

TEKNOLOJİ ve CERRAHİ

Pneumoperitoneum

Levent AVTAN (*)



GİRİŞ

Videolaparoskopi'de batın boşluğunda görüntü elde edilebilmesi ve çeşitli manipülasyonların gerçekleştirilebilmesi için peritoneal kavite bir gaz ile şişirilerek pneumoperitoneum oluşturulur. Normalde kollaps halinde olan peritoneal kavite belirli bir basınca kadar uygulanan pneumoperitoneum ile videoskopik cerrahiye hazır hale getirilir. Ancak, pneumoperitoneumun gerek uygulaması gerekse videoskopisi süresince idame ettirilmesi hasta açısından ilave riskleri de beraberinde getirir. Bu risklerin en aza indirilebilmesi için pneumoperitoneumun her yönü ile öğrenilmesi ve belirli prensiplerine uyulması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Pneumoperitoneum, ensuflasyon

INTRODUCTION

Pneumoperitoneum

Pneumoperitoneum is formed by filling the peritoneal cavity with gas, to gain image, to manage all manipulations in the abdominal cavity during videolaparoscopy. By applying pneumoperitoneum for a certain pressure, peritoneal cavity, which is normally collapsed, is get ready for videoscopic surgery. But, both the application and the continuance of pneumoperitoneum during videoscopy brings additional risks for the patient. To minimize these risks, it's important to learn all about pneumoperitoneum and to obey certain principles about the subject. Due to this fact, insufflation equipment is described, application rules and potential risks are in this article.

Key words: Pneumoperitoneum, insufflation

Ensuflasyon ekipmanları

- Ensuflatör (Laparoflatör)
- Gaz (CO₂, Helium, N₂O)
- Uygulama malzemeleri (iğne, kanül, gaz hortumu)

Ensuflasyon prensipleri

- His testi
- Aspirasyon testi
- Damla testi
- Volume testi
- Negatif basınç testi
- Pozitif basınç testi

PNEUMOPERİTONUM'UN TARİHÇESİ

İlk pneumoperitoneum 1901 yılında Kelling tarafından köpekte hava kullanılarak gerçekleştirilmiştir ⁽¹⁾. 1910 yılında Jacabaeus bu işlemi insanda, batın boşluğuna enjektörle hava vererek uygulamıştır ⁽²⁾. 1918 yılında Goetz'in dizayn ettiği ilk özel iğneyi takiben 1938 yılında Veress'in geliştirdiği ensuflasyon iğnesi günümüzde halen kullanılmaktadır ⁽³⁾.

1944 yılında Palmer basınç monitörizasyonunu gündeme getirmiş ve 1960'lı yıllarda Semm'in otomatik ensuflatörü kullanıma girmiştir ⁽⁴⁾. 1970 yılında ise Hasson açık teknikle ensuflasyon için kullanılan ve kendi adı ile anılan özel kanülü dizayn etmiştir. Açık teknikle ensuflasyon için Veress iğnesi kullanılmadan, periton direkt görüş altında açılarak Hasson kanülü yerleştirilir ^(5,6).

(*) İ.Ü. Odiyo-Vizüel Araştırma ve Uygulama Merkezi

ENSUFLATÖR ve ÖZELLİKLERİ

Günümüzde kullanılan otomatik ensuflatörlerde benzer fonksiyonel özellikler vardır. Ensuflatörün yapısına göre mekanik-kadranlı manometrelerle ya da elektronik-dijital göstergelerle izlenen bu fonksiyonel özellikler aşağıda sıralanmıştır.

- Tüp gaz rezervi göstergesi (PSI)
- Total gaz sarfiyatı göstergesi (lt)
- Gaz akım hızı göstergesi (lt/dk)
- Maksimum gaz akım hızı ayar düğmesi (lt/dk)
- Ulaşılmak istenen maksimum ensuflasyon basıncını ayarlama düğmesi (mm Hg)
- Ulaşılan ensuflasyon basıncı göstergesi (mm Hg)

Ensuflatöre bağlı olan gaz tüpü vanası ve elektrik bağlantısı açıldıktan sonra gaz rezervi göstergesi kontrol edilmelidir. Direkt gaz tüpüne ya da bazı ensuflatörlerin içinde bulunan aktarma tankına bağlı olan bu gösterge yeterli basınçta gaz rezervi bulunduğunun ifadesi olarak yeşil bölgede bulunmalıdır. Yeterli rezerv olsa bile, prensip olarak yedek gaz tüpü her zaman hazır bulundurulmalıdır.

Ensuflatörün göstergelerinin periyodik aralıklarla test edilmesi gerekir. Bu amaçla ensuflasyon hortumu takılır ve ensuflatör yüksek akım hızına ayarlanır (Ör: 6 lt/dk). Veres iğnesi bağlanmadan ensuflatör açıldığında batin içi basınç göstergesi "0" mm Hg'yı göstermesi gerekir. Bu kontrolden sonra akım hızı minimuma (1 lt/dk) düşürülür ve ensuflasyon hortumunun lümeni katlanarak gaz geçişine engel olduğunda batin içi basınç göstergesinin 30 mm Hg'ya kadar yükselmesi ve akım hızının sıfıra düşmesi gerekir. Eğer göstergeler beklenen değerleri yansıtmıyorlarsa ensuflatörün kalibrasyonu bozulmuş demektir.

Veres iğnesi batına yerleştirilmeden önce ensuflatör hortumuna bağlanarak düşük ve yüksek akım hızlarında kontrol edilir. Bu kontrollerde de basınç göstergesinin 3 mm Hg'nın altında olması gerekir. Daha yüksek değerler Veres lümeninde bir blokaj olduğunu düşündürür. Veres iğnesinin 14 G ölçüsündeki lü-

meninden geçebilen maksimum akım hızı 2 lt/dk'dır.

Operatif laparoskopide kullanılacak otomatik bir ensuflatörün maksimum akım hızı kapasitesi 9-15 lt/dk civarında olmalıdır. Alet değişimi, aspiratör kullanımı gibi anlamlı gaz kaçığının olduğu durumlarda zaman kaybedilmeden hızlı ensuflasyon yapılabilmesi için bu kapasite önemlidir. Bazı ensuflatörlerde batin içine gönderilen gazın vücut sıcaklığına kadar ısıtılmasını sağlayan mekanizmalar mevcuttur. Günümüzde kullanılan otomatik ensuflatörlerde, akım hızını önceden ayarlanmış maksimum düzeyi gözeterek kendi kendine ayarlayabilen ve istenilen basınca ulaşıldığında akımı keserek uyarı sinyali (sesli ve/veya ışıklı) verebilen mekanizmalar mevcuttur. Böylece güvenli sınırlar içerisinde eksilen gaz otomatik ensufla edilerek istenilen basınç düzeyi korunmuş olur.

Hasson kanülü ile ensuflasyona başlarken ya da perop boşalan batin içi gazın reensuflasyonu esnasında hızlı akım kullanmanın özellikle riskli hastalardaki sakıncaları göz önünde bulundurularak, manüel akım hızı ayar mekanizmalarının otomatik ensuflatörlerde de yer alması sağlanmıştır. İleri yaş, kardio-respiratuar problemler gibi risk faktörleri bulunan hastalarda, refleks kardiak ritm bozuklukları, hipotansiyon ve kollaps hızlı ensuflasyonun ve yüksek basınca ulaşılmasının bir sonucu olarak görülebilir (7,8,9,12,13,14,15,20,21).

PNEUMOPERİTOUM İÇİN KULLANILAN GAZLAR

Peritoneal kavitenin ensuflasyonu için kullanılacak ideal bir gaz temiz ve renksiz olmalı, operatörün görüşünü etkilememelidir. Toksik, yanıcı ve patlayıcı olmamalı, elektro cerrahi ve laser ile birlikte güvenle kullanılabilmelidir. Kolay elde edilebilmeli ve ucuz olmalıdır. Metabolik olarak inaktif olmalı, dolayısıyla normal metabolik olaylarla etkileşime girmemelidir.

Çözünürlük (soluble) ve yayılma (diffusable) özelliklerinin zayıf olması ile toplam kullanılan gaz miktarı da az olur ve gazın dokulara, kan

akımına girerek depolanması-atılması ile ilgili sorunları en aza iner. Dokulara ve kan akımına giren gaz hızlı emilebilmeli (absorbable) ve vücuttan kolayca atılabilmelidir. Ancak diğer taraftan absorbable olmasının yanısıra çözülme ve yayılma özelliklerinin de kuvvetli olması ile emboli oluşmasına meyil azalır. Tüm bu özellikler göz önünde bulundurularak Laparoskopide batin ensuflasyonu için ideal bir gaz bulunamamıştır. Laparoskopi'nin başlangıç dönemlerinde kullanılmış olan hava, oksijen, nitrojen yüksek emboli riskleri nedeniyle bugün kullanılmamaktadırlar ^(10,11). Ayrıca bu gazların elektrocerrahi ve laser ile birlikte kullanımı yanıcı ve patlayıcı özelliklerinden dolayı yüksek risk teşkil etmektedir.

Nitrozoksit (N₂O) peritoneal yüzeyde inert olması ve lokal anestezi ile laparoskopi yapılırken ağrıya sebep olmaması nedeniyle diagnostik laparoskopide ya da sterilizasyon gibi küçük girişimlerde CO₂'ye tercihen kullanılmaktadır ⁽¹⁸⁾. Çünkü CO₂ nemli peritoneal yüzeylerde karbonik asite dönüşebilmekte ve rahatsız edici bir ağrıya sebep olabilmektedir. Uzun süren bir laparoskopik girişimde ameliyathaneye sızan N₂O çalışanları etkileyebilir. Diğer taraftan N₂O'nun kendisi patlayıcı olmamasına rağmen, laser kullanırken açığa çıkan karbon partikülleri ve yüksek ısı ile kombinasyonu patlayıcı olabilir. Ancak alev almayı önleyici etkisi oda havasından daha iyidir ve uzun yıllar elektrokoter ile sterilizasyon işlemlerinde güvenle kullanılmıştır. Buna rağmen N₂O'nun kan dolaşımına geçebileceği; tehlikeli düzeye ulaşarak anestezik etkiyi uzatabileceği ve hipoksiye neden olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır ^(16,17,19).

Günümüzde laparoskopide batin ensuflasyonu için en yaygın kullanılan gaz karbondioksittir. Renksizdir, görüşü etkilemez. Yanıcı değildir, temiz, saf ve ucuz elde edilebilir. Hava kontrastlı radyografik çalışmalarla, dakikada 1 lt'ye kadar intravenöz verilen CO₂'nin absorbe edilebildiği gözlenmiştir. Yüksek çözünürlüğü nedeniyle peritoneal kavitedeki CO₂ vücut sıvılarına geçer ve kan ile taşınır. Laparoskopi süresince, metabolik olarak üretilen CO₂ mik-

tarının çok üstünde bir miktarda CO₂ peritondan emilir. Bir yandan akciğerlerden atılırken, diğer yandan fazla CO₂ vücutta geçici olarak depolanır. İnsan vücudunun 120 lt CO₂ depolama kapasitesi vardır. Kemikler en geniş depolama sahasıdır ve özellikle kronik hiperkarbide depo görevi görür. İskelet adeleleri ve diğer bazı dokularda CO₂ depolar. Laparoskopide kullanılan CO₂ miktarı ile arteriyel PCO₂ arasında direkt korelasyon vardır ⁽²²⁾. CO₂'nin eliminasyonu kardiyak output ve ventilasyon hızı ile ilişkilidir ⁽²³⁾. Bu nedenle anesteziyolog, laparoskopi süresince ventilasyona manüple ederek residüel CO₂ yükünü minimize edebilir. Buna rağmen dokulardaki geçici depo miktarı büyük olduğunda, postoperatif dönemde dolaşıma serbest bırakılarak hiperkarbiye neden olabilir ^(24,25).

Yüksek çözünürlüğü ve hızlı absorbe edilebilmesi sayesinde CO₂'nin emboli riski en aza iner ^(26,27). Ancak diğer yünden yüksek PCO₂ ve düşük pH'ya neden olur. PCO₂ 50 mm Hg ve üzerine kadar yükselebilir, pH ise 7.30'un altına inerek respiratuar asidozla sonuçlanır. CO₂ ile asidoz oluşumunda primer etken peritoneal kaviteden yüksek miktarda CO₂'nin direkt emilmesidir. Gaz basıncı ile diafragmanın yükselmesinin, tidal volümün azalmasının bu pH ve PCO₂ değişikliklerinde önemli rol oynamadığı gösterilmiştir ^(28,29,30,31,32).

CO₂'nin direkt olarak kan damarlarında vazodilatör, kalp üzerinde ise kontraktibilite azalmasına ve bradikardiye yol açan depresif etkisi vardır. PCO₂ yükselmesine bağlı sempatik stimülasyon sonucu vazomotorik plazma peptitleri, epinefrin, norepinefrin ve angiotensin artar. Sonuçta kalp atım hızı ve kardiyak output da artar, diastolik ve sistolik kan basıncı yükselir, damarlarda vasokonstriksiyon oluşur, renal output azalır ^(33,34,36,37,52)

Ensuflasyon sonucu yükselmiş olan batin içi basınç venöz rezistansı da artırır. 15-20 mm Hg'lık batin içi CO₂ basıncı ile santral venöz basınç 3.3'den 10.6 cm H₂O'ya kadar yükselebilmektedir. Gerek inferior vena cava ve abdominal organlardaki kanın göğüs boşluğuna dö-

nüşündeki artış, gerekse artan PCO₂'ye cevaben oluşan sempatik stimülasyon sonucu kardiak output % 25 civarında artar. CO₂ yerine başka bir gaz kullanıldığında bu belirgin sempatik cevap yoktur ve kardiak output azalır, periferik vasküler direnç ve kalp atım hızı orta derecede artar (38,39,40,41,42,43).

Sonuç olarak CO₂ temiz, renksiz ve ucuzdur. Yanma ve patlamayı oksijen ve nitrozoksit gibi desteklemez. İyi çözünürlüğü ve hızlı emilimi sonucu emboli riski düşüktür (44). Ancak peritoneal yüzeyden emilen CO₂, PCO₂'nin artmasına, pH'nın düşmesine ve dolayısıyla respiratuar asidoza neden olur. CO₂ özellikle kemikte depolanır. Bu da yaşlı ve kardio-respiratuar problemlili hastalarda ciddi sorunlara yol açabilir. Özellikle sağ üst kadranda olmak üzere postoperatif karın ağrısı, karaciğer üzerinde sıkışıp kalan CO₂'nin karbonik aside dönüşerek peritoneal yüzeyi irrite etmesi sonucu görülebilir. Bu dezavantajlarından dolayı CO₂'ye alternatif gaz arayışları devam etmektedir (45,46,47).

Henüz yaygın kullanıma girmemiş olmakla birlikte Helium'un CO₂'nin avantajlarına sahip olduğu ancak dezavantajlarını taşımadığı bildirilmektedir. Helium fizyolojik olarak inert, metabolik olarak inaktif bir gazdır. Nontoksik, renksiz ve kokusuzdur. Yanıcı-patlayıcı değildir, kolay elde edilir ve ucuzdur. Helium'un çözünürlüğü düşüktür ve peritondan emilimi az olur. Dissolve olan helium akciğerlerden hızla atılır ve arteriyel dolaşımında çok az miktar dolaşır. Gaz emboli riski tüm gazlar için geçerlidir. Ancak CO₂'nin yüksek çözünürlüğü, helium'un ise iyi diffüze olma özelliği nedeniyle emboli riskleri diğer gazlardan daha düşüktür. Helium uzun yıllar O₂ ile karıştırılarak, dalgıçlar tarafından çok derin dalışlarda kullanılmaktadır. CO₂'ye üstünlüğü metabolik olarak inaktif olması ve respiratuar asidoza yol açmamasıdır (48,49,50,51).

PNEUMOPERİTONEUM UYGULAMA MALZEMELERİ

Ensuflasyona başlamak için kullanılan özel iğ-

neler 1938 yılında Veres'in geliştirdiği prensiplerle üretilmekte ve aynı isimle adlandırılmaktadır. İğne lümenindeki koruyucu mandren sap kısmı içinde bir yay mekanizmasına bağlıdır. Dirençle karşılaşınca mandren içeri girer ve iğnenin keskin ucu fonksiyonel hale gelir. Direnç kaybolunca mandren tekrar ucdan dışarı çıkarak keskin ucu atravmatik hale getirir. Mandrenin ucu yandan deliklidir ve iğnenin sap kısmındaki musluk ile açılıp-kapanan gaz akımının geçişine olanak sağlar. Disposable iğnelerde şeffaf iğne sapı içindeki renkli işaret, yaya bağlı mandrenin hareketlerinin izlenmesini kolaylaştırır. Yine bu sap gövdesinde sıvı haznesi ve yüzeabilen boncuk bulunan disposable iğneler damla testi uygulamasını kolaylaştırır. Disposable ya da reusable, genelde veres iğnesi 2 mm çapında ve 14 G lümen genişliğindedir. Çocuklarda ya da şişman hastalarda kullanıma uygun olarak 70, 120 ya da 150 mm uzunluğunda çeşitleri mevcuttur.

Batının emniyetli giriş için müsait olmadığı düşünülen hastalarda Veres kullanılmaksızın, direkt görüş altında periton açılarak musluklu bir kanül yerleştirilip ensuflasyon yapılabilir. Bu kanüllerin etrafına gaz kaçmaması ve tesbit edilebilmesi için burs sütürler konulur ya da bu iş için özel dizayn edilmiş Hasson kanülü yerleştirilir.

Gerek ensuflatörden gaz taşıyan hortum, gerekse reusable iğne ve trokarlar tekrar kullanılmadan önce mekanik temizliği takiben gluteraldehit solusyonları içinde belirli bir süre bekletilirler. Serum fizyolojik ile iyice durulanarak kullanılmaları, batın içine ensuflasyonla iritan madde gitmemesi açısından önemlidir. Ayrıca hortum içinde kalan sıvı yanlış basınç ölçümleri ile yanıltıcı olabilir.

ENSUFLASYON PRENSİPLERİ

Supine pozisyonndaki hastada, gerekli cerrahi hazırlığı takiben genellikle Veres iğnesi periumblikal olarak yerleştirilir. Alternatif giriş için sol üst kadranda kullanılabilir. Genel anestezi altında laparoskopi yapılacak olan hastaya rutin olarak daha fazla ventilasyon ile daha

fazla oksijen verilir. Kardiyak monitorizasyonun yanı sıra oksimetre ile hemoglobin saturasyonu monitorize edilir. Riskli hastalarda kan gazı monitorizasyonunda gereklidir. Veres iğnesinin lümeninin geçirgenliği her kullanımdan önce kontrol edilmelidir. Daha sonra batında palpasyon ile iğnenin itilmesi gereken derinlik ve aortun yeri hakkında ön fikir edinilir. Eğer yapışıklık şüphesi yoksa, daha sonra kullanılacak olan trokar çapı kadar bir cilt inizyonu yapılır. Batın duvarı diğer elle ve/veya çamaşır pensleri ile kaldırılırken, veres iğnesi baş parmakla işaret parmağı arasında tutulup bilek hareketi ile itilir. Sfak ve peritonu geçiş dirençleri hissedilir. Parietal peritonun geçildiğinin şüpheli olduğu durumlarda uygulanan bazı testler vardır.

a) Hiss testi: İğne lümeninden negatif periton içi basınçla doğru geçen hava akımı sesinin duyulması diye tanımlanabilir. Gaz hortumu bağlanmadan önce iğnenin lümen musluğu açık pozisyonunda iken yapılır. İğne ucu doğru yerde olduğunda, batın duvarının kaldırılması ile belirginleşen hava akımı sesinin duyulması test edilir.

b) Aspirasyon testi: Serum fizyolojikle dolu bir şırınga iğneye takılır. Enjekte edilen serum rahat akar ve pistonu geri çekmekle geri gelmezse iğne ucu periton boşluğunda demektir. Serumun geri aspire edilmesi ya da barsak içeriği, kan aspire edilmesi yanlış lokalizasyonun göstergeleridir.

c) Damla testi: İğnenin dış deliği birkaç damla serum fizyolojik ile doldurulur. Eğer iğne ucu periton içinde ise negatif batın içi basınçtan dolayı damlalar kendiliğinden içeri emilir.

d) Negatif Basınç testi: Gaz hortumu iğneye bağlanır, iğne sapındaki musluk açılır. Ensuflasyon yapılmaksızın intraperitoneal basınç otomatik cihaz sayesinde ölçülür ve batın duvarının kaldırılması ile basıncın daha da azaldığının izlenmesi iğne ucunun doğru yerde olduğunu gösterir.

e) Erken ensuflasyon basıncı: Dakikada 1 litrelik debi ile basınç 8 mm Hg'yi geçmez. Bu düşük debili akım ya da debi sıfırda iken gaz basıncının 15 mm Hg'nin üzerinde olması, iğne ucunun yanlış yerde olduğunu gösterir. Eğer

iğne ucu batın duvarı içinde ya da ligamentum rodundumun içinde ise batın duvarının elle kaldırılması ile gaz basıncı değişmez. Ya da iğne ucu batın içinde bir organla temasta ise yine hiperpresyon gözlenir, ancak batın duvarının askıya alınması ile basınç düşer ve ensuflasyon başlayabilir. Bu durumda ilk bir dakika boyunca batın duvarına asmaya devam edilerek sorun halledilir. Kürarizasyon hatasından dolayı da hiperpresyon gelişebileceği unutulmamalıdır.

f) Volume testi: Normal bir erişkinde 8-10 mm Hg'lık bir basınçla peritonu diffuz olarak germek için yaklaşık 2.5 lt gaz gereklidir. Şayet 1 lt'den daha az bir gaz kullanıldıktan sonra ensuflatörün ölçtüğü basınç 8-10 mm Hg'ya ulaşıyorsa iğne ucunun doğru yerde olduğu şüphelidir ve omentum içine, falciform ligaman içine ya da ekstraperitoneal mesafeye gaz pompalanıyor olabilir. Eğer ekstraperitoneal mesafe ensufle ediliyorsa, ilaveten batın ön duvarında asimetric distansiyon farkedilebilir.

İğne ucunun yanlış yerde olduğu anlaşıncı ve volume testi ya da aspirasyon testi ekstraperitoneal ensuflasyonu düşündürüyorsa, iğne geri çekilip tekrar girilir. Operasyon notuna iğne giriş sayısı kaydedilir. Şayet kan aspire edilirse yine çekip tekrar girmek mümkündür, ancak kan kendiliğinden geliyorsa büyük damar yaralanmasını düşündürür ve laparotomi gereği doğar. Barsak içeriği aspire edilirse, yine geri çekilip başka bir bölgeden tekrar girilir. Bu durumda batına laparoskop sokulduğunda ilk önce yaralanan barsağı gözlemeye çalışmak önemlidir. Eğer basit bir iğne deliği saptanırsa lokal lavaj-aspirasyon, antibiyotik yapılması ve dikkatli postop takibi yeterli olabilir. Daha ciddi, tanjansiyel laserasyon gibi yaralanmalarda hemen sütür gerekir ki laparoskopik olarak ya da laparotomi ile yapılabilir. Her vaka da, iğne giriş bölgesindeki periton ve organların kontrolden geçirilmesi zorunludur. Herhangi bir retroperitoneal hemoraji bulgusu, ana damar yaralanması açısından dikkatle değerlendirilmelidir. Pnömo-omentum, barsak mezenterindeki ya da retroperitoneumdaki CO₂ kendi halinde rezorbe olmaya bırakılır.

KAYNAKLAR

- Kelling G. Über oesophagoskopi, Gastroskopie und colioskopie. *Munch Med Wochenschr* 1902; 49:21-24.
- Jacobaeus HC. Über die Möglichkeit die Zystoskopie bei untersuchung seröser Höhlungen anzuwenden. *Munch Med Wochenschr* 1910; 57:2090-2092.
- Hodgson C, McClelland N, Newton JR. Some effects of the peritoneal insufflation of carbon dioxide at laparoscopy. *Anaesthesia* 1970; 25:382-390.
- Williams MD, Peter CM. Laparoscopic insufflation of the abdomen depresses cardiopulmonary function. *Surg End* 1992; 6(12):86.
- Hasson HM. Modified instrument and method for laparoscopy. *Am J Obstet Gynecol* 1971; 110:886-887.
- Jarett JC. Laparoscopy: Direct trocar insertion without pneumoperitoneum. *Obstet Gynecol* 1990; 75:725-727.
- Gordon NLM, Smith I, Shwapp GH. Cardiac arrhythmias during laparoscopy. *Br Med J* 1972; 1:625.
- Motew M, Ivancovitch A, Bieniac J, et al. Cardiovascular effects and acid-base and blood gases during laparoscopy. *Am J Obstet Gynecol* 1973; 115:1002-1012.
- Lenz RJ, Thomas TA, Wilkins DG. Cardiovascular changes during laparoscopy. *Anaesthesia* 1976; 31:4-12.
- Booker WM, Johnson A. Pneumoperitoneum: physiological effects. *Anaesth Analg* 1944; 2:23-26.
- El-Miawi MF, Wahbi O, El-Bagouri IS, et al. Physiologic changes during CO₂ and N₂O pneumoperitoneum in diagnostic laparoscopy. *J Repro Med* 1981; 26:338-346.
- Fraze RC, Roberts JM, Okeson GC, et al. Open versus laparoscopic cholecystectomy. *Ann Surg* 1991; 213(6):651-4.
- Brantley JC, Riley PM. Cardiovascular collapse during laparoscopy: A report of two cases. *Am J Obstet Gynecol* 1988; 159:735-737.
- Harnis MNE, Plantevin OM, Crowther A. Cardiac arrhythmias during anaesthesia for laparoscopy. *Br J Anaesth* 1984; 56:1213-1216.
- Kelman GR, Swapp GH, Smith I, Benzie RJ, Gordon NLM. Cardiac output and arterial blood tension during laparoscopy. *Br J Anaesth* 1972; 44:1155-1162.
- Bonnett RF. Cardiovascular effect of intraperitoneal insufflation with carbon dioxide and nitrous oxide in the dog. *Anesthesiology* 1975; 42:281-287.
- Marshall RL, Jebson PJR, Davie IT, Scott DB. Circulatory effects of peritoneal insufflation with nitrous oxide. *Br J Anaesth* 1972; 44:1183-1187.
- Minoli G, Terruzzi V, Zpinzi GC, et al. The influence of carbon dioxide and nitrous oxide on pain during laparoscopy: double blind controlled trial. *Gastrointes Endosc* 1982; 28:173-175.
- Sengupt P, Plantevin OM. Nitrous oxide and day-case laparoscopy: effects on nausea, vomiting and return to normal activity. *Brit J Anaesth* 1988; 60:570-573.
- Mouret P. Le pneumopéritoine en suspension. *Endomag* 1991; 2:2-4.
- Banting S, Shmi S, Velpen GV, Cushieri A. Abdominal wall lift: Low pressure pneumoperitoneum in laparoscopic surgery. *Surg Endosc* 1993; 7:57-59.
- Fletcher R. Arterial o end-tidal CO₂ tension differences. *Anaesthesia* 1987; 42:210-211.
- Hashimoto S, Munakat Y, Hashikura Y, et al. Cardiovascular and respiratory effects of intraperitoneal insufflation with carbon dioxide at laparoscopic cholecystectomy. *Surg Lap & End* 1992; 2(2): p(25)-174.
- Holzman M, Sharp K, Richards W. Hypercarbia during carbon dioxide gas insufflation for therapeutic laparoscopy. *Surg Lap & End* 1992; 2(1):11-14.
- Barnett RB, Clement GS, Drizin GS, et al. Pulmonary changes after laparoscopic cholecystectomy. *Surg Lap & End* 1992; 2(2):125-7.
- De Plater RMH, Jones ISC. Fatal carbon dioxide embolism during laparoscopy. *Anaesth Intensive Care* 1989; 17:359-361.
- Gomar C, Fernandez C, Villalonga A, Nalda MA. Carbon dioxide embolism during laparoscopy and hysteroscopy. *Ann Fr Anesth Rean* 1985; 4:380-382.
- Litvin D, Johnson D, Osachoff D, et al. Respiratory function after laparoscopic cholecystectomy. *Surg End* 1992; 6(2):102.
- Baratz RA, Karis JH. Blood gas studies during laparoscopy under general anesthesia. *Anesthesiology* 1969; 30:463-464.
- Ciofolo MJ, Clergue F, Seebacher J, et al. Ventilatory effects of laparoscopy under epidural anaesthesia. *Anaesthesiology* 1986; 64:582-589.
- Mango R, Medegard A, Bengtsson N, Tronstad SE. Acid-base balance during laparoscopy. *Acta Obstet Gynecol Scand* 1979; 58:81-85.
- Souron R, Nicolas F. Etude expérimentale des mécanismes d'augmentation de la PaCO₂ au cours des colioscopie. *Anesth Analg* 1973; 30:493-502.
- Johansson G, Andersen M, Juhe B. The effects of general anesthesia on the hemodynamics events during laparoscopy with CO₂-insufflation. *Acta Anaesthesiol Scand* 1989; 33:132-136.
- Seed RF, Shakespeare TF, Muldoon MJ. Carbon dioxide homeostasis during anaesthesia for laparoscopy. *Anaesthesia* 1970; 25:223-230.
- Torrielli R, Cesarini M, Winnock S, et al. Modification hémodynamique durant la colioscopie: étude mende par bioimpédance électrique thoracique. *Can J Anaesth* 1990; 37:46-51.
- Wittgen CM, Andrus CH, Fitzgerald SD, et al. Analysis of the hemodynamic and ventilatory effects of laparoscopic cholecystectomy. *Arch Surg* 1991; 126:997-1001.
- Kubota K, Kajima N, Teruya M, et al. Alterations in respiratory function and hemodynamics during laparoscopic cholecystectomy under pneumoperitoneum. *Surg Endosc* 1993; 7:500-504.
- Hartmann P, Kron I, McLachlan H, Nolan S. Elevated intraabdominal pressure and renal function. *Ann Surg* 1982; 196:594-597.
- Palmer R, Besins E. La mesure de la pression intra-abdominale au cours des colioscopies gynécologique. *Contraception-Fertilité-Sexualité* 1984; 12:915-918.
- Platell C, Hall J, Dobb G. Impaired renal function due to raised intraabdominal pressure. *Intensive Care Med* 1990; 16:328-329.
- Rubinson RM, Vasko JS, Doppman JL. Inferior vena caval obstruction from increased intraabdominal pressure. *Arch Surg* 1967; 9:766-770.
- Eisenhauer DM, Saunders CJ, Ho HS, Wolfe BM. Hemodynamic effects of argon pneumoperitoneum. *Surg Endosc* 1994; 8:315-321.
- Hashikura Y, Kawasaki S, Munakata Y, et al. Effects of peritoneal insufflation on hepatic and renal blood flow. *Surg Endosc* 1994; 8:759-761.
- Yacoub OF, Cardona I, Coveler LA, Dodson MG. Carbon dioxide embolism during laparoscopy. *Anesthesiology* 1982; 57:533-535.
- Fitzgerald SD, Andrus CH, Baudendistal LJ, et al. Hypercarbia during carbon dioxide pneumoperitoneum. *Am J Surg* 1992; 163:186-190.
- Satran DB, Orlando R. Physiologic effects of pneumoperitoneum. *Am J Surg* 1994; 167:281-286.
- Wright DM, Sarpell MC, Baxter JN, O'Dwyer PJ. Effect of extraperitoneal carbon dioxide insufflation on intraoperative blood gas and hemodynamic changes. *Surg Endosc* 1995; 9:1169-1172.
- Leighton TA, Bongard FS, Liusy, Lee TS, Klein SR. Comparative cardiopulmonary effects of helium and carbon dioxide pneumoperitoneum. *Surg Forum* 1991; 42:485-487.
- Ryan MK, Dubecz S, Pianim NA, et al. Comparative stress hormone changes during helium vs carbon dioxide laparoscopic cholecystectomy. *J Invest Surg* 1993; 6:377.
- Bongard FS, Pianim NA, Leighton TA, et al. Helium insufflation for laparoscopic operations. *Surg Gynecol and Obstet* 1993; 177:140-146.
- Shuto K, Kitano T, Yoshida T, et al. Hemodynamic and arterial blood gas changes during carbon dioxide and helium pneumoperitoneum in pigs. *Surg Endosc* 1995; 9:1173-1178.
- Chiu AW, Chang LS, Birkett DH, Baboyan RK. The impact of pneumoperitoneum, pneumoretroperitoneum and gasless laparoscopy on the systemic and renal hemodynamics. *J Am Coll Surg* 1995; 181:397-406.