

Akut Solunum Sıkıntısı Sendromunda Mekanik Ventilasyon Tedavisinde Yüksek PEEP Düzeyleri ile Recruitment Manevrası Uygulamasının Etkinliğinin Karşılaştırılması

Gül Gürsel¹, Ferit Taneri², Haluk Türктаş¹

¹Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara, Türkiye

²Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Genel Cerrahi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

ÖZET

Akut Solunum Sıkıntısı Sendromunda Mekanik Ventilasyon Tedavisinde Yüksek PEEP Düzeyleri ile Recruitment Manevrası Uygulamasının Etkinliğinin Karşılaştırılması

Çalışmanın amacı akciğerleri koruyucu mekanik ventilasyon stratejisi ile ventile edilen hastalarda Recruitment Manevrası (RM)'nin fizyolojik etkilerini analiz etmektir. Bu amaçla çalışmaya 13 hasta alındı bunlarda 11'i primer ARDS'liydi. RM basınç kontrollü mekanik ventilasyonla ve zirve havayolu basıncı 45 cm H₂O olacak şekilde ve 10 cmH₂O PEEP düzeyi ile yapılmıştır. Hastalara 1 saat içinde 4 kez ve her biri iki dakika sürecek şekilde RM yapılmıştır. RM dan hemen ve 60 dakika sonra oksijenizasyonda anlamlı değişiklik olmamıştır ve RM hastalarının hemodinamisinde anlamlı bozulmaya neden olmamıştır. Sonuç olarak bu çalışmada akciğerleri koruyucu mekanik ventilasyonla ventile edilen hastalarda RM ları kan gazları ve hemodinamiyi etkilememiştir.

Anahtar sözcükler: ARDS, PEEP, Recruitment manevrası, Mekanik ventilasyon

Geliş tarihi: 24.08.2006

Kabul tarihi: 05.10.2006

ABSTRACT

Comparison of High PEEP Levels and High PEEP Levels with Recruitment Maneuvers in Patients with ARDS

The aim of the study was to analyze the physiologic effects of recruitment maneuvers (RM) in patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS) ventilated with a lung protective strategy. Thirteen patients were enrolled, and 11 of them had primary ARDS. RM consisted of 2 min of pressure-controlled ventilation at a peak pressure of 45 cmH₂O and a positive end-expiratory pressure (PEEP) of 10 cmH₂O. Oxygenation did not change at first and 60th min after RM in the patients. RM induced changes in hemodynamics were not observed. In conclusion, RM had no effect on oxygenation and hemodynamics in ARDS patients ventilated with a lung protective strategy.

Keywords: ARDS, PEEP, recruitment maneuver, mechanical ventilation

Received: 24.08.2006

Accepted: 05.10.2006

GİRİŞ

ARDS'li hastalarda akciğerleri koruyucu mekanik ventilasyon stratejilerinin (AKMVS) yararı her geçen gün daha iyi anlaşılakta ve kabul görmektedir [1-3]. Bu hastalarda düşük tidal volüm yaşam süresini düzeltmekle beraber ateletazilere eğilimi artırmaktadır [4,5]. Bu sonuç hastalarda yüksek PEEP düzeyleri ve ateletazileri açma (recruitment manevrası-RM) manevraları ile yapılan açık akciğer ventilasyonu kavramını gündeme getirmiştir [6-8]. RM ateletatik akciğer alanlarını açmak için havayolu basıncını bir süre için devamlı olarak yükseltmektir. Bu PEEP, CPAP, basınç kontrollü mekanik ventilasyon, iç çekme manevraları, spontan solunum, hastanın yüzüstü pozisyona alınması, yüksek frekanslı ventilasyon gibi yöntemlerle yapılabilmektedir [9-11]. Şimdiye kadar yapılan bir çok çalışmada RM'nin oksijenizasyonu düzelttiği gösterilmekle beraber halen bu uygulama-

manın yaşam süresi üzerine etkisi bilinmemektedir. Buna ek olarak RM dan sonra uygulanacak en ideal PEEP düzeyinin kaç olması ve hangi parametrelere göre ayarlanması gerektiği konusunda da görüş birliği yoktur. Bu çalışmada basınç kontrollü mekanik ventilasyon ve 10 cmH₂O PEEP'le mekanik ventilasyon sırasında saatte 4 kez ve 2 dakika süre ile yapılan RM'nin etkinliği ve yan etkileri araştırılmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmaya alınma kriterleri

Çalışmaya yoğun bakım ünitesine yatan ARDS tanısı olan [14], hemodinamisi stabil, ARDS'nin erken döneminde (ilk 2 gün) uygulanacak protokol açısından kontrendikasyonu olmayan hastalar alınmıştır.

Çalışmaya alınmama kriterleri

Sistolik kan basıncı 90 mmHg'nin altında olan, bradikardik, pnömotoraks riski açısından toraks travması ve göğüs tüpü olan hastalar, altta KOAH'ı olan hastalar.

Yazışma Adresi: Prof. Dr. Gül Gürsel, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı Yoğun Bakım Ünitesi Ankara-Türkiye, Tel: +90 312 2026115, e-posta: ggursel@gazi.edu.tr, Faks: 3122129019

Tablo I. Hastaların demografik özellikleri

Hasta no	Tanı	yaş	sonuç
1	Wegener Granülomatozu	74	Ex
2	Akut pankreatit	20	Yaşiyor
3	CMV pnömonisi	44	Ex
4	TKP	52	Yaşiyor
5	TKP	69	Ex
6	TKP	50	Yaşiyor
7	TKP	58	Ex
8	HKP	56	Yaşiyor
9	TKP	81	Ex
10	Akut pankreatit	76	Yaşiyor
11	TKP	56	Yaşiyor
12	HKP	59	Ex
13	İmmüsuprese hasta pnömonisi	55	ex

CMV: sitomegalovirus, TKP: toplum kökenli pnömoni, HKP: hastane kökenli pnömoni

Çalışma için hastane etik kurulundan ve hasta yakınlarından onay alınmıştır.

Yoğun bakım ünitesine yatan ve çalışmaya alınmasına karar verilen hastalar medikal tedavileri ayarlandıktan hemodinamikleri stabilize edildikten sonra propofol sedatize edilip, kısa etkili kas gevşetici ile paralizasyon sağlandıktan sonra önce 1 saat süre ile 1. protokolle mekanik ventilasyon uygulanıp 1. saatin sonunda kan gazı alınıp 2. protokole geçilmiş ve 2. protokolle de 1 saat mekanik ventilasyon uygulandıktan sonra tekrar kan gazı alınmıştır. Tedavinin uzun süreli etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla 2. protokolün bitiminden 1 saat sonra da kan alınmıştır.

Hastalar 1. protokolü tolere edemez kan gazları ve/veya hemodinamisi kötüleşirse 2. protokole geçilmemiştir. Yine 2. protokol tolere edilemezse çalışma hemen sonlandırılmıştır. Her iki protokol sırasında da basınç kontrollü (pressure controlled ventilation-PCV) ventilasyon kullanılmış 2. protokoldeki RM sırasında farklı olarak basınç düzeyi çok daha yüksek düzeylere çıkarılmıştır.

1. protokol: Hastalar 1. ve 2. protokolde temelde basınç kontrollü (PCV) mekanik ventilasyonla ventile edilmiş ve 10 cmH₂O PEEP uygulanmıştır. Solunum sayısı 20-25/dk arasında ve FiO₂ O₂ saturasyonu %90 civarında olacak şekilde düzenlenmiştir. 2. protokol bittikten sonra tekrar 1 saat süre ile 1. protokole dönmüş ve 1 saat sonra kan gazı alınmıştır. 1. protokol sırasında plato havayolu basıncının 35 cmH₂O'yu geçmemesi için yaklaşık 20 cm H₂O basınç uygulanmıştır.

2. protokol: Bu protokol sırasında 1. protokol aynı şekilde devam ederken bunun üzerine saatte 4 kere ve her biri 2 dakika süre ile olacak şekilde RM uygulanmıştır. RM

Tablo II. Hastaların demografik bulguları-2

Değişken	
Yaş	59±16
Cins(E/K)	5/8(%46E)
APACHE II	23±6
SOFA	7±3
Pnömoni ağırlık skoru(PSI)	149±48
Mortalite	%54
Mekanik ventilasyon süresi, gün	10±6
Yoğun bakım ünitesinde kalış süresi, gün	10±7

APACHE II: Acute physiology and chronic health evaluation score II.
SOFA: Sequential organ failure assessment

sırasında plato havayolu basıncı 2 dakika süre ile 40-45 cmH₂O (hemodinami izin verdiği sürece) civarında olacak şekilde basınç düzeyi 30-35 cmH₂O ya çıkarılmıştır.

Alınan ölçümler

VrPEEP, VrRM sırasıyla 10 cmH₂O PEEP ve RM manevrası sırasında kazanılan recruitment volümü olup her bir protokol bitiminde ölçülmüştür. Her iki volüm ölçümü için hastanın soluğu ekspiryumda 10 saniye süre ile tutulmuştur. Vr PEEP le kazanılan volüm için PEEP 0 düzeyine getirilip o anda soluk tutulmuş RM volümünün ölçümü için ise basınç düzeyi ve PEEP aynı anda 0 düzeyine getirilip soluk o anda tutulmuştur. Tidal volüm (VT), peak-zirve havayolu basıncı(PIP), plato havayolu basıncı(Pplato), fizyolojik ölü boşluk solunumu(VD/VT) her 2 protokol sırasında PaO₂, PaCO₂, nabız ve kan basıncı her iki protokol sırasında ve son 1 saat içinde ölçülmüştür. Çalışma sırasında yapılan her türlü mekanik ölçüm COSMO plus (Novamatrix) solunum monitörü ile yapılmış. Çalışmada Cesar, Horus(Teima) ve Vela(Vysis) ventilatörler kullanılmıştır.

İstatistik

Sonuçların analizinde eşleştirilmiş t-testi kullanılmıştır.

BULGULAR

Çalışmaya 13 ARDS'li hasta alındı. Bunlardan ikisi sekonder ARDS 11'i ise primer ARDS, %46 sı erkekti. Hastaların demografik özellikleri Tablo I ve II'de verilmiştir. Hastaların yatışta hastalıklarının ağırlığını değerlendiren APACHE II ve SOFA skorları oldukça yüksekti.

Ventilatör ayarları:1.protokol sırasında hastalara ortalama 20±7 cm H₂O basınç desteği verildi ve hastalar bu ayarlarla ortalama 510±118 mL tidal volüm aldılar. Bu sırada oluşan ortalama zirve ve plato havayolu basınçları sırası ile 30±5, 26±6 cmH₂O du. 1. ve 2. protokol sırasında hastaların ortalama solunum sayısı 23±4/dk dı. Hastalara verilen ortalama FiO₂ %66±17 (Tablo III, IV) 2. protokol

Tablo III Ventilator ayarları ve recruitment volümleri

Değişken	ortalama±standard sapma
PS-1(cmH ₂ O)	20±7
PS-RM(cmH ₂ O)	32±5
FiO ₂ (%)	66±17
Rate	23±4
Vr PEEP, ml	182±163
VrRM, ml	374±200

RM: recruitment manevrası, PS-1: 1. protokol sırasında inspiyumda uygulanan basınç
PS-RM: 2. protokol sırasında RM sırasında uygulanan basınç, Vr: 10 cmH₂O PEEP'le kazanılan volüm, Vr RM: RM ile kazanılan volüm

yani RM sırasında ortalama 32±5 cm H₂O basınç uygulanıp bu ortalama zirve havayolu basıncını 41±3 cmH₂O civarında tutmuştur. Birinci protokol sırasında 10 cm H₂O basınçla ortalama 182 mL, 2. protokol sırasında RM'le ortalama 374 mL volüm kazanılmıştır.

Fizyolojik ölü boşluk(VD/VT) ve gaz değişimi üzerine etkiler: Birinci ve 2. protokol sırasında ölçülen VD/VT, PaO₂, PaCO₂, PaO₂/FiO₂ arasında anlamlı farklılık bulunmamış ve 2. protokolden 1 saat sonra ölçülen değerlerde 1. ve 2. protokol sonrasında ölçülenlerden anlamlı farklılık göstermemiştir(Tablo IV).

Hemodinami üzerine **etkiler:** 2. protokol hastaların kan basıncı ve nabız değerlerinde anlamlı değişikliğe neden olmamıştır (Tablo IV).

TARTIŞMA

Bu çalışmada ARDS'li hastalarda akciğerleri koruyucu mekanik ventilasyon stratejisine ilaveten uygulanan RM

nın etkinliğinin ve güvenliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Sonuçta 10 cmH₂O PEEP düzeyi ile ve 35 cmH₂O zirve havayolu basıncı(PIP) ile uygulanan basınç kontrollü mekanik ventilasyonla karşılaştırıldığında buna saatte 4 kez 2 dakika süre ile PIP nı 45 cm H₂O ya çıkararak yapılan RM nın oksijenizasyonda belirgin değişiklik yapmadığı ortaya çıkmıştır. Bunun yanında RM ları hemodinamide olumsuz etkiye neden olmamıştır.

Bu çalışmada RM ları ile oksijenizasyonda anlamlı iyileşme olmamasının olası açıklamaları şunlar olabilir;

Bunlardan en muhtemel olanı temelde uygulanan yüksek PEEP'li modalitenin akciğerlerde yeterince recruitment yapması ve RM nın bunun üzerine daha fazla katkıda bulunamaması olabilir. Çünkü daha düşük PEEP düzeylerinin kullanıldığı ve bunun üzerine recruitment yapılan çalışmalarda oksijenizasyonda belirgin düzelmeye sağlanmıştı [6,7,12,13].

Akla gelebilecek ikinci olası açıklama uygulanan RM ile havayolu basınçlarının yeterince yükseltilememesi olabilir. Her ne kadar bu çalışmada RM sırasında havayolu basınçları birçok hastada ortalama 10 cm H₂O artırılıp 41 cmH₂O ya çıksa da literatürde havayolu basınçlarını 50 cmH₂O ya kadar çıkaran ve daha yüksek düzeylerde PEEP uygulayan çalışmalar vardır [14]. Villagra ve arkadaşları çoğu primer ARDS olan 17 hastada PCV'la ve havayolu basıncı 50 cmH₂O çıkacak şekilde RM yapmışlardır. Bu çalışmada da RM oksijenizasyonda anlamlı düzelmeye sağlamamış üstelik PaCO₂ de anlamlı yükselmeye neden olmuştur. Bu çalışmada PEEP düzeyleri basınç volüm eğrisinin alt kırılma noktasının 2 cm H₂O üzerinde olacak

Tablo IV. Protokoller sırasında hastaların mekanik hemodinamik ve kan gazları özellikleri

Değişken	Protokol 1	Protokol 2(RM)	RM sonrası 1.st	p
PIP, cmH ₂ O	30±5	41±3		.002
Pplato, cmH ₂ O	26±6	36±7		.003
Komplians ml/cmH ₂ O	35±19			.201
VD/VT	70±12	62±6		.145
VT, mL	510±118	742±156		.001
PaO ₂ /FiO ₂ mmHg	107±41	110±35	116±52	.760 .760*
PaO ₂ , mmHg	65±15	68±15	68±19	.721 .929*
PaCO ₂ , mmHg	42±19	39±20	42±20	.173 .964*
Nabız, dk	108±17	101±20	108±18	.181 .937*
Sistolik kan basıncı, mmHg	127±19	114±31	126±18	.060 .844*

PIP: Peak inspiyum basıncı, Plato basıncı, VD/VT: ölüboşluk solunumu, VT:tidal volüm
* RM öncesi ve sonrası(2. protokolden 1 saat sonra) karşılaştırmalar

şekilde ayarlanmış ve 14 cm H₂O düzeyinde seyretmiştir. Sonuçta bu çalışmada da hastaların çoğu primer ARDS'li olup gerek PEEP gerekse RM basınçları bizim çalışmamızdan yüksek olmakla beraber oksijenizasyon ve hemodinami cevabı aynı olmuştur.

Üçüncü olasılık PCV'la yapılan RM'nin yeterince etkili olamamasıdır. Her ne kadar deneysel olsa da Lim ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmanın sonuçları nedenin bu olamayacağını düşündürmektedir [15]. Bu çalışmada 3 farklı RM'nin (PCV ile, basamaklı PEEP artışı ile ve devamlı enflasyonla) etkinliği 3 farklı akciğer hasarı modeli (pnömoni, mekanik ventilasyon ilişkili akciğer hasarı ve oleik asit hasarı-ekstrapulmoner ARDS) üzerinde karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada pnömonili grupta genel olarak diğer hasar modelleri ile karşılaştırıldığında RM'lerine cevap daha az olmuş ancak her 3 RM arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır. Hastalarımızda RM sı ortalama 374±200 ml volüm kazancı sağlamıştır. Bu da aslında manevranın etkin olduğunu düşündürmektedir. Richard ve arkadaşları temelde verilen tidal volümün recruitmeta etkisini araştırdıkları ve bizim çalışmamıza benzer çalışmalarında 6 ve 10 ml/kg VT alan hastalara 15 sn süre ile 45 cm-H₂O basınç sınırlamalı RM yapmışlar ve 6 ml/kg VT alan grupta ortalama 254 ±137 ml volüm kazancı sağlamışlardır. Hemen hemen aynı PEEP ve RM basınç düzeyleri ile ancak volüm kontrollü MV yapılmasına rağmen bizim çalışmamızdaki volüm kazancı daha fazla olmuştur. Richard ve arkadaşları RM sonrası kan gazlarını belirtmemişlerdir [16]. Yine çalışmamıza alınan 13 hastadan 11 i pnömonili ve primer ARDS'li hastalardır. Son yıllarda yapılan çalışmalar primer ARDS'li hastalarda RM etkinliğinin düşük olduğunu düşündürmektedir [15,17]. Son olarak da RM sırasında oksijenizasyona etkili faktörlerden bir diğeri de RM'nin süresidir. Literatürde 40 sn süre ile yapılan RM'nin 30 sn süreden daha etkili olduğunu gösteren çalışmalar vardır [18]. Bizim çalışmamızda RM süresi 60 sn olup süre açısından yeterli görünmektedir.

Bütün bunların yanında her ne kadar az sayıda hastada yapılan bazı çalışmalarda RM'nin faydalı olduğu gösterilse de bunun aksi sonuca ulaşan çalışmaların sayısı az değildir ve henüz ARDS'li hastalarda geldiğimiz bilgi düzeyi bunların rutin klinik kullanımını önerecek düzeyde değildir. Örneğin yakın zamanda yayınlanan ve 96 hastada RM'nin yararlarını değerlendiren çok merkezli ARDS klinik çalışmalar network çalışmasında da RM'leri etkili bulunmamıştır [19].

Bu çalışmanın bir diğer sonucu RM'nin hastaların hemodinamisi üzerine olumsuz etki yapmamasıdır. Literatürde RM'nin özellikle primer ARDS'li hastalarda hemodinamiyi bozabileceği bildirilmekle beraber yukarıda

değinen Lim ve arkadaşlarının çalışmasının hemodinami ile ilgili bölümünde PCV ile yapılan RM da bu etkinin minimum olduğu gösterilmiştir [20]. Domuzlarda yapılan bu deneysel çalışmada kullanılan PEEP ve basınç düzeyleri bizim çalışmamızdan oldukça yüksek olup hemodinamiyi en olumsuz etkileyen RM'nin devamlı enflasyon yöntemi olduğu gösterilmiştir.

Literatürde ARDS'li hastalarda mekanik ventilasyon stratejilerini ve RM'nı araştıran çok sayıda araştırma olup bunların çoğu deneysel çalışmalardır ve birçoğunda gerçek hayatta hastalar için oldukça zararlı olabilecek basınç düzeyleri uygulanmıştır. Bizim çalışmamız klinik çalışma olduğu için protokol oluştururken olabildiğince hastalara zararlı olmayacak ve literatürde önerilen bir modalite kullanılmaya çalışılmıştır. Bu nedenle çalışma sırasında belirgin bir oksijenizasyon kazancı elde edilemese de pnömotoraks ve hemodinamik kötüleşme gibi yan etkilerde olmamıştır. Çalışmamızda PCV kullanıldığı için tidal volüm değil daha çok havayolu basıncının kontrol altında tutulması hedeflenmiştir. Buna rağmen her ne kadar hastalarımızı tartma imkanımız olmasa da hepsinin en az 70 kg olduğunu farz ederek ortalama tidal volümü hesapladığımızda bunun 6,7 mL/kg civarında olduğu tahmin edilebilir ki bu değer hastalar için şu anki bilgilerimize göre güvenli sınırlar içindedir.

Çalışmamızda gerek vaka sayımızın azlığı gerekse RM uygulanmayan bir grubun olmaması nedeniyle RM'nin mortalite üzerine etkisini değerlendirememekle beraber %54 mortalite oranının literatürde belirtilen oranlara yakın olduğunu söyleyebiliriz. Örneğin oldukça yakın zamanda yayınlanan bir çok merkezli çalışmada mortalite %60 olarak bildirilmiştir [21]. Daha düşük mortalite bildiren çalışmaların çoğunda da PaO₂/FiO₂ oranları bizim hastalarımızınkinden oldukça yüksektir. Ayrıca hastalarımızın PaO₂/FiO₂ düzeyi literatürdeki çalışmalara göre bir hayli düşüktür.

Çalışmamızı sınırlandıran faktörlerden biri hasta sayımızın azlığı diğeri ise hemodinamik ölçümlerimizin daha ayrıntılı olamamasıdır. Örneğin hastalara pulmoner arter kateterizasyonu yapabilsaydık gaz değişim anomalilerinin hemodinami ile ilişkisini de ortaya koyma şansımız olabilirdi.

Sonuç olarak bu çalışmada PCV'la yapılan RM'nin akciğerleri koruyucu mekanik ventilasyon stratejilerine bir üstünlüğü olmadığı ve hastalarda hemodinamik kötüleşmeye neden olmadığı gösterilmiştir. Bu sonuçlar RM'nin klinik tedavi protokollerine girebilmesi için daha ileri çalışmalara gerek olduğunu düşündürmüştür.

Bu çalışma TÜBİTAK'ın SBAG-2390 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. MacIntyre NR. Mechanical ventilator strategies for lung protection. *Seminars in Respiratory and Critical Care Med* 2000; 215-22.
2. Dreyfuss D, Soler P, Basset G, Saumon G. High inflation pressure pulmonary edema. *Am Rev Respir Dis* 1988;137:1159-64.
3. Stewart TE, Meade MO, Cook DJ et al. Evaluation of a ventilation strategy to prevent barotrauma in patients at high risk for acute respiratory distress syndrome: Pressure-and volume-limited ventilation strategy Group. *N Eng J Med* 1998;338:335-61.
4. Brower RG, Shanholtz CB, Fressler HE et al. Prospective, randomised, controlled clinical trial comparing traditional versus reduced tidal volume ventilation in acute respiratory distress syndrome patients. *Crit Care Med* 1999; 27:1492-8.
5. Durante G, Turco MD, Rustichini L et al. ARDSNet lower tidal volume ventilatory strategy may generate intrinsic positive end-expiratory pressure in patients with acute respiratory distress syndrome *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 165: 1271-4.
6. Foti G, Cereda M, Sparacino ME et al. Effects of periodic lung recruitment maneuvers on gas exchange and respiratory mechanics in mechanically ventilated acute respiratory distress syndrome(ARDS) patients. *Intensive Care Med* 2000; 26:501-7.
7. Lim C, Koh Y, Park W et al. Mechanistic scheme and effect of "extended sigh" as a recruitment maneuver in patient with acute respiratory distress syndrome: A preliminary study. *Crit Care Med* 2001; 29: 1255-60.
8. Patroniti N, Foti G, Cortinovis B et al. Sigh improves gas exchange and lung volume in patients with acute respiratory distress syndrome undergoing pressure support ventilation. *Anesthesiology* 2002; 96:788-94.
9. Pelosi P, Cadringer P, Bottino N et al. Sigh in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159:872-80.
10. Ferguson N, Stewart TE. New Therapies for adults with acute lung injury. High frequency oscillatory ventilation. *Crit Care Clin* 2002;18: 91-106.
11. Çakar N, Kloot TV, Youngblood M et al. Oxygenation response to a recruitment maneuver during supine and prone positions in an oleic acid-induced lung injury model. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161: 1949-56.
12. Lapinsky SE, Aubin M, Mehta S et al. Safety and efficacy of a sustained inflation for alveolar recruitment in adults with respiratory failure. *Intensive Care Med* 1999; 25:1297-301.
13. Grasso S, Mascia L, Turco M et al. Effects of recruiting maneuvers in patients with acute respiratory distress syndrome ventilated with protective ventilatory strategy. *Anesthesiology* 2002;96:795-802.
14. Villagra A, Ochagavia A, Vátua S et al. Recruitment maneuvers during lung protective ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 165:165-70.
15. Lim S, Adams BA, Simonson DA et al. Intercomparison of recruitment maneuver efficacy in three models of acute lung injury *Crit Care Med* 2004; 32: 2371-7.
16. Richard JC, Maggiore SM, Jonson B et al. Influence of tidal volume on alveolar recruitment. Respective role of PEEP and a recruitment maneuvers. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:1609-13.
17. Pelosi P, D'Onofrio D, Chiumello D et al. Pulmonary and extrapulmonary acute respiratory distress syndrome are different. *Eur Respir J* 2003;22:48S-56S.
18. Amato MBP, Barbas CSV, Medeiros DM et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 1998; 338:47.
19. The ARDS Clinical Trials Network; National Heart, Lung and Blood Institute; National Institutes of Health. Effects of recruitment maneuvers in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome ventilated with high positive end-expiratory pressure. *Crit Care Med* 2003; 31: 2592-7.
20. Lim S, Adams BA, Simonson DA et al. Transient hemodynamic effects of recruitment maneuvers in three experimental models of acute lung injury. *Crit Care Med* 2004; 32: 2378-84
21. Ferguson ND, Frutos-Vivar F, Esteban A et al. Airway pressures, tidal volumes, and mortality in patients with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2005;33:21-30.