

Pron pozisyonunda PEEP uygulamasının solunum mekaniği ve arteriyel oksijenizasyon üzerine etkileri

Effects of PEEP on respiratory mechanics and arterial oxygenation during prone positioning

Pelin ÇORMAN DİNÇER, Murat ÜNSEL, Cengiz YUMRU

ÖZET

Amaç: Çalışmamızın amacı pron pozisyonunda cerrahi girişim geçirecek lomber diskopatili hastalarda 10cm H₂O ekspirasyon sonu pozitif basınç (positive end-expiratory pressure (PEEP)) uygulamasının arteriyel oksijenizasyon, solunum mekaniği ve dolaşım sistemi üzerindeki etkilerini araştırmaktır.

Hastalar ve Yöntem: Pron pozisyonunda lomber disektomi operasyonu geçirecek Amerikan Anesteziyoloji Derneği (The American Society of Anesthesiologists (ASA)) kriterlerine göre I-II sınıfı, 40 hasta çalışmaya alındı. Anestezi indüksiyonu ve endotrakeal entübasyondan sonra hastalar aralıklı pozitif basınçlı ventilasyon (intermittent positive pressure ventilation (IPPV)) modunda %60 N₂O-%40 O₂, akım 4L.dk⁻¹ ve sevoflurane 0.7-1.0 minimum alveolar konsantrasyon (MAK) olacak şekilde ventile edildi. Hastalar randomize edilerek 2 gruba ayrıldı. PEEP 0 grubunda, PEEP 0 cm H₂O, PEEP 10 grubunda, PEEP 10 cm H₂O olarak ayarlandı. Solunum sayısı 10 soluk/dk, inspirasyon-ekspirasyon oranı 1:2, tidal volüm 8ml.kg⁻¹ olacak şekilde sabit tutuldu. İndüksiyondan 10 dk, pron pozisyona döndükten sonra 15-30-45-60-75-90. dakikalarda kan gazı örnekleri alındı. Vital parametreler, dinamik kompliyans değerleri ve yan etkiler kaydedildi.

Bulgular: Ortalama kan basıncı değerleri PEEP 10 grubunda pron dönemde diğer dönemlere göre istatistiksel olarak düşük bulundu (p<0,05). Her iki grupta da pron dönemdeki kalp atım hızı düşüşü diğer dönemdekilere göre istatistiksel olarak anlamlıydı (p<0,05). Pron dönemde PaO₂ ve kompliyans, PEEP 10 grubunda, PEEP 0 grubuna göre anlamlı olarak yüksekti (p<0,05).

Sonuç: Pron pozisyonunda cerrahi girişim geçirecek hastalarda 10 cm H₂O PEEP uygulamasının yararlı olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: PEEP, Pron pozisyon, Solunum mekaniği, Oksijenizasyon, Peroperatif ventilasyon

ABSTRACT

Objectives: To evaluate the changes in arterial oxygenation and vital parameters by applying 10cm H₂O positive end-expiratory pressure (PEEP) to patients undergoing lumbar spine surgery in the prone position.

Patients and Method: According to The American Society of Anesthesiologists (ASA) status I-II, 40 patients, scheduled for lumbar discectomy in the prone position were enrolled in the study. During the anesthesia induction and after intubation they were ventilated with intermittent positive pressure ventilation (IPPV) mode, 60%N₂O-40%O₂, 4L.min⁻¹ flow and 0.7-1.0 minimum alveolar concentration (MAC) sevoflurane. The patients were randomized into 2 groups. PEEP value was set at 0 cm H₂O in PEEP 0 group and at 10 cm H₂O in PEEP 10 group. Respiratory rate 10/min, inspiration-expiration ratio 1:2 and tidal volume 8ml.kg⁻¹ were kept constant. Blood gas samples were obtained 10 min after induction and 15-30-45-60-75-90 min after prone positioning. Vital parameters, dynamic compliance and side effects were recorded.

Results: Mean blood pressure was statistically low in PEEP 10 group at the prone positioning, compared to the other periods (p<0.05). Pulse rate in both groups was significantly low during the prone period compared to other periods (p<0.05). PaO₂ and compliance were statistically high in PEEP10 group at the prone position as compared to the PEEP 0 group (p<0.05).

Conclusion: In our opinion, applying 10 cm H₂O PEEP to patients undergoing spine surgery in the prone position is a beneficial implementation.

Key words: PEEP, Prone positioning, Respiratory mechanics, Oxygenation, Peroperative ventilation

Giriş

Genel anestezi uygulaması sırasında anestezik ajanların etkileri, hasta pozisyonu ve cerrahi uygulanan bölgenin etkisi sonucu %90 hastada atelettazisi geliştiği ve postoperatif dönemde de devam ettiği gösterilmiştir [1,2]. Atelettazinin, yüksek riskli hastalarda postoperatif pulmoner komplikasyon gelişmesi ile ilişkili olduğu düşünülmekte ve erken tanının önemi vurgulanmaktadır [3].

Ekspirasyon sonu pozitif basınç (positive end-expiratory pressure (PEEP)) havayollarının kapanmasını önleyerek, pulmoner kan akımı redüstribüsyonunu sağlayarak ve

Pelin ÇORMAN DİNÇER (✉)
Anestezi ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Tıp Fakültesi, Marmara Üniversitesi,
İstanbul, Türkiye
e-posta: pelincorman@yahoo.com

Murat ÜNSEL, Cengiz YUMRU
Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, S.B. Taksim Eğitim ve Araştırma
Hastanesi, İstanbul, Türkiye

Gönderilme/Submitted: 15.07.2013 - Kabul/Accepted: 11.08.2013

fonksiyonel rezidüel kapasiteyi (functional residual capacity (FRC)) arttırarak oksijenizasyonu iyileştirir [4,5]. İntraoperatif PEEP uygulamasının etkileri araştırıldığında, erken postoperatif dönemde de ventilasyonu olumlu etkilediği gösterilmiştir [6]. Pron pozisyon ameliyathane dışında yoğun bakım ünitelerinde oksijenizasyonu iyileştirmek amacıyla hipoksik solunum yetmezliği tedavisinde de kullanılmaktadır [7]. Pron pozisyon, ventilasyon ve perfüzyonun dağılımını değiştirerek oksijenizasyon etkilemektedir. Ventilasyon/perfüzyon ilişkisi de düzelebilir [8]. Çalışmamızda pron pozisyonda lomber diskektomi yapılacak hastalarda 10 cm H₂O PEEP uygulamasının arteriyel oksijenizasyonu, solunum mekaniği ve vital parametrelerdeki değişimi üzerine etkisini ve supin pozisyondan pron pozisyona geçiş sonrasında sözü edilen parametrelerdeki değişiklikleri incelemeyi amaçladık.

Hastalar ve Yöntem

Bu randomize, prospektif çalışma, Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi Etik Kurulu'nun onayının alınması sonrasında lomber disk hernisi operasyonu geçirecek 40 hasta üzerinde gerçekleştirildi.

Çalışmaya, gönüllü olmayı kabul eden, onayı alınmış Amerikan Anesteziyoloji Derneği (The American Society of Anesthesiologists (ASA)) kriterlerine göre I – II. sınıf, 18-60 yaş arası, vücut kitle indeksi <30 kg.m² olan ve daha önceden bilinen kardiyopulmoner hastalığı olmayan hastalar dahil edildi.

Reynaud hastalığı, Buerger hastalığı bulunanlar, hipotansif hastalar, daha önceden toraks ameliyatı geçirmiş olanlar ve Modifiye Allen Testi negatif olan hastalar çalışma dışı bırakıldı.

Tüm hastalar operasyondan bir gün önce görülerek anamnezleri alındı, fizik muayeneleri yapıldı, vital bulguları ve laboratuvar sonuçları değerlendirildi. Tüm laboratuvar testleri hastanemizde standart yöntemler kullanılarak yapıldı. Tüm hastalara Modifiye Allen Testi uygulandı [9, 10].

Operasyondan önceki gece 0,5 mg diazepam tablet oral, ameliyathaneye gelmeden 30 dk. önce de midazolam 0,07 mg.kg⁻¹ intramusküler yoldan premedikasyon uygulandı.

Anestezi induksiyonu tiyopental sodyum 7 mg.kg⁻¹, fentanil sitrat 1-2 µg.kg⁻¹ ve 0,6 mg.kg⁻¹ rokuronyum bromür iv ile sağlandı. Direkt laringoskopi ile (iç çapı 7.5-8.0 mm olan Rüşch spiralli tüp® (Teleflex, NC, ABD)) sağlanan endotrakeal entübasyondan sonra hastaların ventilasyonu IPPV modunda 4 L.dk⁻¹ akımda % 60 N₂O % 40 O₂, ve sevoflurane 0.7 –1.0 MAC ile Dräger Primus® marka (Lübeck, Almanya) anestezi cihazı ile sağlandı. Hastalar PEEP uygulanmayan (PEEP 0) ve 10 cmH₂O PEEP uygulanan (PEEP 10) olarak randomize olarak ikiye ayrıldı.

Tidal sonu karbondioksit basıncı (PetCO₂), tepe inspiratuvar basınç (peak inspiratory pressure (PIP)) ve dinamik kompliyans değerleri kaydedildi.

Ventilasyon sırasında solunum hızı 10 soluk/dk, inspirasyon-ekspirasyon oranı 1:2, tidal volüm 8 ml.kg⁻¹ olacak şekilde sabit tutuldu.

Ameliyat süresince Siemens SC 7000 monitör (Danvers, ABD) ile beş dakika aralıklarla ortalama kan basıncı (OKB), kalp tepe atımı (KTA), SpO₂ değerleri ölçüldü. Anestezi süresi kaydedildi.

Hastalara induksiyondan sonra 20G iv kanül ile radyal arter kanülasyonu yapıldı ve induksiyondan 10 dk sonra, pron pozisyona döndükten 15dk, 30dk, 45dk, 60dk, 75dk, 90dk sonra arteriyel kan gazı örnekleri alındı. Alınan kan gazları Nova Biomedikal Stat Profile pHox Plus (Waltham, ABD) kan gazı ölçüm cihazı ile değerlendirildi.

Operasyon sonunda hasta supin pozisyona döndürüldükten sonra gazlar kapatıldı ve 8 L.dk⁻¹'dan oksijen verildi. Nöromusküler blok atropin 0,01 mg.kg⁻¹ ve neostigmin 40-80 µg.kg⁻¹ ile geri döndürüldü. Hastalar spontan solunumları yeterli olduğunda ekstübe edildi. Ameliyat boyunca yapılan diğer ilaçlar ve komplikasyonlar kaydedildi.

Arteriyel kan gazındaki veriler kullanılarak PaCO₂, PaO₂, P(A-a)O₂ kayıt edildi.

Hastaların tümünde hipotansiyon, hipertansiyon, taşikardi, bradikardi, bronkospazm, larengospazm, desatürasyon gibi yan etkiler kaydedildi.

İstatistiksel Analiz

Bu çalışmada istatistiksel analizler GraphPad Prisma V.3 paket programı ile yapılmıştır.

Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistiksel metotların (ortalama, standart sapma) yanı sıra grupların tekrarlayan ölçümlerinde eşlendirilmiş tek yönlü varyans analizi, alt grup karşılaştırmalarında Newman Keuls çoklu karşılaştırma testi, grupların ikili tekrarlayan ölçümleri için eşlendirilmiş *t* testi, ikili grupların karşılaştırmasında bağımsız *t* testi, nitel verilerin karşılaştırmalarında ki-kare testi kullanılmıştır. Sonuçlar, anlamlılık p<0,05 düzeyinde değerlendirilmiştir.

Bulgular

Gruplar arasında cinsiyet dağılımı, yaş, vücut kitle endeksi (body mass index (BMI)) ve anestezi süreleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu (p>0,05) (Tablo I). Çalışma sonuçları Tablo II'de verilmiştir.

Supin dönem ile karşılaştırıldığında pron dönem kompliyans değerleri PEEP 10 grubunda istatistiksel olarak anlamlı yüksekti (p=0,013). Grup içi karşılaştırmada kompliyans değerleri PEEP 0 grubunda değişiklik gözlenmezken; PEEP 10 grubunda pron dönemde supin döneme göre daha yüksekti (p=0,016).

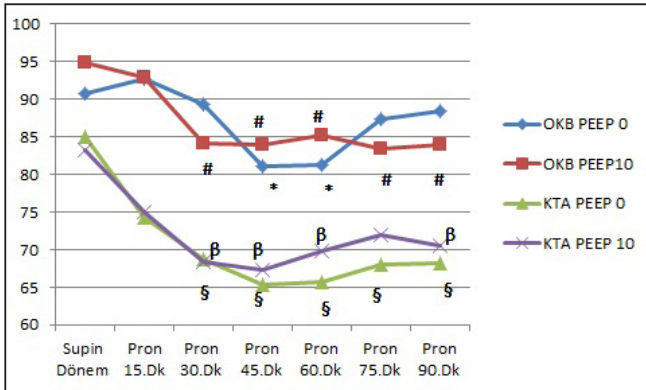
Tablo I. Demografik veriler ve anestezi süresi (Ortalama±SD)

	PEEP 0	PEEP 10	t	p
Yaş	42,45±9,66	43,25±9,81	-0,26	0,796
Cinsiyet Erkek	9 (%45)	8 (%40)	χ^2 :0,102	0,749
Kadın	11 (%55)	12 (%60)		
Kilo	72,75±9,83	72,95±10,08	-0,06	0,95
Boy	164,25±8,43	167,7±8,83	-1,26	0,214
BMI	26,95±2,88	25,98±3,42	0,97	0,34
Anestezi Süresi	140,05±45,02	145,65±41,16	-0,41	0,684

PEEP 10 grubunda pron dönemde PIP değerleri hem supin döneme göre hem de PEEP 0 grubuna göre istatistiksel olarak yüksek bulundu (p=0,0001). PEEP 0 grubunda dönemler arası fark yokken pron dönem 30.,45.,60.dk değerleri 15.dk'ya göre anlamlı yüksek bulundu (Tablo III).

PaO₂ değeri PEEP 10 grubunda daha yüksek (p<0,024), P(A-a)O₂ değerleri ise daha düşüktü (p<0,05).

OKB değerleri açısından PEEP 0 ve PEEP 10 gruplarının supin ve pron dönemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı



Şekil I. PEEP 0 ve PEEP 10 gruplarının OKB ve KTA değerleri. *p<0,01 PEEP 0 pron 15.dk göre #p<0,05 PEEP 10 pron 15.dk göre § p<0,01 PEEP 0 pron 15.dk göre β p<0,05 PEEP 10 pron 15.dk göre

Tablo II. Grupların supin ve pron dönemde ölçülen değerleri (Ortalama±SD)

	PEEP 0		PEEP 10	
	Supin	Pron	Supin	Pron
Kompliyans	46,88±12,19	46,68±5,76	49±13,92	53,64±10,43* #
PIP	16,95±3,98	15,81±2,69	17,9±3,21	24,05±2,91§¶
PaCO ₂	38,97±6,41	36,31±5,23	37,72±6,6	36,9±5,21
PetCO ₂	31,3±5,53	30,3±4,44	32,25±4,46	32,18±4,05
PaO ₂	164,4±22,74	161,67±25	164,11±22,3	182,29±29,93†
P(A-a)O ₂	72,09±21,08	77,88±26,21	73,95±20,85	56,8±28,07f
KTA	85,1±18,52	68,36±8,39□	83,2±10,07	70,45±7,78β
OKB	90,7±15,84	86,68±10,21	94,95±11,4	85,57±9,63γ
SpO ₂	98,95±0,94	99,18±0,83	99,15±1,14	99,38±0,69

* p<0,013 PEEP 0 pron döneme göre

p=0,016 PEEP 10 supin döneme göre

§ p=0,0001 PEEP 10 supin döneme göre

¶ p=0,0001 PEEP 0 pron döneme göre

† p=0,024 PEEP 0 pron döneme göre

f p=0,019 PEEP 0 pron döneme göre

□ p<0,001 PEEP 0 supin döneme göre

β p<0,001 PEEP 10 supin döneme göre

γ p<0,05 PEEP 10 supin döneme göre

(PIP: tepe inspiratuvar basınç, KTA: kalp tepe atımı, OKB: ortalama kan basıncı)

fark gözlenmedi. PEEP 0 grubunun supin dönem ve pron dönem değerleri arasında istatistiksel farklılık yoktu. PEEP 10 grubunun pron dönem OKB değerleri supin dönemden istatistiksel olarak anlamlı derecede düşüktü (p<0,05) (Şekil 1).

KTA değerleri açısından PEEP 0 ve PEEP 10 gruplarının supin ve pron dönemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmedi. Her iki grupta da pron dönem değerleri supin döneme göre istatistiksel olarak anlamlı düşük bulundu (p<0,001).

Tablo III. Pron dönemde ölçülen PIP, PaCO₂ ve P(A-a)O₂ değerleri (Ortalama±SD)

	PIP		PaO ₂		P(A-a)O ₂	
	PEEP 0	PEEP 10	PEEP 0	PEEP 10	PEEP 0	PEEP 10
Pron 15.Dk	15,15±3,03	23,3±3,11	162,4±27,48	177,18±33,78	76,67±27,92	62,02±32,15
Pron 30.Dk	15,95±3,02*	23,9±3,81	161,58±26,93	179,5±33,08	82,3±29,41	58,7±26,94†
Pron 45.Dk	15,95±2,82*	24,45±3	158,19±28,53	180,42±28,99#	72,58±28,2	54,68±28,99f
Pron 60.Dk	16,1±2,77*	24,65±3,13	167,42±27,79	183,99±31,31	80,83±30,18	53,97±32,4□
Pron 75.Dk	15,85±2,39	24,55±2,84	158,81±29,08	184,63±33,35§	77,87±28,8	51,43±31,32β
Pron 90.Dk	15,85±2,74	23,45±4,17	161,64±27,52	188,03±31,27¶	76,67±27,92	62,02±32,15

* p<0,05 PEEP 0 pron 15.dk göre

p=0,019 PEEP 0 pron 45.dk göre

§ p=0,013 PEEP 0 pron 75.dk göre

¶ p=0,007 PEEP 0 pron 90.dk göre

† p=0,012 PEEP 0 pron 30.dk göre

f p=0,05 PEEP 0 pron 45.dk göre

□ p=0,01 PEEP 0 pron 60.dk göre

β p=0,008 PEEP 0 pron 75.dk göre

PetCO₂, PaCO₂, SpO₂ değerleri açısından gruplar arası ve grup içi karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmedi.

Hiçbir hastada yan etki saptanmadı.

Tartışma

Çalışmamızın temel bulgusu, pron dönemde uygulanan 10 cmH₂O PEEP'in kompliyans ve PIP'i arttırdığıdır. Hemodinamik değerler açısından karşılaştırıldığında KTA değerleri her iki grupta da pron dönemde düşüktü; OKB değerleri ise pron dönemde PEEP uygulanması ile anlamlı derecede düştü. Pron pozisyonda 10 cmH₂O PEEP uygulanması hemodinamide tedavi gerektirecek değişiklikler yapmadan kompliyans ve PaO₂'de artışa yol açmaktadır.

Pron pozisyonda disk hernisi onarımı uygulanan obez hastalarda supin pozisyondan pron pozisyona geçiş sonrası PaO₂ değerlerinin 130 mmHg'dan 181 mmHg'ya yükseldiği saptanmıştır [11]. Aynı araştırmacıların daha sonra obez olmayan hastalarda gerçekleştirdikleri çalışmada, 10 cmH₂O PEEP uygulaması ile supin pozisyonda PaO₂ değerlerinde değişiklik olmadığı ama obez hastalarda PaO₂ değerlerinin yükseldiğini gözlemlemiştir [12]. Çalışmamızda PEEP 0 grubunda supinden pron pozisyona geçme ile oksijenizasyonda bir değişiklik olmamıştır, bir başka deyişle bulgularımız sağlıklı akciğere sahip hastalarda supinden pron pozisyona geçişin oksijenizasyonu etkilemediğini göstermektedir.

Pron pozisyonun göğüs duvar kompliyansını azaltırken akciğer kompliyansını arttırdığı gösterilmişken, başka bir çalışmada bu pozisyonun obez ve sağlıklı gönüllülerde göğüs duvarı ve akciğer kompliyansını etkilemeden oksijenizasyonu düzelttiği öne sürülmüştür [11,13]. Çalışmamızda PEEP 0 ve PEEP 10 grupları arasında supin dönemde kompliyans değerleri açısından fark yoktu ancak pron dönemde PEEP 10 grubunda kompliyans değeri PEEP 0 grubundan anlamlı olarak yüksekti. PEEP uygulanan grupta atelektazinin daha az olması ve daha fazla solunum ünitesinin ventilasyona katılması nedeniyle kompliyansın daha iyi olduğunu düşünüyoruz.

Laparoskopik kolesistektomi uygulanan hastalarda pnömoperitonium sonrası PEEP uygulanan ve uygulanmayanların PIP değerlerindeki artışın eşit olduğunu tespit edilmiştir [14]. Kararmaz ve ark. [15] PEEP tek başına kullanıldığında PIP'in arttığını fakat "recruitment" manevrası sonrası uygulandığında PIP'in değişmediğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda PEEP 10 grubunda PIP değerinin pron dönemde uygulanan PEEP'e bağlı olarak supin döneme göre daha yüksek olduğunu gözlemledik. Bu artış istatistiksel olarak anlamlı olsa da hiçbir hastada 35 cmH₂O'nun üzerine çıkmadı.

Anestezi altında supin pozisyondan pron pozisyona dönmekle PaCO₂ değerinde değişme olmadığı gösterilmiştir [16,17]. Çalışmamızda da supin pozisyondan pron pozisyona dönmekle PaCO₂ değerinde değişme olmadı.

PEEP uygulaması ile ölü boşluk ventilasyonu artabilir ve bu da alveolar ventilasyonu azaltabilir. Bulgularımız 10 cmH₂O PEEP düzeyinin bizim hastalarımızda overdistansiyona ve ölü boşluk ventilasyonuna neden olmadığını göstermektedir. Grenier ve arkadaşlarının [18] yaptıkları çalışmada beyin cerrahisi operasyonu sırasında oturur, supin ve pron pozisyonda PaCO₂, PetCO₂ ve P(a-et)CO₂ değerlerinde değişme olmazken lateral pozisyonda PetCO₂'nin azaldığı, PaCO₂'nin ise değişmediği gösterilmiştir. Pron pozisyonda PetCO₂'nin düştüğü de tespit edilmiştir [17]. Çalışmamızda her iki grupta da supin dönem ile pron dönem PetCO₂ değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark yoktu.

PEEP'in hemodinamik etkileri hasta grubuna göre farklılıklar gösterebilmektedir. Kalp tepe atım değerleri 10 cmH₂O PEEP uygulanması ile değişmemiştir [14]. Pron pozisyonun OKB ve kalp atım hızını belirgin olarak değiştirmezken kardiyak debiyi düşürdüğü gösterilmiştir [19,20]. Çalışmamızda pozisyon değişikliği hemodinamide anlamlı değişikliklere neden olmazken, 10 cmH₂O PEEP uygulanan grupta OKB değerleri daha düşük saptanmıştır. Ancak hiçbir olguda tedavi gerektirir hipotansiyon gözlenmemiştir.

Çalışmamızın bazı kısıtlılıkları bulunmaktadır. İlk olarak, operasyon sonunda supin pozisyona döndürülen hastaların kompliyans, PIP ve PetCO₂ değerlerini ölçemedik. Diğer kısıtlılık hemodinamik durumun değerlendirilmesinde kardiyak debiyi değerlendirmedik. Sonuçlarımızın bu kısıtlılıklar göz önüne alınarak değerlendirilmesi uygun olacaktır.

Sonuç olarak pron pozisyonunda 10 cmH₂O PEEP kullanımı hemodinamik olarak herhangi bir olumsuzluğa sebep olmaksızın kompliyans ve PaO₂'yi arttırmış, P(A-a)O₂'yi azaltmıştır; PetCO₂'de ise değişime neden olmamıştır. Bu bulgularla pron pozisyonda opere olacak, normal BMI'ye sahip, akciğer hastalığı olmayan kişilerde PEEP kullanımının oksijenizasyon ve kompliyans üzerine olumlu etkileri olabileceği kanısına vardık. Bu konuda özel hasta gruplarını ve postoperatif dönemi de kapsayacak çalışmaların planlanmasının gerekli olduğunu düşünmekteyiz.

Kaynaklar

1. Hedenstierna G, Rothen HU. Atelectasis formation during anesthesia: causes and measures to prevent it. J Clin Monit Comput 2000;16:329-35. doi: 10.1023/A:1011491231934
2. Hedenstierna G, Edmark L. Mechanisms of atelectasis in the perioperative period. Best Pract Res Clin Anaesthesiol 2010;24:157-69.
3. Tusman G, Böhm SH, Warner DO, Sprung J. Atelectasis and perioperative pulmonary complications in high-risk patients. Curr Opin Anaesthesiol 2012;25:1-10. doi: 10.1097/ACO.0b013e32834dd1eb
4. Marini JJ, Hotchkiss Jr JR. PEEP in Prone position: reversing the perfusion imbalance. Crit Care Med 1999;27:1-2.
5. Satoh D, Kurosawa S, Kirino W, et al. Impact of changes of positive end-expiratory pressure on functional residual capacity at low tidal volume ventilation during general anesthesia. J Anesth 2012 ;26:664-9. doi: 10.1007/s00540-012-1411-9.
6. Karsten J, Heinze H, Meier T. Impact of PEEP during laparoscopic

- surgery on early postoperative ventilation distribution visualised by electrical impedance tomography. *Minerva Anestesiol* 2013;23. [Epub ahead of print]
7. Gattinoni L, Tognoni G, Pesenti A, et al. Prone-Supine Study Group. Effect of prone positioning on the survival of patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med* 2001 ;345:568-73. doi: 10.1056/NEJMoa010043
 8. Soo Hoo GW. In prone ventilation, one good turn deserves another. *N Engl J Med* 2013 ;368:2227-8. doi: 10.1056/NEJMe1304349. Epub 2013 May 20.
 9. Pullen RL Jr. Performing a modified Allen test. *Nursing* 2005 ;35:26-
 10. Ruengsakulrach P, Brooks M, Hare DL, Gordon I, Buxton BF. Preoperative assessment of hand circulation by mean of Doppler ultrasonography and the modified Allen test. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001 ;121:526-31. doi: 10.1067/mtc.2001.112468
 11. Pelosi P, Croci M, Calappi E, et al. Prone position improves pulmonary function in obese patients during general anesthesia. *Anesth Analg* 1996 ; 83:578-83.
 12. Pelosi P, Ravagnan I, Giurati G, et al. Positive end-expiratory pressure improves respiratory function in obese but not in normal subjects during anesthesia and paralysis. *Anesthesiology* 1999 ; 91:1221-31.
 13. Pelosi P, Caironi P, Taccone P, Brazzi L. Pathophysiology of prone positioning in the healthy lung and in ALI/ARDS. *Minerva Anestesiol* 2001 ;67:238-47.
 14. Kraut EJ, Amira S, Ronald B, Bruce MW. Impairment of cardiac performance by laparoscopy in patients receiving positive end-expiratory pressure. *Arch Surg* 1999;134:76-80. doi:10.1001/archsurg.134.1.76
 15. Kararmaz A, Kaya S, Turhanoğlu S, Özyılmaz MA. Laparoskopisi sonrasında uygulanan rekrutman manevrasının arteriyel oksijenasyon ve akciğer kompliyansına etkileri. *Türk Anesteziyoloji ve Reanimasyon Derneği Dergisi* 2004; 32: 113-9.
 16. Pelosi P, Croci M, Calappi E, et al. The prone position during general anesthesia minimally affects respiratory mechanics while improving functional residual capacity and increasing oxygen tension. *Anesth Analg* 1995;80:955-60.
 17. Wahba RW, Tessler MJ, Kardash KJ. Carbon dioxide tensions during anesthesia in the prone position. *Anesth Analg* 1998 ; 86:668-9.
 18. Grenier B, Verchere E, Mesli A, et al. Capnography monitoring during neurosurgery: reliability in relation to various intraoperative positions. *Anesth Analg* 1999;88:43-8.
 19. Wadsworth R, Anderton JM, Vohra A. The effect of four different surgical prone position on cardiovascular parameters in healthy volunteers. *Anaesthesia* 1996 ;51:819-22.
 20. Wu CY, Lee TS, Chan KC, Jeng CS, Cheng YJ. Does targeted preload optimisation by stroke volume variation attenuate a reduction in cardiac output in the prone position. *Anaesthesia* 2012 ;67:760-4. doi: 10.1111/j.1365-2044.2012.07116.x.