



**T.C. SAğLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ,
BAKIRKÖY DR. SADİ KONUK SAğLIK UYGULAMA VE
ARAşTIRMA MERKEZİ**

ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON KLİNİğİ

**İNTRAOPERATİF MEKANİK VENTİLASYONDA
VENTİLATÖR İLİşKİLİ AKCİĞER HASARINI
ÖNLEMEDE PCV Mİ? VCV Mİ?**

Dr. Mesut TÜRK

(TIPTA UZMANLIK TEZİ)

İSTANBUL/2021



**T.C. SAğLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ,
BAKIRKÖY DR. SADİ KONUK SAğLIK UYGULAMA VE
ARAşTIRMA MERKEZİ**

ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON KLİNİğİ

**İNTRAOPERATİF MEKANİK VENTİLASYONDA
VENTİLATÖR İLİşKİLİ AKCİğER HASARINI
ÖNLEMEDE PCV Mİ? VCV Mİ?**

Dr. Mesut TÜRK

TEZ DANIřMANI: Yan dal. Uzm.Dr. Oya HERGNSEL

YARDIMCI TEZ DANIřMANI: Yan dal. Uzm.Dr. Sinan AşAR

(TIPTA UZMANLIK TEZİ)

İSTANBUL/2021

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimini almaktan onur ve mutluluk duyduğum Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği'nin, bilgi ve tecrübeleri ile yol gösteren, büyük bir özveri ile eğitimime katkıda bulunan hocalarım, mesleki bilgi ve tecrübelerinden çok yararlandığım Uzm. Dr. Gülsüm Oya HERGÜNSEL'e, Uzmanlık eğitimime disiplini, geniş bakış açısı ile büyük katkı sağlayan çok değerli hocam Doç. Dr. Zafer ÇUKUROVA'ya, tez çalışmamın başından sonuna kadar desteğini hiç esirgemeyen Uzm. Dr. Sinan AŞAR'a; her zaman yanımda olan sevgili aileme, her zamanda yanımda olup desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli arkadaşım Sümeyye KOZ'a; değerli arkadaşım Uzm.Dr. Hayati ÖZER'e, eğitimin boyunca bizlere yol gösteren değerli anestezi uzmanlarına; zorlukları beraber göğüslediğimiz, her biri birbirinden kıymetli asistan arkadaşlarıma; ayrıca tüm anestezi teknisyenlerine, yoğun bakım hemşireleri, sekreterleri ve personellerine destekleri için

Sonsuz teşekkürler...

Dr. Mesut TÜRK

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
KISALTMALAR:.....	iii
TABLolar DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Volüm ve kontrol ventilasyonda mekanik power hesaplanması:	2
2.2. Basınç kontrol ventilasyonda mekanik power hesaplanması:	6
2.3. Mekanik powerın anestezi uygulamalarında kullanımı:	8
3. MATERYAL ve METOD	11
3.1. Çalışma Dizaynı ve Populasyon	11
3.2 Hasta verilerinin elde edilmesi.....	16
3.3 İstatiksel Değerlendirme	16
4. BULGULAR:.....	18
5. TARTIŞMA.....	20
6. SONUÇ.....	24
7. KAYNAKLAR	25
8. ÖZGEÇMİŞ	Error! Bookmark not defined.

KISALTMALAR:

ARDS:	Akut solunum sıkıntısı sendromu
Cdyn:	Dinamik kompliyans
CO₂:	Karbondioksit
Cstatik:	Statik kompliyans
DP:	Driving Pressure (Sürücü Basıncı)
ELrs:	Solunum sistemi esnekliği
ERV:	Ekspiratuar rezerv hacim
FIO₂:	Fraksiyonel insspiratuar oksijen
FRC:	Fonksiyonel rezidüel kapasite
İ:E:	İnsiryum ekspiryum oranı
MVe:	Dakikadaki tidal hacim
MP_{rs} (J/minute):	Respiratuar mekanik power (güç)
PaCO₂:	Karbondioksitin arteriyel kısmi basıncı
PaO₂:	Parsiyel ateryel oksijen basıncı
P aw:	Havayolu basıncı
PBW:	Tahmini vücut ağırlığı
PEEP:	Pozitif end ekspiratuar basınç
PIP:	Tepe inspiratuar basınç
ΔP_{insp}:	İnspirasyon sonunda havayolu basıncı
P L:	Transpulmoner basınç
Pplato:	Plato basıncı
Ppeak:	Pik inspiratuar basınç
P musc:	Solunum kaslarının ürettiği basınç
P pl:	Plevral basınç

Raw:	Havayolu direnci
RR:	Solunum hızı
ΔV:	Tidal volume
TVe:	Ekspiratuvar tidal volum
VC:	Vital kapasite
VILI:	Ventilatör kaynaklı akciğer hasarı
VT:	Tidal hacim
WOB_v:	Soluk iş gücü



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo I - Postoperatif Pulmoner Komplikasyon Tanımlaması.....	15
Tablo II - Hasta Özellikleri	18
Tablo III - Respiratuvar Parametreler (1)	19
Tablo IV - Respiratuvar Parametreler (2).....	20



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil I - Kuvvet Denkleminin Grafik Gösterimi.	3
Şekil II - Volüm Kontrollü Ventilasyonda Mekanik Gücün Geometrik Görünümü.....	4
Şekil III - Volüm Kontrol Ventilasyon Basınç-Zaman Grafiği.....	5
Şekil IV - Basınç Kontrol Ventilasyonda P-V Loop.....	7
Şekil V - Basın Kontrol Ventilasyon Basınç-Zaman Grafiği	13



ÖZET

Giriş: İntraoperatif Mekanik Ventilasyon uygulamaları sağlıklı akciğerde ventilatörle ilişkili akciğer hasarına (VILI) ve postoperatif pulmoner komplikasyonlara yol açabilmektedir. Mekanik Power VILI oluşumuna neden olan tüm solunum mekaniklerini hesaba kattığı için postoperatif pulmoner komplikasyon riskini azaltmada yeni bir konsept olarak geliştirilmiştir. Ameliyathanede kullanılan eski anestezi cihazları volüm kontrol modu ön planda olup günümüzde teknoloji ile birlikte yoğun bakımlardaki gibi birçok mod ve özelliği olan anestezi cihazları bulunmaktadır. Bu da mekanik ventilatör kullanımında kafa karışıklığına neden olmaktadır. Bu çalışmada supine ve prone pozisyonlarında opere edilen hastalarda volüm ve basınç kontrol ventilasyon modları, solunum mekanikleri (mekanik güç dahil) açısından karşılaştırılmıştır.

Amaç: Ameliyathane uygulamalarında sık kullanılan basınç ve volüm kontrol modlarında ventile edilen hastaların ileri solunum mekaniklerinden mekanik powerı hesaplayarak VILI riski açısından, postoperatif pulmoner komplikasyonlara (PPK) etkisi karşılaştırmıştır.

Metod: Çalışma Sağlık Bilimleri Üniversitesi Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi Anestezi ve Reanimasyon Kliniği Nöroşirürji ameliyathanesinde yapıldı. Prospektif randomize kontrollü gözlemsel klinik çalışma protokolü ile yerel etik kurulu onayı alındı. Hastalar volüm kontrol supine ve prone ile basınç kontrol supine ve prone olarak 20'şer hasta olacak şekilde 4 gruba ayrıldı (n:80 hasta). Gruplara dahil edilen hastaların ariskat skoru, mekanik power, solunum sayısı, PEEP, TVe, Ppeak, Pplato, driving pressure, Tinsp, boy, yaş, cinsiyet, body mass index, prediktif body weight verileri "elektronik veri havuzundan" Structured Query Language (SQL) sorguları ile elde edilmiştir. Excel programında hasta veri ortalamaları alındıktan sonra istatistiksel analizler yapılmıştır.

Bulgular: Gruplar arasında demografik veriler, ariskat skoru, ariskat risk grubu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Volüm kontrol grubunun supine ve prone mekanik power (MPrs) değerleri basınç kontrol

grubundan istatistiksel olarak anlamlı düşük gözlenmiştir. P değerleri sırası ile 0.012 ve 0,001 olarak hesaplanmıştır.

Sonuç: Volüm kontrol grubunun supine ve prone MPrs değerleri basınç kontrol grubundan anlamlı düşük hesaplanmıştır. Güncel mekanik power konsepti açısından basınç kontrollü intraoperatif mekanik ventilasyonun supine ve prone pozisyonunda VİLİ riski açısından dezavantajlı olduğu düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: mekanik power, basınç ve volüm kontrol ventilasyon, postoperatif pulmoner komplikasyonlar



ABSTRACT

Introduction: Intraoperative Mechanical Ventilation practices can lead to ventilator-associated lung injury (VILI) and postoperative pulmonary complications in healthy lungs. Mechanical Power has been developed as a new concept in reducing the risk of postoperative pulmonary complications as it takes into account all respiratory mechanics that cause VILI formation. Volume control mode is at the forefront in the old anesthesia devices used in the operating room, and today, together with technology, there are anesthesia devices with many modes and features, as in intensive care units. This causes confusion in the use of mechanical ventilators. In this study, volume and pressure control ventilation modes were compared in terms of respiratory mechanics (including mechanical power) in patients operated in the supine and prone positions.

Aim of study: It has been compared the effects on postoperative pulmonary complications (PPH) in terms of VILI risk by calculating mechanical power from advanced respiratory mechanics of patients ventilated in pressure and volume control modes, which are frequently used in operating room applications.

Material and Methods: The study was performed in the Neurosurgery operating room of the Anesthesia and Reanimation Clinic of University of Health Sciences, Bakırköy Dr. Sadi Konuk Training and Research Hospital. Local ethics committee approval was obtained with a prospective randomized controlled observational clinical trial protocol. The patients were divided into 4 groups (80 patients), volume control supine and prone, pressure control supine and prone, with 20 patients each. Ariskat score, mechanical power, respiratory rate, PEEP, T_{Ve}, P_{peak}, P_{plato}, driving pressure, T_{insp}, height, age, gender, body mass index, predictive body weight data of the patients included in the groups have been obtained from "electronic data pool" with Structured Query Language (SQL) queries. Statistical analyzes were made after the average of the patient data were taken in the Excel program.

Conclusion: There was no statistically significant difference between the groups in terms of demographic data, ariskat score, and ariskat risk group values. The supine and prone mechanical power (MPrs) values of the volume control group were statistically significantly lower than the pressure control group. P values were calculated as 0.012 and 0.001, respectively.

Results: Supine and prone MPrs values of the volum control group were calculated significantly lower than the pressure control group. Pressure-controlled intraoperative mechanical ventilation is considered to be disadvantageous in terms of the risk of VILI in the supine and prone position in terms of the current mechanical power concept.

Keywords: mechanical power, pressure and volume control ventilation, postoperative pulmonary complications.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Mekanik ventilasyon, ARDS'li hastalarda, cerrahi sırasında ve yoğun bakım hastalarının takibinde hayat kurtarıcı bir girişim olmakla birlikte, akciğerde hasara, ventilatörle ilişkili akciğer hasarına (VILI) yol açabilmektedir. Mekanik ventilatörlerin kullanımı ile başlayan pozitif basınçlı ventilasyonun oluşturduğu hasar kısaca VİLİ (Ventilator induced lung injury) olarak tanımlanmaktadır (1). VILI oluşumuna neden olan pek çok faktör tanımlanmıştır. Tidal volüm, sürücü basınç, akım, solunum sayısı ve PEEP gibi, çeşitli çalışmalarda VILI ile ilişkisi saptanan farklı değişkenleri tek bir parametrede toplayan mekanik güç (mechanical power), yatak başında VILI'yı öngörmede bize yeni imkanlar sunmaktadır (2-6). Ameliyathanede kullanılan eski anestezi cihazlarında volüm kontrol modu ön planda olup günümüzde teknoloji ile birlikte yoğun bakımlardaki gibi birçok mod ve özelliği olan anestezi cihazları bulunmaktadır. Bu da mekanik ventilatör kullanımında kafa karışıklığına neden olmaktadır. Bu nedenle mekanik ventilatör mod seçimi ve mekanik ventilatör basınçları düzenlemede hayati role sahiptir. Bu çalışmamız bizlere rehber olacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Volüm ve kontrol ventilasyonda mekanik power hesaplanması:

L. Gattinoni'nin yayınladığı çalışmada, solunum sisteminin klasik hareket eşitliğinden yola çıkılarak; tidal volüm, elastans, inspiriyum/ekspiryum (I:E) oranı, havayolu rezistansı ve pozitif end ekspiratuvar basınç (PEEP) gibi tüm parametreleri içeren tek bir formül önerilmiştir (bkz. şekil 1) (6, 7)

$$MP_{rs} = 0.098 \times RR \{ \Delta V^2 \times [1/2 \times EL_{rs} + RR \times [(1+I:E)/(60 \times I:E) \times Raw] + \Delta V \times PEEP$$

Bu formülün sadeleştirilmiş şekli, şu şekilde yer almaktadır:

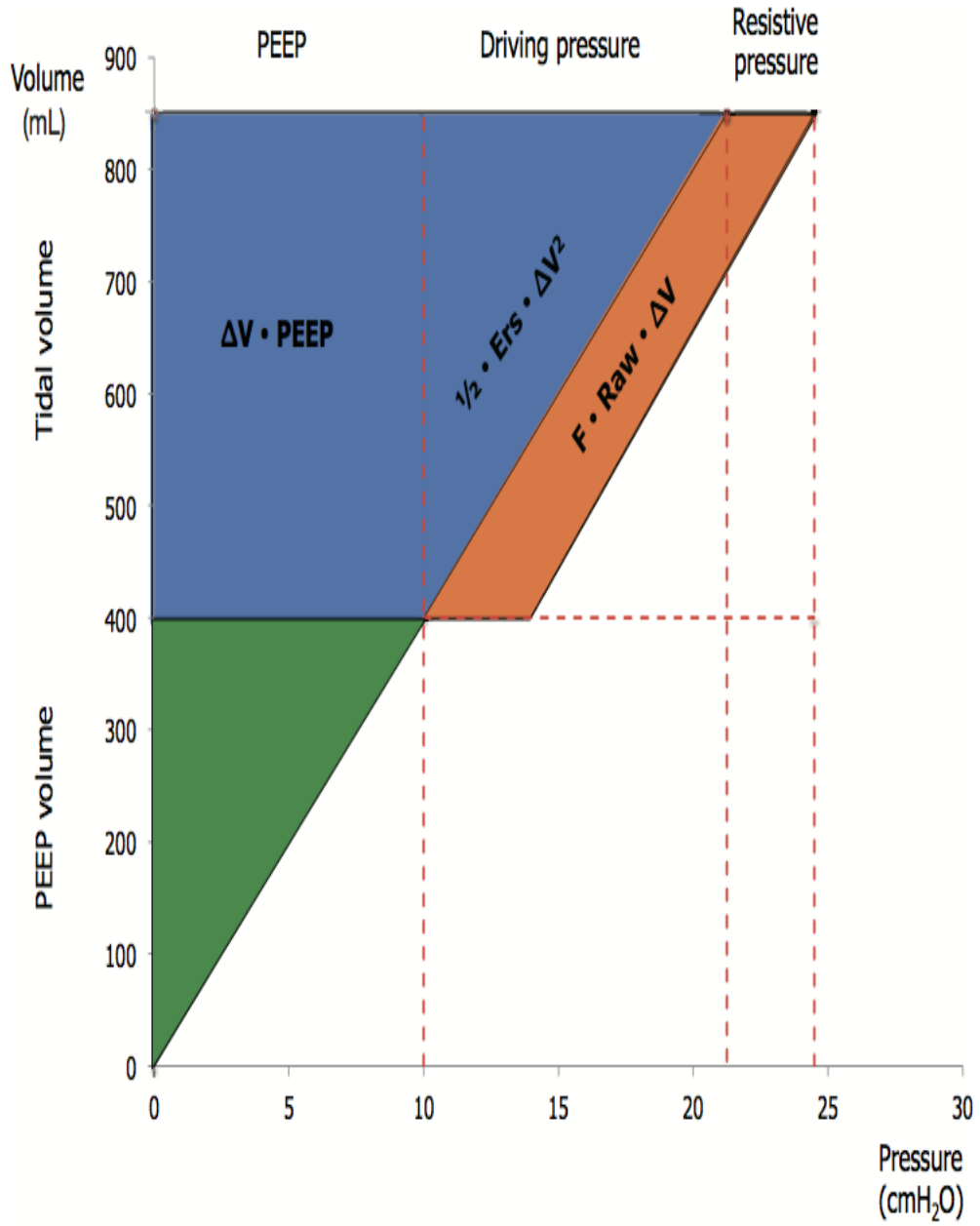
$$Power_{rs} = 0.098 \times \Delta V \times RR (P_{peak} - \frac{1}{2} \times \Delta P_{aw})$$

(MP_{rs}: Mekanik power, RR: solunum hızı, ΔV: tidal volüm, EL_{rs}: solunum sistemi esnekliği, Raw: havayolu direnci).

Gattinoni ve arkadaşları tarafından hareket denkleminde yola çıkarak geliştirilen formül (MP_{std}), tüm VILI değişkenlerini içermekle birlikte, pratikte kullanım için fazla karmaşık ve sadece volüm kontrollü ventilasyonda kullanılabilir. Gattinoni ve arkadaşları tarafından hareket denkleminde yola çıkarak geliştirilen formül (MP_{std}), tüm VILI değişkenlerini içermekle birlikte, pratikte kullanım için fazla karmaşık ve sadece volüm kontrollü ventilasyonda kullanılabilir.

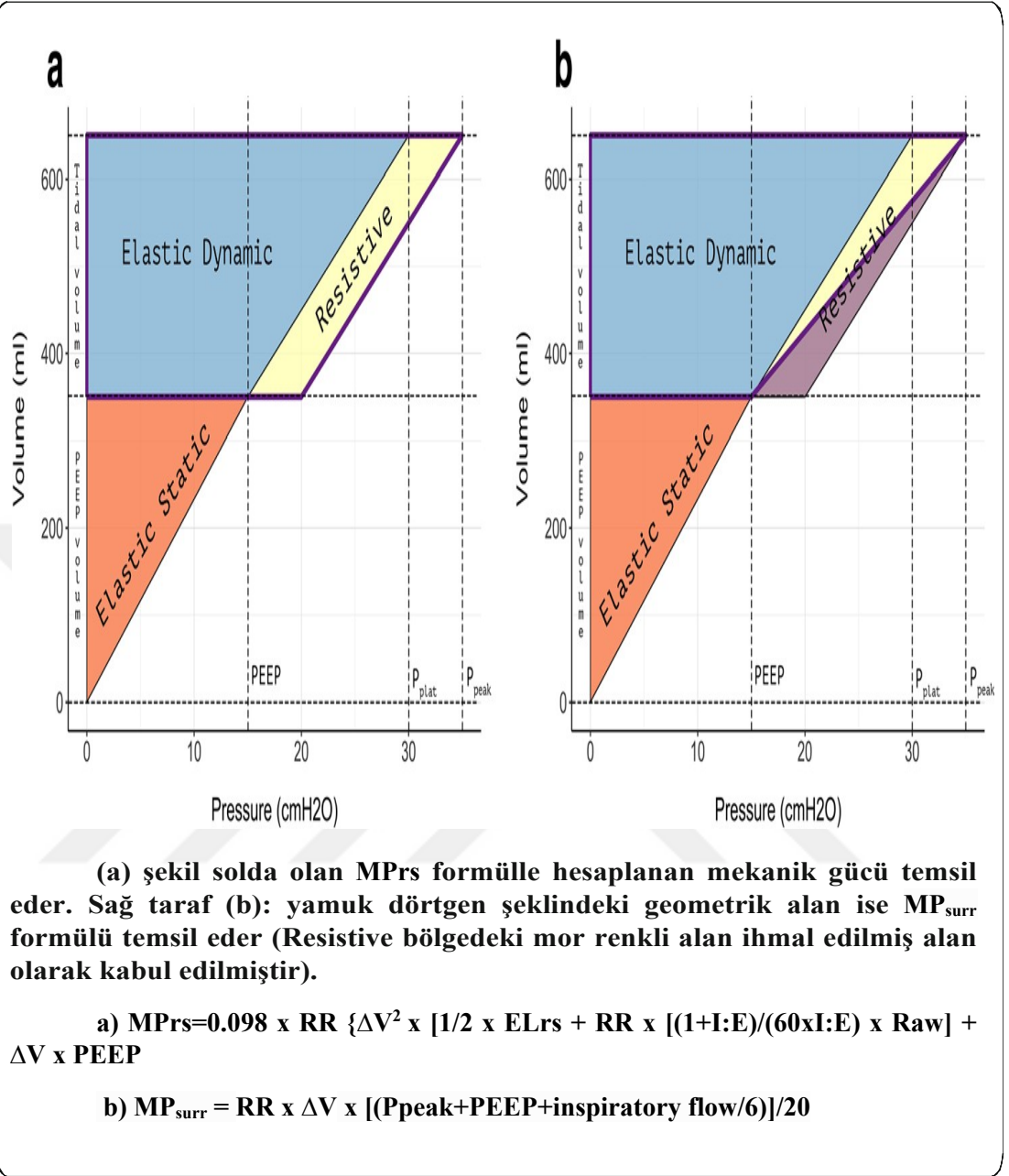
Gattinoni förmüllerindeki bu dezavantajı gidermek için Giosa ve arkadaşları yoğun bakımda ARDS nedeniyle takip edilen hastaların ortalama rezistans değerini 10 cmH₂O · sn / L olarak kabul etmişlerdir. 10 cmH₂O · sn / L olarak kabul edilmiş olan inspiratuvar rezistans değeri ile Gattinoni ve arkadaşlarının standart power denklemini şu şekilde modifiye edilmiş ve mekanik power surrogate equation olarak isimlendirmişlerdir.

$$(MP_{surr} = RR \times \Delta V \times [(P_{peak} + PEEP + \text{inspiratory flow}/6)/20]) \quad (8).$$



Şekil I - Kuvvet Denkleminin Grafik Gösterimi.

Sol üst dikdörtgen ($\Delta V \times PEEP$), liflerin taban çizgisi gerilmesini, yani her tidal hacim aktarımında aşılması gereken enerji seviyesini temsil eder. Mavi üçgen ($\frac{1}{2} \times E_{rs} \times \Delta V$), solunum sisteminin esnekliğini kazanmak için gereken enerjiyi temsil eder. Turuncu paralelkenar ($F \times R_{aw} \times \Delta V$), gaz akışına direnci kazanmak için gereken enerjiyi temsil eder. Altındaki yeşil üçgen, sadece bir kez verildiği için (ilk PEEP uygulamasında / değişikliğinde) güç denkleminde yer almayan PEEP'in statik bileşenini (yani PEEP'in PEEP hacmi ile çarpımını) temsil eder.

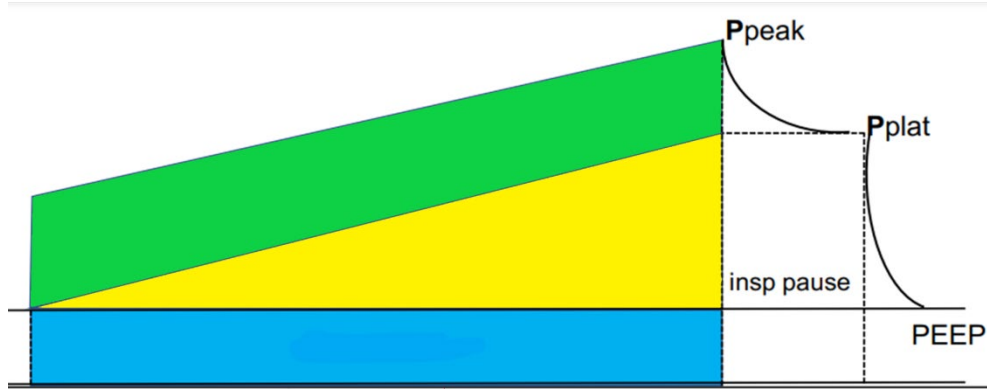


Şekil II - Volüm Kontrollü Ventilasyonda Mekanik Gücün Geometrik Görünümü

Ventilatör tarafından uygulanan enerji, basınç- volüm eğrisinde inspiratuvar kolda ölçülen havayolu basıncı ile volüm eksenini arasındaki alandan hesaplanmaktadır. Volüm kontrol modunda yukarıda bahsedilen formüller ile elde edilen power değerleri ile power hesaplanmasında gold standart yöntem olan geometrik ile hesaplanan power değerleri istatistiksel olarak eşit bulunmuştur.

Volüm kontrol ventilasyonda Aşar ve arkadaşları mekanik gücün hasta başında hesaplanması için work of breathing ventilatory (WOB_v) parametresi kullanılarak volüm kontrol ventilasyonda yatak başında kolayca dinamik mekanik power (dinamik power) hesaplayan basit bir denklem önermişlerdir. Bu formül dinamik mekanik power formülü olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada “dinamik power kavramı” Gattinoni ve arkadaşlarının tanımladığı resistif power ile elastik powerin toplamı olarak şu şekilde tarif edilmiştir ($MP_{dyn} = WOB_v \times MVE$) (9, 10).

WOB_v bir litre gazın ventilasyonu için harcanan enerji miktarıdır. Birimi Joule/L ile ifade edilir ve bir inspiratuvar siklustaki işin (WOB_i) tidal volüme oranlanması ile hesaplanmaktadır ($WOB_i/\Delta V$) (11,12). Buna PEEP’in katkısı eklenip dönüşüm faktörü ile çarpıldığında $\{MP_{dyn} = 0,098 \times MVE [(WOB_v) + (PEEP)]\}$ total dinamik power hesaplanmıştır. 40 ARDS hastası üzerinde volüm kontrol ventilasyonda standart power formülü ile karşılaştırılmış ve total dinamik powerin total standart powera eşit olduğu gösterilmiştir (bkz şekil4) ($MP_{std} = MP_{dyn}$) (9).



Şekil III - Volüm Kontrol Ventilasyon Basınç-Zaman Grafiği

Dinamik mekanik power = Resistif power + Elastik power (yeşil + sarı alanlar).
 Statik power = Elastik power + PEEP power (sarı + mavi alanlar). Total power = Statik power + Resistif power = Dinamik power + PEEP power (yeşil + sarı + mavi alanlar). P_{peak} = peak inspiratuvar basıncı; P_{plat} = plato basıncı.

Dinamik power dinamik solunum parametreleri üzerinden geliştirilmiş bir konsepttir. Dinamik mekanik power kuvveti (dinamik power) basınç-zaman eğrisinde Ppeak'tir. Bu nedenle power hesaplanmasında Pplato ve resistans ölçümü için gerekli olan hold manevralarına ihtiyaç yoktur.

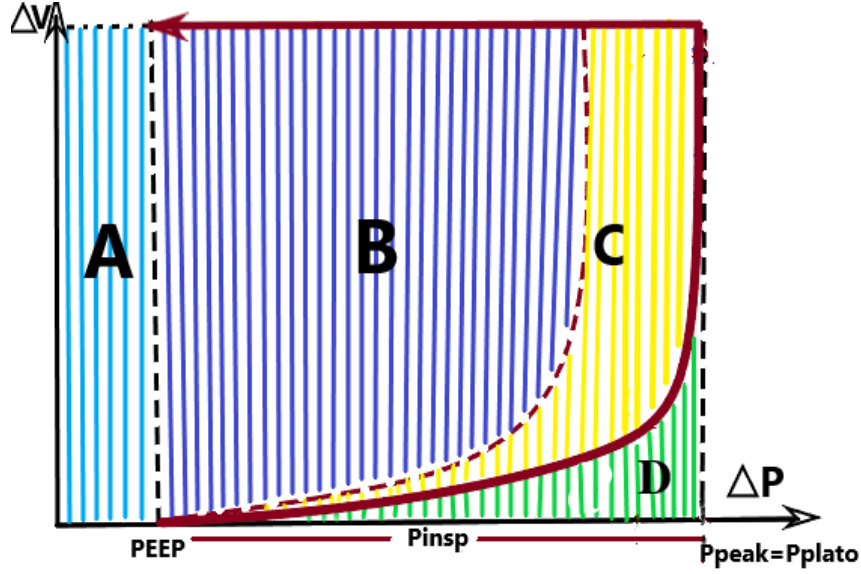
2.2. Basınç kontrol ventilasyonda mekanik power hesaplanması:

Volüm kontrol için geliştirilen power formülleri, basınç kontrol ventilasyonda P-V loop alanı farklı olduğundan dolayı basınç kontrol için geçerli olmayabilir. Bu amaçla mekanik power'ın basınç kontrol ventilasyonda hesaplanabilmesi için Becher ve ark, basınç dalgasının ideal kare şeklinde olduğunu varsaydığı bir basitleştirilmiş denklemi ($MP_{pcv(simpl.)}$) ve inspiratuvar rise time'ın (T_{slope}) da hesaba katıldığı daha geliştirilmiş bir formül ($MP_{pcv(T_{slope})}$) önerisinde bulunmuşlardır (13).

Basınç kontrol ventilasyonda (PCV) P-V lopun arasındaki alanı hesaplayan basınç kontrol power denklemlerinin türetildiği matematiksel mantık artan üstel fonksiyon denkleminden gelir $y = y_{last} (1 - e^{-t/\tau})$: Bu denklem, sabit basınç altında oluşan inspiratuvar volümü zamanın da bir fonksiyonu olarak gösterir. (14-16). Bu karmaşık denklemler ile türetilen denklem aşağıda gösterilmiştir.

$$MP_{pcv(T_{slope})} = 0.098 \times RR \times [(\Delta P_{insp} + PEEP) \times \Delta V - \Delta P_{insp}^2 \times C \times (0.5 - (R \times C) / T_{slope} + (R \times C / T_{slope})^2 \times (1 - e^{-T_{slope} / (R \times C)}))] \quad (13).$$

Pratik formülde basınç eğrisinin kusursuz bir kare olduğu varsayılıyor ve basınç eğrisini düzeltilmesi için olması gereken basıncı hesaplamak için başvuru olan karmaşık matematiksel işlem uygulanmamıştır. Kullanılması kolay ve ventilatör ekranında sürekli power hesaplayacak basit formül şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil IV - Basınç Kontrol Ventilasyonda P-V Loop

**PEEP power=A, Elastik power=B, Rezistif power=C,
Kusurlu power alanı (hata payı) =D**

$(MP_{pcv(simp.)}) = 0.098 \times RR \times \Delta V \times (\Delta P_{insp} + PEEP) = A+B+C+D$ (P-V lopun arasında olmayan D-yeşil taralı alan kusurlu alan olarak kabul edilmiştir.)
 {MP: mekanik power, RR: Respiratuar rate, ΔV : tidal volume, ΔP_{insp} : Driver basıncı, 0.098 ise dönüştürme faktörüdür}

Becher ve arkadaşlarının kompleks denklemini küçük bir validasyon çalışmasında test eden van der Meijden ve ark, yüksek mekanik power değerlerinde Becher'in formülünün hatalı ölçüm yaptığını belirterek, alternatif bir denklem sunmuşlardır (MP_{pcv}). Formül şu şekildedir (17).

$$MP_{pcv} = 0.098 \times RR \times \Delta V (PEEP + \Delta P_{insp} \times (1 - e^{-T_{insp}/(R \times C)}))$$

Bu iddiaya yanıt olarak Becher ve ark ise van der Meijden'in önerdiği denklemin power'ı daha düşük ölçtüğünü (underestimation of m.p.) yazmışlardır (18). Halen basınç kontrollü ventilasyonda mekanik power ölçümü ile ilgili çalışmalar ve tartışmalar devam etmektedir.

Ancak basınç kontrol modlarında power hesaplanması için geliştirilen her iki kompleks denklem ($MP_{pcv (Tslope)}$ ve MP_{pcv}) için gerekli olan inspiratuar rezistans değerleri hold manevraları ile ölçülemediğinden dolayı bu denklemler ile bu çalışmada mekanik power hesaplanamamıştır (basınç kontrol modunun değişken gaz akımından dolayı). Cheimello ve arkadaşları güncel çalışmalarında hasta popülasyonlarında Becher'in basit formülü en az van der Meijden'in karmaşık formülü kadar iyi performans sergilediğini göstermişlerdir. Aynı çalışmada volüm kontrol modu için geliştirilen power denklemlerinin basınç kontrol ventilasyonu için de kullanılabileceğini dile getirmişlerdir (19). Basınç kontrol ventilasyonunda power hesaplayan denklemlerdeki kafa karışıklığı nedeniyle bu çalışmadaki power hesaplamaları Becher'in basit formülü yapılmıştır ($MP_{pcv(simp.)} = 0.098 \times RR \times \Delta V \times (\Delta P_{insp} + PEEP)$).

2.3. Mekanik powerın anestezi uygulamalarında kullanımı:

Yoğun bakımlarda VİLİ'ye bağlı gelişen postoperatif pulmoner komplikasyon gelişiminde de tidal volüm, transpulmoner basınç, solunum sayısı, akım hızı ve PEEP gibi faktörler rol oynamaktadır (1-5). Mekanik power konsepti bu alanda da kullanılması önerilmektedir (20). Çünkü mekanik güç belli bir eşik değerin üzerinde, akciğer parenkiminde meydana gelen rüptürlerden, ağır bir inflamasyon ve ödeme kadar değişen bir dizi hasar oluşturduğu düşünülmektedir (21,22). Hasta kohortlarında yapılan analizlerde, yüksek mekanik güç değerlerinin daha yüksek mortalite ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (23). Yoğun bakımlardaki koruyucu mekanik ventilatör stratejisi ameliyathanelerde de yapay solunum ihtiyacı olan hastaların, VİLİ'ye bağlı postoperatif pulmoner komplikasyon riskini en aza indirmek için de uygulanmaktadır (20). VİLİ'de ana faktörün driver pressure olduğu göz ardı edilemez (24-26). Ancak mekanik power diğer solunum mekaniklerini de (PEEP, RR ve İE zaman) hesaba kattığı için önemli olduğu düşünülmektedir. Mekanik güç kavramı ile, ventilatöre bağlı tüm VİLİ sebepleri, tek bir parametre ile ifade edilebilmektedir. Dolayısı ile VİLİ'ye bağlı postoperatif pulmoner komplikasyon riskini azaltmada yeni bir konsept olarak geliştirilmiş olan power kavramı bu çalışmada araştırmaya değer bulunmuştur.

Prone pozisyonu:

Pozisyonun ve genel anestezinin akciğer fonksiyonları üzerine olan etkileri önemlidir. Prone pozisyonunda pozisyona bağlı olarak mekanik olarak ventile edilen hayvanlarda ve insanlarda, pulmoner kan akımı ve gaz dağılımı supine pozisyonuna göre farklılık gösterir (27,28). Prone pozisyonunda göğüs duvarına olan basıya bağlı olarak toraks duvar hareketi sınırlanır. Kürara bağlı olarak kas tonusunun düşmesi ile de diafragma abdominal içeriğe bağlı olarak sefale doğru yönelir. Obez hastalarda intraabdominal basınç daha yüksek olduğundan etkiler daha belirgin olur. Bunun sonucunda oluşan akciğer hacim değişiklikleri ve pulmoner kan akımındaki farklılaşma solunum mekaniğini etkiler (29-31).

Genel anestezi altındaki, paralize hastalar, prone pozisyonuna çevrildiklerinde, solunum sistemi kompliyansları %20-30 azalmakta, tepe inspiratuar basınç (PIP) değerleri ise artmaktadır (32). Yapılan bazı çalışmalarda ise, uygun pozisyon (göğüs duvarı ve pelvis destekleri ile) verildiğinde kompliyans ve tepe inspiratuar basınç değerlerinde anlamlı bir değişiklik olmadığı ifade edilmiştir (33). Prone pozisyonunda, fonksiyonel rezidüel kapasitede anlamlı artış görülmektedir. Bu durum diyafragma üzerindeki basıncın azalması ve supin pozisyonunda kapanma eğiliminde olan alveollerin, açılmasıyla açıklanmaktadır (34). Ameliyathane koşullarında prone pozisyonu ile ilgili çalışmalar özetle prone pozisyonunda supin pozisyonuna oranla oksijenizasyonun daha iyi olduğu gösterilmiştir. Bunun olası açıklaması, ventilasyon-perfüzyon oranındaki rölatif iyileşme ve ön mediasteninin (kalbin) akciğer üzerindeki ağırlık etkisinin azalması ile daha çok bağımsız akciğer alanları ve daha fazla ventile edilebilir alveol sayısı ile açıklanmaktadır (35-37). Aynı şekilde yoğun bakımdaki ARDS'li hastalarda prone pozisyonun oksijenasyonu düzelttiği uzun süredir bilinmektedir. Ameliyathane koşullarında yapılan çalışmalara benzer olarak dorsal akciğer alanlarında ventilasyonun düzeldiği, kapalı alveollerin açıldığı ve ventilasyon perfüzyon oranının iyileştiği gösterilmiştir. Aynı şekilde bu etkinin toraks duvarı mekaniklerindeki değişimler kalp ve mediasteninin akciğer üzerindeki baskısının kalkması ile açıklanmaktadır (38-41).

2018'deki Amerikan Toraks Derneği konferansında sunulan bir bildiride, prone pozisyonun yoğun bakımdaki ARDS hastalarında mekanik güç üzerindeki etkileri araştırılmış ve en az 8 saatlik bir prone pozisyondan sonra mekanik gücün

azaldığı saptanmıştır (42). Ameliyathane koşullarında prone pozisyonun yeni bir konsept olan mekanik güç üzerindeki etkileri konusunda yeterli çalışma yoktur. Prone pozisyon ile VİLİ azaltılabilmektedir. Akciğer havalanması daha homojen gerçekleşmekte ve böylece hasarlı akciğere uygulanan mekanik güçler de daha eşit bir dağılım göstermektedir.

Bu çalışmada supine ve prone pozisyonlarında operasyon uygulanan hastalarda volüm ve basınç kontrol ventilasyon modları, solunum mekanikleri (mekanik güç dahil) açısından karşılaştırılmıştır.



3. MATERYAL ve METOD

3.1. Çalışma Dizaynı ve Populasyon

Çalışma, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi Klinik araştırmalar Yerel Etik Kurulu onayı alındıktan sonra anestezi ve reanimasyon kliniği nöroşirürji ameliyathanesinde prospektif randomize kontrollü gözlemsel klinik çalışma olarak yapıldı. Alınan vakalar servikal herni, lomber herni, lomber stabilizasyon vakalarıdır.

Çalışmaya dahil edilen tüm hastalardan operasyondan bir gün önce aydınlatılmış onam alınmıştır. Hastalar dört gruba ayrılmıştır;

1. grup Basınç kontrol grubu:

A subgrubu: basınç kontrol supine grubu (20 hasta)

B subgrubu: basınç kontrol prone grubu (20 hasta)

2. grup Volüm kontrol grubu:

A subgrubu: volüm kontrol supine grubu (20 hasta)

B subgrubu: volüm kontrol prone grubu (20 hasta)

Tüm hastalar operasyondan bir gün önce görülerek anamnezleri alındı, fizik muayeneleri yapılarak, vital bulguları ve laboratuvar ölçümleri ile değerlendirildi. Yapılan testlerde tüm hastaların hemoglobin, hemotokrit, eritrosit, lökosit, trombosit, koagülasyon parametreleri, elektrolit değerleri, karaciğer enzim değerleri (SGOT, SGPT), üre, kreatinin, açlık kan şekeri değerleri kontrol edildi. Hastalara preoperatif vizit sırasında uygulama hakkında bilgi verildi, bu bilgilendirmeyi anlayabilecek kooperasyon düzeyinde olan ve çalışmaya katılmayı kabul eden hastalar çalışmaya dahil edildi. Preoperatif Ariscat skoru değerlendirilecek risk sınıflandırılması yapıldı.

Operasyon masasına alınan hastalar EKG, noninvaziv kan basıncı ölçümü, SpO₂ monitorizasyonu sağlandıktan sonra, 20 G intravenöz kanül ile damar yolu açılacak. 4-5 ml/kg/saat hızda dengeli sıvı (Isolyte, RL) infüzyonuna başlandı. Tüm hastalara dengeli anestezi uygulandı. Tüm hastaların ventilasyonu %45 O₂/hava, akım 3 lt/dak, solunum sayısı 12 nefes/dk, PEEP:5 cmH₂O, tidal volüm PBW göre 6-

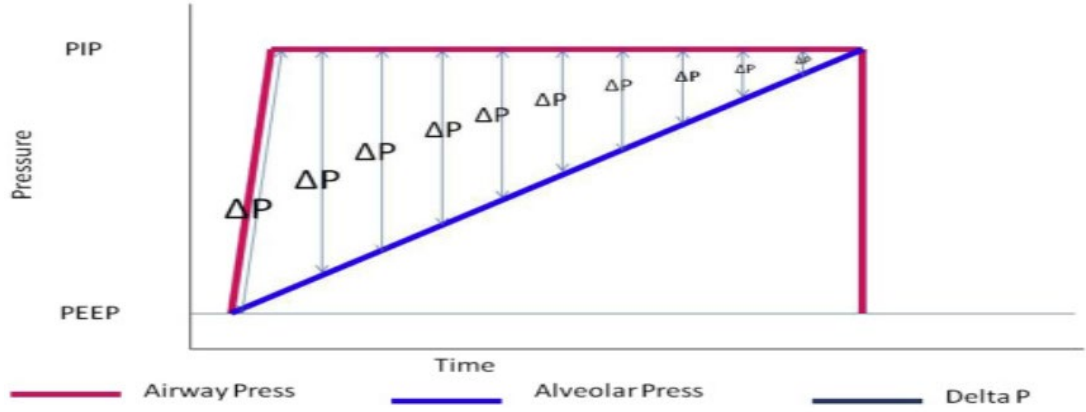
7 ml/kg olacak şekilde ayarlandı ve inspirasyon/ekspirasyon zaman oranı 1:2 hedef SpO_2 :92-96 olacak şekilde sabit tutuldu. Tüm hastalar Maquet Flow-i (İsveç) anestezi cihazı ile ventile edildi. Hasta verileri anestezi cihazı ventilatöründe 20 mm/s tarama hızında (sweep speed) kaydedildi. Operasyon bitiminde spontan solunum başladığında 0,01 mg/kg Atropin ve 0,03 mg/kg neostigmin reverse amacıyla yapıldı. Hastaların spontan solunumu yeterli olduğunda ekstübe edildi. Postop derlenme odasına alınan hastalar burada gözlemlendi ve Modifiye Aldrete Skoru 9'un üzerinde olan hastalar servise gönderildi. Ameliyat boyunca yapılan diğer ilaçlar ve intraoperatif komplikasyonlar kaydedildi. Hastaların tüm solunum parametreleri ve diğer vital bulguları ameliyathanemizde klinik karar destek yazılımı olarak kullanılan ImdSoft/Metavision software sistemi ile elektronik ortamda 1'er dakikalık aralarla kaydedildi.

Software'de önceden tanımlı olan Gattinoni ve ark. pratik power formülü ile ($Power_{rs} = 0.098 \times \Delta V \times RR \times (P_{peak} - \frac{1}{2} \times \Delta P_{insp})$) volüm kontrol ventilasyonda respiratuar sistem power değerleri hesaplandı. Basınç kontrol ventilasyonu için de Becher ve ark. geliştirdiği basınç kontrol pratik power denklemi ile power hesaplanmıştır [$(MP_{pcv(simp.)} = 0.098 \times RR \times \Delta V \times (\Delta P_{insp} + PEEP))$].

Volüm kontrol ventilasyonda ventilatör tarafından inspiratuar pause ayarı ile P_{plato} otomatik olarak hesaplanmaktadır. Basınç kontrol ventilasyonda değişken gaz akımından dolayı böyle bir ayarlama yapılamadığından dolayı P_{plato} basıncı hold manevraları olmadan elde edilememektedir. Ancak basınç kontrol modunda driver basıncı önceden sabit olarak ayarlandığı için P_{peak} basıncı P_{plato} 'ya eşit kabul edilmektedir. PCV'de, KOAH ve bronkoalveolar fistül yok ve PEEP sıfır ise (ZEEP) inspirasyon sonunda havayolu basıncı (ΔP_{insp}) önceden sabit olarak ayarlandığı için ve pik inspiratuar basınç (P_{peak}) ile alveolar basınç (P_{plato}) eşit olarak kabul edilmiştir ($P_{plato} = P_{peak}$) (43,44).

$P_{plato} = P_{peak} = \Delta P_{insp}$ 'dir. PEEP varlığında inspirasyon sonunda havayolu basıncı ($P_{peak} = P_{plato}$) $\Delta P_{insp} + PEEP$ olacaktır. $\Delta P = \Delta P_{insp} = P_{plato} - PEEP = P_{peak} - PEEP$ dir. $C_{dyn} = \Delta V / (P_{peak} - PEEP)$ ve $C_{statik} = \Delta V / (P_{plato} - PEEP)$, $C_{statik} = C_{dyn} = C$ dir (bkz şekil 5).

Pressure Controlled Breaths



Şekil V - Basın Kontrol Ventilasyon Basınç-Zaman Grafiği (43)

Postoperatif pulmoner komplikasyon tanımı olarak European Perioperative Clinical Outcome (EPCO) tanımlaması ve bu guideline ilişkili çalışmalardan oluşturulan sınıflamalar kullanılmıştır. Respiratuar enfeksiyon, solunum yetmezliği, Pleural efüzyon, atelektazi, pnömotorax, bronkospazm, aspirasyon pnömonisi, pnömoni, ARDS, trakeobronşit, pulmoner ödem, önceden var olan akciğer hastalığının alevlenmesi, pulmoner emboli ve mortalite varlığı-yokluğuna göre değerlendirdi (bkz Tablo 1).

Komplikasyon	Tanım
Respiratuar enfeksiyon	Bir veya daha fazlasıyla şüpheli enfeksiyon için antibiyotikler: yeni veya değişmiş balgam, yeni veya değişmiş akciğer opasiteleri, ateş, beyaz kan hücresi sayımı>12.000 uL
Respiratuar yetmezlik	Ameliyat sonrası PaO ₂ <60mm Hg oda havasında, PaO ₂ / FIO ₂ oranı <300mm Hg, veya <% 90 nabız oksimetresi ile ölçülen ve oksijen tedavisi gerektiren arteriyel oksijen
Pleural efüzyon	Kostofrenik açının körelmesi, dik pozisyonda ipsilateral hemidiaframın keskin silueti kaybı, bitişik anatomik yapıların yer değiştirmesi
Atelektazi	Mediastinal kayma ile akciğer de opaklaşması, hilum veya hemidiaframın etkilenen bölgeye doğru kayması, komşu atelektatik olmayan akciğerde kompensatuar hiperinflasyon.
Pnömotoraks	Viseral plevrada mediastene geçmemiş serbest hava
Bronkospazm	Bronkodilatör ile tedavi edilen yeni tespit edilen ekspiratuar weezing
Aspirasyon pnömonisi	Gastrik içeriklerin aspirasyonuna bağlı akciğer hasarı
Pnömoni	Akciğer filminde infiltrasyon, konsadilasyon, kavitasyon, en az

	birinin olması ve buna ilaveten herhangi bir sebebe bağlı olmayan 38 derecenin üstünde ateş, beyaz küre sayısı 4binin altında ya da 12 binin üstünde olması, yaşının 70 in üstünde olması, başka bir neden olmadan mental durumun değişmesi; artı aşağıdakilerden en az iki tanesi: yeni pürülan / değişmiş balgam, artmış sekresyon / öksürüğün kötüleşmesi / dispne / taşipne, ral / bronş seslerinin kötüleşmesi, kötüleşen gaz değişiminden olması
ARDS	Bilateral infiltratlar, PaO ₂ /FIO ₂ ≤300, ameliyatan 7 günü içerisinde sol atriyal sıvı yüklenmesi varlığı
Trakeobronşit	IV antibiyotik almayan, akciğer grafisi normal olan ancak pürülan balgamı olan hastalar.
Pulmoner ödem	Akciğer tıkanıklığı / hipostaz, akciğerin akut ödemi, konjestif kalp yetmezliği, aşırı sıvı yüklenmesi.
Önceden var olan akciğer hastalığının alevlenmesi	
Pulmoner emboli	Klinik şüphe dahilinde CT anjiyografi de pulmoner vende trombüs olması
Ölüm	

Tablo I - Postoperatif Pulmoner Komplikasyon Tanımlaması

Çalışmaya Dahil edilme kriterleri:

- ASA I – III risk grubu hastalar
- 18-70 yaş aralığında olan hastalar
- En az 2 saat mekanik ventilasyon süresi (ameliyat süresi)

Çalışma Dışlanma kriterleri:

- KOAH hastalar
- Astım bronşiyale
- Fonksiyonel kapasitesi 7 METS altı olan hastalar
- Gebe ve laktasyondaki kadın hastalar.
- Daha önceden toraks ameliyatı geçirmiş olanlar
- BMI 35 üstü olan hastalar
- Operasyon esnasında hemodinamik instabilite ve desatürasyon ($SpO_2 < \%92$) gelişen hastalar.
- Hemorajisi olanlar

3.2 Hasta verilerinin elde edilmesi

Çalışmaya dahil edilen hastaların solunum parametreleri (solunum sayısı, PEEP, TVe, Ppeak, Pplato, driving pressure, Tinsp...) ‘ImdSoft-Metavision/QlinICU Clinical Decision Support Software’ (Israel) bağlanmış olan Maquet Flowi marka anestezi cihazı ventilatöründen alınarak veri havuzuna kaydedilmiştir. Hastaların dakikalık mekanik ventilatör ve demografik bilgileri (boy, yaş, cinsiyet, body mass index, pediktif body weight) veri havuzundan Structured Query Language (SQL) sorguları ile elde edilmiştir. Excel programında hasta ortalamaları alındıktan sonra istatistiksel analizler yapılmıştır.

3.3 İstatiksel Değerlendirme

Verilerin homojenliği Shapiro wilk testi ile değerlendirilmiştir. Homojen olan verilerin ikili karşılaştırılmasında student T testi, homojen olmayan verilerin ikili karşılaştırılmasında Mann Whitney U testi ile karşılaştırılmıştır. Nitel verilerin karşılaştırmalarında ki-kare testi kullanılmıştır. Çoklu grup karşılaştırmalarında

Kruskal Wallis testi kullanılmıştır. İstatistiksel gösterim için ortalama/standart sapma değerleri esas alınmıştır. $P < 0,05$ olan değerler istatistiksel olarak anlamlı değerlendirilmiştir. İstatistiksel analizler GraphPad Prism (V5.01) programı ile yapılmıştır.

Her hasta için 120 dk ölçümler yapıldı. Her grupta bulunan 20 hasta için 2400 dk'lık ölçümler yapıldı. Veriler ImdSoftMetavision / QlinICU Clinical Decision Support Software ile kaydedildi. İstatistiksel analizler hasta ortalamaları temel alınarak yapıldı. 10 hasta ile yapılan ön istatistiksel analizlerde Volüm kontrol grubu hastaların ortalama değerleri ile basınç kontrol grubu hastaların ortalama değerleri arasındaki mekanik güç (mekanik power, MPrs) farkı 2 J/dakika ve standart sapma 2,5 J/dakika olarak hesaplanmıştır. Alfa (α) 0,5 hata ile %95 güvenlik aralığında çalışmanın gücünün %80'in üzerinde olması için her gruba dahil edilmesi gereken hasta sayısı 20 olarak hesaplanmıştır (G*power version 3).

4. BULGULAR:

Bu çalışmada gruplar arasında demografik veriler açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Ortalama yaş, cinsiyet, kilo ve boy, PBW, BMI, operasyon süresi, peroperatif verilen sıvı miktarı, ariskat skoru, ariskat risk grubu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Grupların mean $\pm$ sd ve p değerleri tablo 2’de gösterilmiştir.

Grupların hasta özellikleri	VK Pron (n=20) mean $\pm$ sd	VK Sup. (n=20) mean $\pm$ sd	BK Pron (n=20) mean $\pm$ sd	BK Sup. (n=20) mean $\pm$ sd	P
cinsiyet, kadın sayısı (%)	13 (65)	13 (65)	11 (55)	7 (35)	0,1
Kilo (kg)	75,5 $\pm$ 9,6	71, 3 $\pm$ 10,9	75,4 $\pm$ 10,6	74,7 $\pm$ 10,2	0,9
Boy (cm)	168 $\pm$ 9	168 $\pm$ 11	171 $\pm$ 9	171 $\pm$ 10	0,6
PBW (cm)	64,6 $\pm$ 10,9	60,8 $\pm$ 10,9	64,2 $\pm$ 11,2	66,2 $\pm$ 11,5	0,4
BMI (kg/m2)	26,5 $\pm$ 4,2	25,2 $\pm$ 2,3	25,7 $\pm$ 3,6	25,3 $\pm$ 2,9	0,07
Operasyon süresi (saat)	2,6 $\pm$ 0,9	2,9 $\pm$ 1,0	3,1 $\pm$ 1,7	2,5 $\pm$ 0,9	0,4
Hastanede kalış süresi (gün)	3,1 $\pm$ 1,2	3,3 $\pm$ 1,4	3,2 $\pm$ 1,2	3,4 $\pm$ 1,6	0,8
Perop. sıvı miktarı (ml)	1640 $\pm$ 636	1755 $\pm$ 705	1810 $\pm$ 1190	1510 $\pm$ 786	0,6
Ariskat skoru	20 $\pm$ 5	22 $\pm$ 6	23 $\pm$ 8	21 $\pm$ 8	0,6
Ariskat risk grubu orta (%)	2 (10)	3 (15)	4 (20)	3 (15)	0,8

Tablo II - Hasta Özellikleri

Gruplar arasında tabloda gösterilen ariskat risk grubu kategorisi ile cinsiyet yüzde ve anlamlılık düzeyinin tespiti için Ki-kare testi diğer parametrelerin analizi için de Kruskal Wallis testi kullanılmıştır. BMI: Body Mass Index), PBW: Prediktif body weight, VK: Volüm Kontrol, BK: Basınç Kontrol.

Volüm kontrol ve basınç kontrol gruplarının supine MP_{rs}, P_{peak} ve T_{Ve} değerlerinin hasta ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir, p değerleri sırası ile 0,027, 0,001, 0,012 olarak hesaplanmıştır. P_{plato}, C_{statik}, C_{dyn} ve T_{insp} değerlerinin hasta ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir.

Volüm kontrol ve basınç kontrol gruplarının prone MP_{rs} ve T_{Ve} değerlerinin hasta ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir. P değerleri sırası ile 0,001 ve 0,011 olarak hesaplanmıştır. C_{statik}, T_{insp}, P_{plato}, C_{dyn} ve P_{peak} değerlerinin hasta ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir.

Volüm kontrol ve basınç kontrol gruplarının yukarıda bahsedilen solunum parametrelerinin supine ve prone hasta ortalama değerlerinin mean $\pm$ sd ve p değerleri Tablo 3’de gösterilmiştir.

V Kvs BK	VK sup. vs BK sup.	P	VK pron vs BK pron	P
Karşılaştırması	mean $\pm$ sd vs mean $\pm$ sd		mean $\pm$ sd vs mean $\pm$ sd	
MP_{rs}, J/dakika	7,4 $\pm$ 2,0 vs 9,5 $\pm$ 2,7	0,012	7,9 $\pm$ 2,0 vs 10,9 $\pm$ 3,0	0,001
P_{plato}, cmH₂O	15,1 $\pm$ 2,5 vs 15,6 $\pm$ 3,2	0,8	17,4 $\pm$ 4,5 vs 17,4 $\pm$ 3,1	0,9
P_{peak}, cmH₂O	18,1 $\pm$ 3,8 vs 16,0 $\pm$ 3,3	0,027	20,1 $\pm$ 4,8 vs 17,4 $\pm$ 3,2	0,6
T_{Ve}, ml	479 $\pm$ 37 vs 423 $\pm$ 58	0,001	478 $\pm$ 20 vs 428 $\pm$ 59	0,011
C_{dyn}, ml/cmH₂O	40,5 $\pm$ 12 vs 43,5 $\pm$ 11	0,3	34,8 $\pm$ 9,5 vs 37,1 $\pm$ 8,2	0,3
C_{statik}, ml/cmH₂O	45,7 $\pm$ 25,3 vs 43,5 $\pm$ 11	0,3	44,0 $\pm$ 15,5 vs 42,5 $\pm$ 10	0,4
T_{insp}, sn	4,3 $\pm$ 0,7 vs 4,4 $\pm$ 0,8	0,4	4,4 $\pm$ 0,8 vs 4,3 $\pm$ 1,1	0,2

Tablo III - Respiratuvar Parametreler (1)

Volüm kontrol (VK) ile basınç kontrol (BK) gruplarının supine ve prone pozisyonlarına ait solunum parametrelerinin istatistiksel analizi Mann-Whitney U testi ile yapılmıştır. C_{statik}: Statik kompliyans, C_{dyn}: Dinamik kompliyans, PEEP: Positive end expiratory pressure, P_{peak}: Peak inspiratuvar basınç, T_{Ve}:

expiratuvar tidal volüm, Pplato: plato basıncı, MP_{rs}: respiratuvar sistem mekanik power (güç)

Volüm kontrol supine ve prone MP_{rs}, Ppeak, Pplato, Cstatik, T_{Ve}, C_{dyn} ve T_{insp} değerlerinin hasta ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Aynı şekilde basınç kontrol supine ve prone MP_{rs}, Ppeak, Pplato, Cstatik, T_{Ve}, C_{dyn} ve T_{insp} değerlerinin hasta ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir.

Volüm kontrol ve basınç kontrol gruplarının yukarıda bahsedilen solunum parametrelerinin supine ve prone hasta ortalama değerlerinin mean $\pm$ sd ve p değerleri Tablo 4' de gösterilmiştir.

Supine vs prone karşılaştırması	VK sup. vs VK pron mean $\pm$ sd vs mean $\pm$ sd	P	BK sup. vs BK pron mean $\pm$ sd vs mean $\pm$ sd	P
MP _{rs} , J/dakika	7,4 $\pm$ 1,9 vs 7,9 $\pm$ 2,0	0,5	9,5 $\pm$ 2,7 vs 10,9 $\pm$ 3,0	0,1
Pplato, cmH ₂ O	15,1 $\pm$ 2,5 vs 17,4 $\pm$ 4,5	0,07	15,6 $\pm$ 3,2 vs 17,4 $\pm$ 3,1	0,5
Ppeak, cmH ₂ O	18,1 $\pm$ 3,8 vs 20,1 $\pm$ 4,8	0,2	16,0 $\pm$ 3,3 vs 17,4 $\pm$ 3,2	0,6
T _{Ve} , ml	479 $\pm$ 37 vs 478 $\pm$ 20	0,8	423 $\pm$ 58 vs 428 $\pm$ 59	0,7
C _{dyn} , ml/cmH ₂ O	40,5 $\pm$ 12 vs 34,8 $\pm$ 9,5	0,1	43,5 $\pm$ 11 vs 37,1 $\pm$ 8,2	0,06
Cstat, ml/cmH ₂ O	45,7 $\pm$ 25,3 vs 44,0 $\pm$ 15,5	0,07	43,5 $\pm$ 11 vs 42,5 $\pm$ 10	0,8
T _{insp} , sn	4,1 $\pm$ 0,4 vs 4,1 $\pm$ 0,4	0,9	4,4 $\pm$ 0,8 vs 4,3 $\pm$ 1,1	0,8

Tablo IV - Respiratuvar Parametreler (2)

Volüm kontrol (VK) grubunun supine ve prone pozisyon parametreleri ile basınç kontrol (BK) grubunun supine ve prone pozisyonlarına ait solunum parametrelerinin istatistiksel analizi Mann-Whitney U testi yapılmıştır.

5. TARTIŞMA

Ameliyathanede kullanılan eski anestezi cihazları volüm kontrol modu ön planda olup günümüzde teknoloji ile birlikte yoğun bakımlardaki gibi birçok mod ve özelliği olan anestezi cihazları bulunmaktadır. Bu durum mekanik ventilatör

kullanımında kafa karışıklığına neden olmaktadır. Yoğun bakımlarda volüm kontrol, basınç kontrol modları ve birçok farklı mod kullanılmaktadır. Bu çalışma ameliyathanelerde en sık kullanılan iki solunum modunu (volüm ve basınç kontrol) solunum mekanikleri ve bu mekaniklerden hesaplanan mekanik power açısından tartışmaktadır.

Bu çalışmada supin pozisyon basınç kontrol ventilasyonun (PCV) ekspiratuvar tidal volüm (T_{Ve}) değerleri volüm kontrol ventilasyon (VCV) değerlerinden düşük bulunmuştur. Plato basıncı (P_{plato}) değerleri arasında ise fark tespit edilmemiştir. Her iki grupta aynı PEEP değerleri ayarlandığı için (5 PEEP) sürücü-drive basıncı (DP) değerleri arasında fark bulunmamıştır. PCV’de T_{Ve} düşük olmasına rağmen respiratuar sistemin mekanik powerı (MP_{rs}) daha yüksek hesaplanmıştır. Bu durum her iki ventilasyon modunda powerın hesaplandığı P-V loop farklılığına bağlanmıştır. Bilindiği gibi volüm kontrol P-V loopu üçgen şeklinde iken, basınç kontrol P-V loop ise kareye benzemektedir. Bu farklılığın PCV’deki değişken gaz akımının oluşturduğu yüksek inspiratur rezistansa bağlı olduğu düşünülmektedir (30). PCV’deki değişken gaz akımından dolayı inspiratuar rezistans değerleri ölçülmektedir. Bundan dolayı iki ventilasyon modu arasında inspiratuar rezistans değerler açısından objektif bir kıyaslama yapılamamıştır. Ancak son zamanlarda power açısından değerlendirildiğinde PCV’deki gaz akımı paterni (yüksek azalan akım) ve volüm kontrole göre benzer solunum parametrelerine rağmen ölçülen yüksek power hesaplamaları PCV’yi dezavantajlı konuma getirmiştir (45). Ayrıca basınç kontrol modunda, soluk döngüsü enerjisinin (per cycle energy) erken inspiryumda çok hızlı bir şekilde akciğere iletilmesinin hasarı artırıcı etkisi olabileceği dile getirilmiştir (46). Ancak bu değerlendirmenin erken olduğunu düşünmekteyiz. Çünkü basınç kontrol modunda powerın en doğru şekilde hangi formülün hesapladığı konusu hala tartışmalıdır. Bu çalışmada basınç kontrol modunda power hesaplanması için kullanılan ve güncel olarak PCV’de hasta başında kullanılan tek formül olan basitleştirilmiş MP_{pcv} formülünün geometrik yöntemle göre yüksek power değerleri hesapladığı dile getirilmiştir (17). Basitleştirilmiş MP_{pcv} formülü ile hesaplanan powerdaki hata payı ve basınç kontrolün yüksek azalan gaz akım paterninin power ile ilişkisi açıklığa kavuşturulması gerekmektedir. Ayrıca bu güç farkının gaz değişimi üzerindeki etkisi ile VİLİ riski arasındaki

bağlantıda tam olarak açıklanmamıştır. BK modunun VK moduna göre dezavantajlı olduğu söylemi bize göre erken dile getirilmiş bir durumdur.

Prone pozisyonunda iki ventilasyon modu arasında Ppeak değerleri arasında farklılığın nedeni olarak volüm kontrol ventilasyonda supine pozisyonunda ayarlanan aynı miktardaki tidal volümü, prone pozisyonunda da sürdürmek için daha yüksek bir basınca ihtiyaç duyulduğu içindir. Normal akciğerlerde prone pozisyonunda toraks duvarı hareketi sınırlandırıldığı için toraks kompliyansının azaldığı ve Ppeak değerlerinin yükseldiği bilinmektedir (47).

VK supine ve prone pozisyonları ile PCV supine ve prone pozisyonları arasında solunum mekanikleri değerleri (mekanik power dahil) arasında fark bulunmamıştır. 2018'deki Amerikan toraks Derneği konferansında sunulan bir bildiride, prone pozisyonun ARDS hastalarında mekanik güç üzerindeki etkileri araştırılmış ve en az 8 saatlik bir prone pozisyondan sonra mekanik gücün azaldığı saptanmıştır (40). Alveolar rekrutmana bağlı düşünülen bu durum ameliyathane şartlarında normal akciğerleri olan bu hasta grubunda görülmemesi doğal olarak değerlendirilmiştir.

Volüm kontrol ve basınç kontrol modlarının supine ve prone pozisyon grupları arasında postoperatif pulmoner komplikasyon değerlendirme skoru (ariskat skoru) açısından fark bulunmamıştır. Tüm gruplarda hesaplanan power değerleri sağlıklı akciğerleri olan hastalar için VILI riski açısından eşik power değeri olarak tespit edilmiş olan 17 j değerinin çok altında hesaplanmıştır (48). Bu nedenle uygulanan mekanik power değerlerinde postoperatif pulmoner komplikasyon riski öngörülmemektedir.

Burada tanımlandığı şekilde mekanik power inspiratuar faza ilişkindir. Gerçekte end-inspirasyonda biriken tüm enerji ekshalasyon tamamlandığında akciğer dokusuna ve atmosfere dağıtılmalıdır. Potansiyel olarak önemi olan ekspiratuar akım (akciğerde harcanan enerji oranını düşüren) kontrol etmenin VILI'yi azaltmada yardımcı olup olmayacağı tam olarak bilinmemektedir. Ancak erken ekspiratuar fazda (hızlı boşalma periyodu) hasar yapıcı etkisi olduğu tahmin edilmektedir (49). Erken ekspiratuar fazdaki bu enerji günümüzde hiçbir ventilatör modunda hesaplanamamaktadır.

Mekanik ventilasyon modlarının birbirleri ile üstünlüğünden bahsetmek zordur. Ancak volüm kontrol modunda tüm solunum mekaniklerine holt manevralarına ihtiyaç duymadan (Pplato, Cstatik, Ri... vb) kolaylıkla elde edildiği için ve öğrenilmesi basit olduğundan dolayı güvenli olduğu düşünülmektedir (50).

Limitasyonlar:

VK ile BK modları arter kan-gaz değişimi açısından literatürde sıkça karşılaştırıldığı için kan gazı ölçümleri bakılmamıştır.



6. SONUÇ

Volüm kontrol grubunun supine ve prone MP_{rs} değerleri basınç kontrol grubundan anlamlı düşük hesaplanmıştır. Her iki ventilasyon modunun supine ve prone grupları arasında postoperatif komplikasyon açısından farklılık görülmemiştir. Basınç kontrol ventilasyonun volüm kontrole göre benzer sürücü basıncı ve düşük tidal volüm değerlerine rağmen yüksek power değerlerinin hesaplanması, güncel power konsepti açısından basınç kontrol modunu (azalan yüksek değişken akım modu nedeniyle) dezavantajlı konumda göstermektedir. İntraoperatif MV'da sağlıklı akciğerlere uygulanan MP açısından Supin ve prone pozisyonda VK modu avantajlı görünmesine rağmen daha geniş hasta gruplarında çalışmalara gereksinim bulunmaktadır.

Hasta başı anestezi cihazı ya da mekanik ventilatörlerin basitleştirilmiş MP formülleri (güncel power konsepti) VİLİ'yi önleme, solunum parametrelerini ayarlama ve değiştirme, uygun mod seçimi ve post-op komplikasyon riskini engellemede kullanılabileceğini düşünmekteyiz.

7. KAYNAKLAR

1. Slutsky, A. S., & Ranieri, V. M. (2013). Ventilator-induced lung injury. *New England Journal of Medicine*, 369(22), 2126-2136.
2. Kumar, Anil, et al. "Pulmonary barotrauma during mechanical ventilation." *Critical care medicine* 1.4 (1973): 181-186.
3. Dreyfuss, Didier, et al. "High inflation pressure pulmonary edema: respective effects of high airway pressure, high tidal volume, and positive end-expiratory pressure." *American Review of Respiratory Disease* 137.5 (1988): 1159-1164.
4. Hotchkiss Jr, John R., et al. "Effects of decreased respiratory frequency on ventilator-induced lung injury." *American journal of respiratory and critical care medicine* 161.2 (2000): 463-468.
5. Cressoni, Massimo, et al. "Mechanical power and development of ventilator-induced lung injury." *Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists* 124.5 (2016): 1100-1108.
6. Gattinoni, L., Tonetti, T., Cressoni, M. et al. Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power. *Intensive Care Med* (2016) 42: 1567.
7. Tonetti, Tommaso, et al. "Driving pressure and mechanical power: new targets for VILI prevention." *Annals of translational medicine* 5.14 (2017).).
8. Giosa, Lorenzo, et al. "Mechanical power at a glance: a simple surrogate for volume-controlled ventilation." *Intensive care medicine experimental* 7.1 (2019): 61.
9. Aşar, Sinan, et al. "Bedside dynamic calculation of mechanical power: A validation study." *Journal of Critical Care* (2020).
10. Aşar, Sinan. "Elastic Power." *Respiratory Care* 66.5 (2021): 886-889.
11. Marini JJ, Rodriguez RM, Lamb V. Bedside estimation of the inspiratory work of breathing during mechanical ventilation. *Chest* 1986;89(1):56-63. 11.
12. Cabello B, Mancebo J. Work of breathing. *Intensive Care Med* 2006;32(9):1311-1314.
13. Becher, T., van der Staay, M., Schädler, D. et al. Calculation of mechanical power for pressure-controlled ventilation. *Intensive Care Med* 45, 1321–1323 (2019).
14. Marini, J. J., Crooke 3rd, P. S., & Truitt, J. D. (1989). Determinants and limits of pressure-preset ventilation: a mathematical model of pressure control. *Journal of Applied Physiology*, 67(3), 1081-1092.
15. Marini, J.J. & Crooke, P. S. (1993). A general mathematical model for respiratory dynamics relevant to the clinical setting. *American Review of Respiratory Disease*, 147, 14-14.

16. Roland E. Larson, Robert P. Hostetler, Anne V. Hodgkins, "College Algebra Concepts and Models", "Chapter 5: Exponential and Logarithmic Function", Second Edition, D.C. Heath and Company, 1996, page 376.
17. van der Meijden S, Molenaar M, Somhorst P, Schoe A (2019) Calculating mechanical power for pressure-controlled ventilation. *Intensive Care Med.*
18. Becher T, van der Staay M. Calculation of mechanical power for pressure-controlled ventilation: author's reply. *Intensive Care Med.* 2019;45(10):1498-1499.
19. Chiumello D, Gotti M, Guanziroli M, Formenti P, Umbrello M, Pasticci I, et al. Bedside calculation of mechanical power during volume- and pressure-controlled mechanical ventilation. *Crit Care.* 2020 Jul 11;24(1):417.
20. Neto, Ary Serpa, and Samir Jaber. "What's new in mechanical ventilation in patients without ARDS: lessons from the ARDS literature." *Intensive care medicine* 42.5 (2016): 787-789.
21. Cressoni M et al (2016) Mechanical power and development of ventilator-induced lung injury. *Anesthesiology* 124(5):1100–1108..
22. Marini, John J. "Evolving concepts for safer ventilation." *Critical Care* 23.1 (2019): 114.
23. Neto, Ary Serpa, et al. "Mechanical power of ventilation is associated with mortality in critically ill patients: an analysis of patients in two observational cohorts." *Intensive care medicine* (2018): 1-9.
24. Amato MB, Meade MO, Slutsky AS, Brochard L, Costa EL, Schoenfeld DA, Stewart TE, Briel M, Talmor D, Mercat A, Richard JC, Carvalho CR, Brower RG. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2015 Feb 19;372(8):747-55.
25. Guérin, Claude, et al. "Effect of driving pressure on mortality in ARDS patients during lung protective mechanical ventilation in two randomized controlled trials." *Critical Care* 20.1 (2016): 384.
26. Bellani G. How respiratory mechanics are associated with outcome. Presented at: e-ISICEM. International Symposium on Intensive Care and Emergency Medicine. 20 September 2020.).
27. Johanningman J. Prone Positioning and Inhaled Nitric Oxide: Synergistic Therapies for Acute Respiratory Distress Syndrome. *J Trauma*, 2001;5:589-596.
28. Mure M, Domino KB, Robertson HT, Hlastala MP, Glenn RW. Pulmonary Blood Flow Does Not Redistribute in Dogs with Reposition from Supine to Left Lateral Position. *Anesthesiology* 1998; 89: 483-92.
29. Damia G, Mascheroni D, Croci M, Tarenzi L. Perioperative Changes in Functional Residual Capacity in Morbidly Obese Patients. *Br J Anaesth* 1988; 60: 574-8.

30. Pelosi P, Croci M, Calappi E, Mulazzi D, Cerisara M, Vercesi P, Vicardi P, Gattinoni L. Prone Position Improves Pulmonary Function in Obese Patients During General Anesthesia. *Anesth Analg* 1996; 83: 578-83.
31. Stranberg A, Tokics L, Brismar B, et al. Constitutional Factors Promoting Development of Atelectasis During Anesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 1987; 31: 21-4.
32. Smith RH. One solution to the problem of the prone position for surgical procedures. *Anesth. Analg* 1974; 53: 211-224.
33. Lynch S, Brand L, Levy A. Changes in Lung-Thorax Compliance During Orthopedic Surgery. *Anesthesiology* 1959; 20: 278-82.
34. Hedenstierna G, Tokics L, Lundkuist H, et al. Correlation of gas-exchange impairment to development of atelectasis during anesthesia and muscle paralysis. *Acta Anaesthesiol Scand* 1986; 30: 183-191.
35. Glenny RW, Lamm WJE, Albert RK, Robertson HT. Gravity is a minor determinant of pulmonary blood flow distribution. *J Appl Physiol* 1991; 71:620-629.
36. Kraymer S, Rehder K, Vetterman J, et al. Position and motion of the human diaphragm during anesthesia-paralysis. *Anesthesiology* 1989; 70: 891-898.
37. Nishikawa T. Letters to the Editor: Prone Position and Oxygenation. *Anesth Analg* 1996;82: 885-96 33. Mure M, Lindahl SGE. Prone Position Improves Gas Exchange – but How? *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. February 2001;45 (2) :150-159.
38. Sud S, Friedrich JO, Taccone P, et al. Prone ventilation reduces mortality in patients with acute respiratory failure and severe hypoxemia: systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med* 2010;36:585-99.
39. Broccard A, Shapiro RS, Schmitz LL, Adams AB, Nahum A, Marini JJ. Prone positioning attenuates and redistributes ventilator-induced lung injury in dogs. *Crit Care Med* 2000;28:295-303.
40. Guérin, Claude, et al. "Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome." *New England Journal of Medicine* 368.23 (2013): 2159-2168.
41. Guerin, Claude, et al. "A prospective international observational prevalence study on prone positioning of ARDS patients: the APRONET (ARDS Prone Position Network) study." *Intensive care medicine* 44.1 (2018): 22-37.
42. T.J. Vossler, S.A. Nonas. The Effect of the Prone Position on Mechanical Power in ARDS. *Am J Respir Crit Care Med* 2018;197:A2554.

43. Ashworth L, Norisue Y, Koster M, Anderson J, Takada J, Ebisu H. Clinical management of pressure control ventilation: An algorithmic method of patient ventilatory management to address "forgotten but important variables". *J Crit Care*. 2018 Feb;43:169-182.
44. Silva PL, Ball L, Rocco PRM, Pelosi P. Power to mechanical power to minimize ventilator-induced lung injury? *Intensive Care Med Exp*. 2019;7(Suppl 1):38.
45. Marini, John J., Philip S. Crooke, and Luciano Gattinoni. "Intra-cycle power: is the flow profile a neglected component of lung protection?." *Intensive Care Medicine* (2021): 1-3.
46. Marini, John J. The future of mechanical ventilation lessons from the present and past. Presented at: 23. International Intensive Care E- Symposium. 22 May 2021.
47. Lingeman JE. Newmark JR., Wong MYC.; Classification and management of staghorn calculi. In Smith AD (ed): *Contraversies in Endourology*, Philadelphia, WB Saunders, 1995; 136-144.
48. Serpa Neto A, Deliberato RO, Johnson AEW, Bos LD, Amorim P, Pereira SM, et al. Mechanical power of ventilation is associated with mortality in critically ill patients: an analysis of patients in two observational cohorts. *Intensive Care Med* 2018;44(11):1914-1922.
49. Marini, John J. "Evolving concepts for safer ventilation." *Critical Care* 23.1 (2019): 114.
50. Samir Jaber. Covid-19 Ventilation management for 2021: What we should know? Presented at: 23. International Intensive Care E- Symposium. 19 May 2021.

