blumer JL. Inspiratory pressure/maximal inspiratory pressure: does it predict successful extubation in critically ill infants and children? *Intensive Care Med* 1996;22:264-8.
21. Thiagarajan RR, Bratton SL, Martin LD, Brogan TV, Taylor D. Predictors of successful extubation in children. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160:1562-6.
22. Baumeister BL, el-Khatib M, Smith PG, Blumer JL. Evaluation of predictors of weaning from mechanical ventilation in pediatric patients. *Pediatr Pulmonol* 1997;24:344-52.
23. Bhat RY, Leipälä JA, Singh NR, Rafferty GF, Hannam S, Greenough A. Effect of posture on oxygenation, lung volume, and respiratory mechanics in premature infants studied before discharge. *Pediatrics* 2003;112:29-32.
24. Pelosi P, Tubiolo D, Mascheroni D, Vicardi P, Crotti S, Valenza F *et al.* Effects of prone position on respiratory mechanics and gas exchange during acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157:387-93.
25. Balaquer A, Escribano J, Roqué M. Infant position in neonates receiving mechanical ventilation. *Cochrane Database Syst Rev* 2006;18:CD003668.
26. Jenni OG, von Siebenthal K, Wolf M, Keel M, Duc G, Bucher HU. Effect of nursing in the head elevated tilted position (15 degrees) on the incidence of bradycardic and hypoxemic episodes in preterm infants. *Pediatrics* 1997;100:622-5.
27. Thach BT, Stark AR. Spontaneous neck flexion and airway obstruction during apneic spells in preterm infants. *J Pediatr* 1979;94:275-81.
28. Wagaman MJ, Shutack JG, Mommjian AS, Schwartz JG, Shaffer TH, Fox WW. Improved oxygenation and lung compliance with prone positioning of neonates. *J Pediatr* 1979;94:787-91.
29. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:518-624.