تأثیر سطوح مختلف فشار مثبت پایان بازدمی بر عملکرد تنفسی و پارامترهای همودینامیک در بیماران تحت کوله‌سیستکتومی لاپاراسکوپیک: کارآزمایی بالینی تصادفی دوسوکور

مجید وطن‌خواه تربه‌بر، سعید کاشانی، میلاد محمدی، زهره نیک اقبالی، مهرداد ملک شعار*

مرکز تحقیقات بیهوشی، مراقبت‌های ویژه و کنترل درد، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.

*نویسنده مسئول: بندرعباس، بلوار جمهوری اسلامی، بیمارستان شهید محمدی، مرکز تحقیقات بیهوشی، مراقبت‌های ویژه و کنترل درد.
تلفن: ۰۷۶-۳۳۳۴۳۸۶۲
E-mail: mdmalekshoar@gmail.com

چکیده

دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۸ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۴/۰۵ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۳ آنلاین: ۱۴۰۴/۰۶/۰۱

زمینه و هدف: کوله‌سیستکتومی لاپاراسکوپیک به‌عنوان استاندار طلایی درمان بیماری‌های کیسه صفرا شناخته می‌شود، اما با چالش‌های فیزیولوژیکی مرتبط با پنوموپریتونئوم و موقعیت‌دهی ویژه بیمار همراه است که شامل کاهش کامپلاینس ریوی، کاهش ظرفیت باقیمانده عملکردی و اختلال در تبادل گازهای تنفسی است. فشار مثبت انتهای بازدمی (PEEP) می‌تواند این عوارض را تعدیل کند، اما سطح بهینه آن مورد بحث است. هدف این مطالعه مقایسه اثرات سه سطح مختلف PEEP بر پارامترهای تنفسی و همودینامیک در بیماران تحت کوله‌سیستکتومی لاپاراسکوپیک بود.

روش بررسی: این کارآزمایی بالینی تصادفی دوسوکور در بازه زمانی مرداد تا بهمن ۱۴۰۲ در بیمارستان شهید محمدی بندرعباس انجام شد. ۷۵ بیمار ۱۸ تا ۷۰ ساله با وضعیت فیزیکی ASA کلاس I-II که تحت کوله‌سیستکتومی لاپاراسکوپیک قرار گرفتند، به سه گروه ۲۵ نفره تقسیم شدند: گروه کنترل (PEEP=0 cmH2O)، گروه دوم (PEEP=5 cmH2O) و گروه سوم (PEEP=7 cmH2O) پارامترهای همودینامیک و تنفسی در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: میانگین سنی بیماران ۱۱/۳۹±۴۱/۸۹ سال بود. اشباع اکسیژن در تمام گروه‌ها بالای ۹۴٪ باقی ماند بدون تفاوت معنادار. سطح $EtCO_2$ در زمان ۳۰ دقیقه (P=۰/۰۴) و یک ساعت پس از اینتوباسیون (P=۰/۰۱) تفاوت معناداری نشان داد، به‌طوری‌که بالاترین مقدار در گروه سوم و پایین‌ترین در گروه دوم مشاهده شد. فشارخون و ضربان قلب تفاوت آماری معناداری بین گروه‌ها نداشت، اما گروه PEEP=7 cmH2O کمترین افت فشارخون را نشان داد.

نتیجه‌گیری: سطح PEEP=5 cmH2O بهترین تعادل بین حفظ اکسیژناسیون، تهویه مؤثر و ثبات همودینامیک در کوله‌سیستکتومی لاپاراسکوپیک فراهم می‌کند و به عنوان راهبرد ایمن توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: همودینامیک، کوله‌سیستکتومی لاپاراسکوپیک، اکسیژناسیون، فشار مثبت انتهای بازدمی.

مقدمه

بیماری‌های کیسه صفرا و مجاری صفراوی (Gallbladder and biliary diseases, GABDs) با تأثیر بر بیش از ۲۰ میلیون بزرگسال تنها در ایالات متحده آمریکا و شیوع عمومی ۱۰ تا ۱۵٪ در جمعیت جهانی، یکی از شایعترین اختلالات سیستم گوارش محسوب می‌شوند.[1] در ایران نیز بررسی‌های اپیدمیولوژیک نشان داده‌اند که شیوع بیماری سنگ کیسه صفرا در مناطق مختلف کشور متفاوت بوده و از ۰/۸٪ در آمل تا ۴/۷٪ در جنوب ایران گزارش شده است.[2] کوله‌سیستکتومی لاپاراسکوپیک به‌عنوان استاندار طلایی درمان این بیماری‌ها شناخته شده و مزایای قابل‌توجهی نظیر کاهش زمان بستری، بازگشت سریع‌تر به فعالیت‌های روزمره و تقلیل عوارض پس

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2026-05-11]

از عمل را نسبت به روش‌های جراحی باز ارائه می‌دهد.[۳و۴] با این‌حال، این تکنیک جراحی با چالش‌های فیزیولوژیکی منحصربه‌فردی همراه است که نیاز به مدیریت دقیق بیهوشی و تهویه مکانیکی دارد.

پنوموپریتونئوم به‌عنوان یکی از اجزای اساسی لاپاراسکوپی، تأثیرات منفی چشمگیری بر تبادل گازی و سیستم‌های بافری خون وارد کرده و موجب افزایش فشار تنفسی و تغییرات در پارامترهای تهویه‌ای می‌شود.[۵] این تغییرات شامل کاهش بارز کامپلاینس ریوی، کاهش ظرفیت باقیمانده عملکردی (FRC) و اختلال در تبادل گازهای تنفسی است که منجر به وخامت اکسیژناسیون و افزایش نسبت فضای مرده آلوئولار می‌شود.[۶] علاوه‌براین، موقعیت‌دهی ویژه بیمار در جراحی لاپاراسکوپیک، به‌ویژه موقعیت ترندلنبرگ معکوس (Reverse Trendelenburg) که در آن سر بیمار بالاتر از سطح پا قرار می‌گیرد، موجب جابجایی اندام‌های شکمی به سمت دیافراگم و افت بیشتر حجم ریوی شده و در نتیجه محدودیت‌های تنفسی را تشدید می‌کند.[۷] بنابراین، استفاده از استراتژی‌های تهویه‌ای پیشرفته که بتوانند این تغییرات فیزیولوژیکی را جبران کرده و فعالیت ریوی را ارتقا دهند، از اهمیت بالینی بالایی برخوردار است.[۸] فشار مثبت انتهای بازدمی (PEEP) به‌عنوان یکی از استراتژی‌های مهم تهویه‌ای، با افزایش حجم انتهای بازدمی ریه (EELV) و بهبود تبادل گازی و مکانیک تنفسی، نقش کلیدی در مطلوب سازی کارکرد ریوی طی جراحی‌های لاپاراسکوپیک ایفا می‌کند.[۹] این فشار با جلوگیری از فروپاشی آلوئولی (Atelectasis) و بهتر شدن اکسیژناسیون شریانی، قادر است عوارض پنوموپریتونئوم و موقعیت‌دهی جراحی بر وضعیت تنفسی را تعدیل کند.[۱۰] یافته‌های بالینی نشان داده‌اند که کاربرد سطوح مختلف PEEP طی جراحی‌های لاپاراسکوپیک می‌تواند به طور محسوس اکسیژناسیون، کامپلاینس ریوی و گرادیان اکسیژن آلوئولی–شریانی را ارتقا بخشیده و عوارض تنفسی پس از عمل را تخفیف دهد.[۱۰] با این حال، تعیین سطح مناسبPEEP نیازمند توجه دقیق به تعادل پیچیده بین اصلاح شرایط فیزیولوژیکی تنفسی و اثرات بالقوه‌ای است که بر عملکرد همودینامیک و برون‌ده قلبی وارد می‌کند. این امر ضرورت بررسی دقیق‌تر مستندات علمی موجود و شناسایی شکاف‌های علمی در این حوزه را مطرح می‌سازد.[۱۱] هدف اصلی این مطالعه مقایسه اثرات سه سطح PEEP (صفر، پنج و هفت سانتی‌متر آب) بر پارامتـرهای تنفسـی و همودینامیک بوده و همچنین ارزیابی ایمنی و میزان عوارض هر سطح را دربرمی‌گیرد.

روش بررسی

این مطالعه کارآزمایی بالینی دوسوکور بر روی ۷۵ بیمار ۱۸ تا ۷۰ ساله با ASA کلاس I و II تحت جراحی کوله‌سیستکتومی لاپاراسکوپیک الکتیو مراجعه‌کننده به بیمارستان شهید محمدی بندرعباس در بازه زمانی مرداد تا بهمن ۱۴۰۲ انجام شد. قبل از اجرای مطالعه، از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان تأییدیه اخلاق با شماره "IR.HUMS.REC.1402.094" و همچنین کد ثبت کارآزمایی بالینی ایران "IRCT20230719058854N1" دریافت شد. نمونه‌گیری به‌روش در دسترس با تصادفی‌سازی ساده انجام شد. حجم نمونه مورد نیاز برای هر گروه ۲۵ بیمار تعیین شد. این محاسبه با در نظر گرفتن خطای نوع اول ۵٪ و توان آزمون ۸۰٪، با استفاده از اطلاعات استخراج شده از مطالعه سن و همکاران انجام شد.[۱۶] معیارهای ورود به مطالعه شامل: سن ۱۸ تا ۷۰ سال، ASA کلاس I و II می‌باشد. عدم رضایت بیمار، ناپایداری همودینامیک، نارسایی قلبی شدید، نارسایی کلیه، نارسایی تنفسی، آمبولی ریه، آمبولی هوا حین عمل، تبدیل لاپاراسکوپی به لاپاراتومی، سابقه آسم و COPD و بیماری مزمن تنفسی، به‌عنوان معیارهای خروج در نظر گرفته شد. بیماران با استفاده از روش تصادفی‌سازی ساده به سه گروه تقسیم شدند. در این فرآیند، بیماران به عنوان واحد تصادفی‌سازی در نظر گرفته شدند و فهرست تصادفی با استفاده از نرم‌افزار Random Allocation تولید گردید. فردی که در اجرای مطالعه نقشی نداشت، بر اساس جدول تصادفی برای هر مورد یکی از برچسب‌های A، B یا C را روی کارت نوشته و در پاکت‌های مات و غیرشفاف قرار داد. شماره‌ی تصادفی مربوطه بر پشت هر پاکت درج شد. در هنگام ورود هر بیمار به مطالعه، یک پاکت به ترتیب شماره به او اختصاص داده شد. به این ترتیب، پنهان‌سازی تخصیص با استفاده از پاکت‌های غیرشفاف و شماره‌گذاری‌شده تضمین شد تا از بروز سوگیری در فرایند تصادفی‌سازی جلوگیری شود. این مطالعه به‌صورت دوسوکور (Double-blind) طراحی شد. در فرآیند کورسازی، بیمار و فرد جمع‌آوری‌کننده داده‌ها از گروه تخصیص‌یافته بی‌اطلاع بودند. فرد مسئول اجرای بیهوشی و تنظیم دستگاه تهویه، تخصیص گروه‌ها را بر

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2026-05-11]

اساس پاکت‌های دربسته دریافت می‌کرد و پس از اعمال سطح مربوطه‌ی PEEP، هیچگونه اطلاعاتی در اختیار سایر اعضای تیم پژوهش قرار نمی‌داد. داده‌های بیماران با کدگذاری عددی بدون ذکر گروه ثبت شدند و تحلیل آماری نیز توسط پژوهشگری انجام شد که از تخصیص گروه‌ها آگاهی نداشت. به بیماران میدازولام (۲ mg) و فنتانیل (۲ µg/kg) به‌صورت وریدی تزریق شد. سپس برای القای بیهوشی از لیدوکائین ۲% (۱ cc)، پروپوفول (۲ mg/kg) و آتراکوریوم (۰/۵ mg/kg) استفاده شد. پس از لارنگوسکوپی و اینتوباسیون، بیمار تحت تهویه مکانیکی با TV =۶–۸ cc/kg، RR =۱۲–۱۴ b/min، نسبت I:E=۱:۲ تا ۱:۳ قرار گرفت و انفوزیون پروپوفول با دوز ۱۰۰ µg/kg/min ادامه یافت. به همه بیماران حین عمل ۵ mg مورفین تزریق شد. در پایان عمل برای بیماران Reverse با نئوستیگمین (۰/۰۴ mg/kg) و آتروپین (۰/۰۲ mg/kg) انجام گرفت. اطلاعات از طریق پرسشنامه جمع‌آوری شد. این پرسشنامه شامل سن، جنس، فشارخون، کاپنوگرافی، O_2sat، ضربان قلب بود. ابزارهای مانیتورینگ مانند پالس اکسی‌متر، کاپنوگرافی، مانیتور فشارخون استفاده شد. پارامترهای مذکور در زمان‌های: دقایقی قبل از لارنگوسکوپی، حین لارنگوسکوپی، ۱۵ دقیقه و ۳۰ دقیقه و یک ساعت بعد از اینتوباسیون و در اتاق ریکاوری، اندازه‌گیری شدند. همچنین آنالیز گازهای شریانی نیز ۳۰ دقیقه بعد از شروع اینتوباسیون انجام گرفت. برای آنالیز داده‌ها از SPSS software, version 23 (IBM SPSS, Armonk, NY, USA) استفاده شد. داده‌های توصیفی با استفاده از میانگین، انحراف‌معیار و درصد استفاده شد. برای مقایسه متغیرها بین سه گروه از آنالیز One-way ANOVA و Chi-square test استفاده شد. سطح معناداری آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

مطالعه حاضر بر روی ۷۵ بیمار در محدوده سنی ۱۸ تا ۷۰ سال انجام شد که برای کوله‌سیستکتومی لاپاراسکوپیک تحت بی‌هوشی عمومی قرار گرفتند. بیماران از نظر وضعیت جسمی ASA I و II بودند و در سه گروه ۲۵ نفره تقسیم شدند. توزیع جنسیتی شامل ۵۲ بیمار زن (۶۹/۳٪) و ۲۳ مرد (۳۰/۷٪) بود. میانگین سنی کل جمعیت مورد مطالعه ۱۱/۳۹±۴۱/۸۹ سال بود. از نظر وضعیت فیزیکی، ۳۵ بیمار (۴۶/۷٪) دارای وضعیت ASA I و ۴۰ بیمار (۵۳/۳٪) دارای وضعیت ASA II بودند. بین سه گروه مورد مطالعه از نظر مشخصات دموگرافیک تفاوت معناداری مشاهده نشد (جدول ۱). اشباع اکسیژن (SpO2) در هیچیک از بیماران تحت مطالعه کمتر از

جدول ۱: مشخصات دموگرافیک بیماران در گروه‌های مورد مطالعه

متغیر	گروه اول (PEEP=۰)	گروه دوم (PEEP=۵)	گروه سوم (PEEP=۷)	P*
سن (میانگین± انحراف‌معیار)	۹/۷۲±۴۳/۷۲	۱۳/۴۶±۴۲/۸	۱۰/۵۸±۳۹/۱۶	۰/۳۳
جنسیت تعداد(درصد)				۰/۳۶
زن	۱۸(٪۷۲)	۱۶(٪۶۴)	۱۸(٪۷۲)	
مرد	۷(٪۲۸)	۹(٪۳۶)	۷(٪۲۸)	
وضعیت فیزیکی- ASA تعداد(درصد)				۰/۲۲
ASA I	۱۰(٪۴۰)	۱۰(٪۴۰)	۱۵(٪۶۰)	
ASA II	۱۵(٪۶۰)	۱۵(٪۶۰)	۱۰(٪۴۰)	
EtCO2 (میانگین± انحراف‌معیار)				
پایه	۳/۲±۳۲/۴	۲/۹±۳۱/۸	۳/۴±۳۲/۱	۰/۷۵
۱۵ دقیقه بعد	۲/۸±۳۴/۱	۳/۱±۳۳/۲	۳/۶±۳۴/۸	۰/۲۶
۳۰ دقیقه بعد	۲/۵±۳۴/۴	۲/۷±۳۳/۱	۳/۲±۳۶/۲	۰/۰۴
۶۰ دقیقه بعد	۲/۹±۳۵/۲	۲/۴±۳۲/۸	۳/۵±۳۷/۱	۰/۰۱

* آزمون آماری: Chi-square test، P<۰/۰۵ معنادار در نظر گرفته شد.

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2026-05-11]

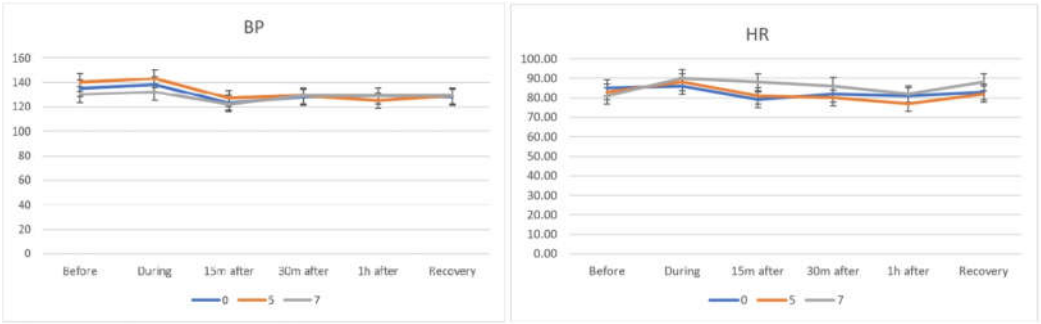
۹۴٪ نبود و هیچیک از گروه‌ها در هیچیک از زمان‌ها دچار افت اشباع اکسیژن نشدند. در مقایسه گروه‌ها از نظر اشباع اکسیژن در زمان‌های مختلف، تفاوت آماری معناداری بین گروه‌ها یافت نشد. بررسی EtCO2 نشان داد که در زمان ۳۰ دقیقه (P=۰/۰۴) و یک ساعت پس از اینتوباسیون (P=۰/۰۱)، تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود دارد. این تفاوت بدین صورت بود که EtCO2 در گروه سوم بیشترین مقدار و در گروه دوم کمترین مقدار را داشته است. در سایر زمان‌ها این پارامتر بین گروه‌های مورد مطالعه تفاوت معناداری نداشت (جدول ۲).

بررسی فشارخون متوسط نشان داد که در هر سه گروه، فشارخون حین اینتوباسیون افزایش یافت و ۱۵ دقیقه پس از اینتوباسیون کاهش نشان داد. کمترین میانگین فشارخون مربوط به بازه زمانی ۱۵ دقیقه بعد اینتوباسیون و بیشترین میانگین فشارخون مربوط به بازه زمانی حین اینتوباسیون بود. میزان کاهش فشارخون در گروه دوم بیشتر از گروه اول و کمترین میزان افت در گروه سوم مشاهده شد. با این حال، تفاوت آماری معناداری بین گروه‌ها در زمان‌های مختلف یافت نشد (نمودار ۱).

جدول ۲: مقایسه اشباع اکسیژن و دی‌اکسیدکربن انتهای بازدمی در گروه‌های مورد مطالعه

پارامتر	زمان	گروه اول (PEEP=۰)	گروه دوم (PEEP=۵)	گروه سوم (PEEP=۷)	P*
SpO2 (٪)					
	پایه	۱/۱±۹۸/۲	۱/۰±۹۸/٤	۱/۲±۹۸/۳	۰/۷۸
	حین اینتوباسیون	۱/۳±۹۸/۵	۱/۱±۹۸/٦	۱/۰±۹۸/۷	۰/۸۲
	۱۵ دقیقه بعد	۱/۲±۹۸/۱	۱/٤±۹۸/۳	۱/۱±۹۸/۵	۰/٦۵
	۳۰ دقیقه بعد	۱/۵±۹۷/۷	۱/۳±۹۸/۲	۱/۰±۹۸/٦	۰/۲٤
	٦۰ دقیقه بعد	۱/٦±۹۷/۸	۱/٤±۹۸/۰	۱/۲±۹۸/٤	۰/۳۸
EtCO2 (mmHg)					
	پایه	۲/۱±۳٤/۸	۱/۹±۳۵/۲	۲/۳±۳۵/۵	۰/٦۲
	حین اینتوباسیون	۲/٤±۳٦/۲	۲/۲±۳٦/۱	۲/۱±۳٦/۸	۰/٤۷
	۱۵ دقیقه بعد	۲/۰±۳۵/۹	۲/۳±۳۵/۷	۲/۲±۳٦/۹	۰/۱۳
	۳۰ دقیقه بعد	۲/۲±۳٦/۱	۲/۱±۳۵/۳	۲/۰±۳۷/٤	*۰/۰٤
	٦۰ دقیقه بعد	۲/٤±۳٦/۳	۲/۳±۳۵/۱	۲/۱±۳۷/۸	*۰/۰۱

* آزمون آماری: One-way ANOVA، P<۰/۰۵ معنادار در نظر گرفته شد.



نمودار ۱: فشارخون و ضربان قلب در سه گروه اول تا سوم

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2026-05-11]

جدول ۳: مقایسه پارامترهای همودینامیک در گروه‌های مورد مطالعه

پارامتر	زمان	گروه اول (PEEP=۰)	گروه دوم (PEEP=۵)	گروه سوم (PEEP=۷)	P*
فشارخون متوسط (mmHg)					
	پایه	۱۲/۵±۹۲/۳	۱۱/۸±۹۱/۷	۱۳/۲±۹۳/۱	۰/۸۹
	حین اینتوباسیون	۱۵/۳±۱۰۵/۲	۱٤/۷±۱۰٤/٦	۱٦/۱±۱۰٦/۸	۰/۷۲
	۱۵ دقیقه بعد	۱۰/۲±۸۵/۱	۹/۸±۸۲/٤	۱۱/۵±۸۷/۳	۰/۳٤
	۳۰ دقیقه بعد	۱۱/۱±۸۷/۵	۱۰/٦±۸۵/۲	۱۲/۳±۸۹/۷	۰/٤۷
	٦۰ دقیقه بعد	۱۰/۸±۸۹/۳	۱۰/۲±۸۷/۱	۱۳/۱±۹۱/۲	۰/۵۱
ضربان قلب (ضربه در دقیقه)					
	پایه	۸/۳±۷۲/۱	۹/۱±۷۱/۵	۷/۸±۷۳/۲	۰/۷٦
	حین اینتوباسیون	۱۲/۱±۸۵/۳	۱۱/۵±۸٦/۷	۱۳/٤±۸۹/۲	۰/۵۲
	۱۵ دقیقه بعد	۹/۷±۷۸/۲	۱۰/۲±۷۹/۱	۱۱/۸±۸۲/۵	۰/۳۹
	۳۰ دقیقه بعد	۹/۲±۷٦/۸	۹/۸±۷۷/۳	۱۰/۹±۸۱/۱	۰/۲۸
	٦۰ دقیقه بعد	۸/۹±۷۵/۱	۹/٤±۷٦/۲	۱۰/۳±۷۹/۸	۰/۲۵

* آزمون آماری: One-way ANOVA، P<۰/۰۵ معنادار در نظر گر فته شد.

ضربان قلب در گروه سوم پس از اینتوباسیون نسبت به دو گروه دیگر بالاتر بود. در این گروه، ضربان قلب در زمان‌های بعد از اینتوباسیون نسبت به زمان پایه افزایش نشان داد و کمترین ضربان قلب مربوط به قبل از اینتوباسیون بود. به‌طور کلی بین گروه‌های مورد مطالعه در زمان‌های مختلف از نظر ضربان قلب تفاوت معناداری یافت نشد (جدول ۳).

بحث

فشار مثبت انتهای بازدمی (PEEP) امروزه به‌عنوان یکی از استراتژی‌های استاندارد در مدیریت تهویه طی جراحی‌های لاپاراسکوپیک شناخته می‌شود.[۹] این روش، همانند سایر تکنیک‌های تهویه‌ای پیشرفته، می‌تواند با حفظ عملکرد مناسب ریوی، ثبات همودینامیک مطلوبی را در مراحل مختلف جراحی فراهم کند.[۱۰] با این حال، عدم اجماع در مورد سطح بهینه PEEP، به‌ویژه میان مقادیر ۵ تا ۱۰ cm آب، همچنان چالشی است.[۱٤-۱۰] در مطالعه حاضر، اگرچه تفاوت آماری معناداری میان گروه‌ها از نظر فشارخون و ضربان قلب وجود نداشت، روند تغییرات بالینی حائز اهمیت بود. افت فشارخون ۱۵ دقیقه پس از اینتوباسیون در گروه PEEP=۷ کمتر از سایر گروه‌ها بود و این گروه در اغلب زمان‌ها ضربان قلب بالاتری در محدوده فیزیولوژیک داشت. این یافته‌ها نشان‌دهنده نقش تعدیلی PEEP در پایداری همودینامیک در طی بیهوشی است. در مجموع، سطح ۷ cm آب موجب تعادل بهتر پاسخ‌های قلبی‌عروقی شد.

مطالعه Pan و همکاران گزارش کردند که سطح ۵ cm آب در مقایسه با هشت و ۱۰ cm، از افت فشارخون جلوگیری می‌کند و تعادل بهتری میان همودینامیک و اکسیژناسیون دارد، در حالی‌که در مطالعه ما کمترین افت فشارخون در گروه هفت دیده شد. این تفاوت می‌تواند ناشی از اختلاف در فشار داخل شکمی، نوع بیهوشی یا شرایط پایه بیماران باشد.[۱۲] یافته‌های Elsheikh و همکاران نیز با نتایج ما همخوان است، آنان در بیماران چاق، سطح PEEP=۷ را مؤثرترین مقدار در حفظ اکسیژناسیون بدون اختلال همودینامیک معرفی کردند. استفاده از PEEP بالاتر موجب افت فشارخون و نیاز به آتروپین شد.[۱٤] مطالعه Arinalp و همکاران نیز اثرات مثبت PEEP بالاتر (۸ cm) بر عملکرد ریوی بعد از عمل را بدون تغییر معنادار همودینامیک گزارش کرد که با یافته ما در مورد ثبات فشارخون در گروه PEEP=۷ همسو است.[۱۷] همچنین، پژوهش Chandra نشان داد

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2026-05-11]

که PEEP=۷ موجب بهبود تطابق ریوی و اکسیژناسیون بدون تغییرات قابل‌توجه همودینامیک می‌شود.[۱۸] در هر دو مطالعه، تفاوت آماری در فشارخون گزارش نشد، اما روند بالینی مؤید برتری سطح ۷ بود. این امر اهمیت بررسی تغییرات بالینی حتی در نبود تفاوت آماری را نشان می‌دهد.

توضیح فیزیولوژیک یافته‌های ما را می‌توان در تأثیر PEEP بر باز بودن آلوئول‌ها و کاهش افت بازگشت وریدی دانست PEEP متوسط (۷ cm آب) با جلوگیری از آتلکتازی، تبادل گازی را بهبود داده و بدون افزایش بیش‌ازحد فشار عروقی، پایداری همزمان عملکرد قلبی و ریوی را ممکن می‌کند. در نتیجه، نیاز به پاسخ‌های جبرانی مانند تاکی‌کاردی کاهش یافته و ثبات همودینامیک حفظ می‌شود.

در این مطالعه، اشباع اکسیژن (SpO_2) در تمامی گروه‌های دریافت‌کننده PEEP در محدوده مطلوب (>٪۹۴) باقی ماند و تفاوت آماری معناداری میان گروه‌ها مشاهده نشد. این یافته بیانگر کفایت اکسیژناسیون حتی در سطوح پایین‌تر PEEP است و با نتایج Pan و Wang هم‌راستاست.[۱۲] همچنین، Elsheikh و همکاران گزارش کردند که گرچه افزایش PEEP موجب افزایش جزئی اشباع اکسیژن می‌شود، اما تفاوت آماری معناداری ندارد و سطوح پایین نیز قادر به حفظ اکسیژناسیون مطلوب هستند.[۱۴] این نتایج احتمالاً ناشی از نقش PEEP در جلوگیری از کلاپس آلوئولی و حفظ حجم انتهای بازدمی است که باعث تداوم تبادل گاز حتی در حضور فشار داخل شکمی بالا می‌شود. علاوه بر آن، PEEP با افزایش زمان ماند گاز در آلوئول‌ها، انتشار مؤثر اکسیژن را تقویت می‌کند و در سطوح پایین تا متوسط، بدون اثر منفی بر بازگشت وریدی، موجب تعادل بین اکسیژناسیون و همودینامیک می‌شود.

در مطالعه حاضر، تفاوت معناداری در $EtCO_2$ میان گروه‌ها، به‌ویژه در زمان‌های ۳۰ دقیقه و یک ساعت پس از اینتوباسیون مشاهده شد، به‌گونه‌ای که بالاترین مقادیر در گروه PEEP=۷ و پایین‌ترین در PEEP=۵ گزارش گردید. این یافته با مطالعه Kim و همکاران همسو است، آنان نشان دادند که PEEP متوسط (۵ cm آب) موجب بهبود تبادل گاز و افزایش شاخص اکسیژناسیون می‌شود، درحالی‌که تخلیه CO_2 حفظ می‌گردد.[۱۹] در پژوهش Murugesan و همکاران، سطح PEEP=۱۰ کنترل بهتری بر $EtCO_2$ داشت، اما PEEP پیش از پنوموپریتوئن اعمال شده بود که ممکن است اختلاف نتایج را توضیح دهد.[۲۰] در مطالعه ما، اعمال PEEP بالاتر (۷ cm) با افزایش $EtCO_2$ همراه بود که احتمالاً ناشی از افزایش جزئی فضای مرده فیزیولوژیک است.

نتایج ما تاحدی با یافته‌های D'Antini و همکاران متفاوت است، آنان سطح بهینه PEEP را با روش آزمون کاهشی حدود ۸ cm آب تعیین کردند که با بهبود تهویه همراه بود، اما تغییرات $EtCO_2$ را گزارش نکردند.[۲۱] تفاوت در روش تعیین سطح PEEP (فردمحور در مطالعه آنان در مقابل سطح ثابت در مطالعه ما) می‌تواند علت این اختلاف باشد. همچنین، در پژوهش Saundattikar و همکاران، استفاده از PEEP=۱۰ موجب بهبود اکسیژناسیون و کاهش جزئی $EtCO_2$ شد، اما تفاوت در جمعیت بیماران و نوع تهویه (حجم ثابت) احتمالاً دلیل اختلاف با نتایج ما است.[۲۲]

در مطالعه Bhardwaj و همکاران، استفاده از PEEP بالاتر (PEEP=۱۰) نسبت به PEEP=۵ موجب بهبود SpO_2 و شاخص اکسیژناسیون شد بدون آن‌که اختلال همودینامیک ایجاد کند، درحالی‌که در مطالعه ما تفاوت معناداری در SpO_2 بین گروه‌ها وجود نداشت. این تفاوت احتمالاً به ویژگی‌های متفاوت بیماران و پارامترهای تهویه بازمی‌گردد.[۱۰]

از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به انجام در یک مرکز درمانی، انتخاب بیماران با ریسک پایین (ASA I-II) و عدم بررسی پارامترهای پیشرفته ریوی مانند فشار راه هوایی اشاره کرد. همچنین پیگیری بیماران تنها تا پایان جراحی انجام شد و پیامدهای تنفسی پس از عمل ارزیابی نشد. پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده با حجم نمونه بیشتر، در مراکز متعدد و بر روی بیماران پرخطر از جمله افراد چاق یا مبتلا به بیماری‌های قلبی- ریوی انجام شود. همچنین بررسی سطوح بالاتر PEEP و ارزیابی شاخص‌های تکمیلی تهویه و اکسیژناسیون می‌تواند به تعیین دقیق‌تر سطح بهینه PEEP و تدوین راهبردهای استاندارد تهویه در جراحی‌های لاپاراسکوپیک کمک نماید.

نتایج این مطالعه نشان داد که اعمال PEEP در سطح ۵ cm آب بهتـریـن تعـادل را میـان حفـظ اکسیژناسیون، تهویه مؤثر و ثبات همودینامیک در بیماران تحت لاپاراسکوپی کوله‌سیستکتومی فراهم می‌کند. درحالی‌که سطـوح بالاتر PEEP (۷ cm) با افزایش $EtCO_2$ همـراه بود، استفاده از PEEP متوسط (۵ cm آب) به‌عنوان یک راهبرد ایمن و مؤثر در این نوع جراحی‌ها توصیه می‌شود. برای تعیین دقیق‌تر

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2026-05-11]

سطح بهینه PEEP، انجام مطالعات تکمیلی با بررسی مقادیر بالاتر PEEP، مطالعه بر بیماران پرخطر (چاق، مسن، مبتلا به بیماری تنفسی) و ارزیابی پارامترهای تکمیلی نظیر کمپلیانس ریوی، فشار راه هوایی و تحلیل گازهای خون شریانی ضروری است.

سپاسگزاری: این مقاله حاصل از پایان‌نامه تحت عنوان "مقایسه سطوح مختلف فشار مثبت پایان بازدمی بر عملکرد تنفسی در بیماران کاندید عمل کوله‌سیستکتومی لاپاراسکوپیک در بیمارستان شهید محمدی بندرعباس" در مقطع دکترای پزشکی در سال ۱۴۰۲ و کد ۴۰۲۰۴۶۲ می‌باشد که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی هرمزگان اجرا شده است.

References

1. Dai F, Cai Y, Yang S, Zhang J, Dai Y. Global burden of gallbladder and biliary diseases (1990–2021) with healthcare workforce analysis and projections to 2035. *BMC Gastroenterology*. 2025;25(1):249.
2. Azadbakht S, Parvaee R, Darabian S. An epidemiological investigation of gallstone disease among patients admitted to Shahid Rahimi teaching hospital in Khorramabad in 2016-2020. *Afr Health Sci*. 2023;23(2):435-41.
3. Rajnikant KS. Comparative analysis of Open versus Laparoscopic Cholecystectomy: A Comparative Study. *International Journal of Health and Clinical Research*. 2022;5(3):328–30.
4. Mehmood Y, Bashir A, Hussain Z, Sulaiman M, Gul H, Ali M. Examining the Advantages and Disadvantages of Laparoscopic Versus Traditional Open Surgeries in Terms of Recovery, Complication Rates, and Long-Term Outcomes. *Indus Journal of Bioscience Research*. 2025.31;3(3):599-612.
5. Tkachuk O, Parakhoniak R, Melnyk S, Tkachuk-Hryhorchuk O. Comparative characteristics of the dynamics of cardiovascular and respiratory effects of pneumoperitoneum based on carbon dioxide and argon in laparoscopic cholecystectomy. *Art of medicine*. 2021:90-5.
6. Peyton PJ, Aitken S, Wallin M. Effects of an open lung ventilatory strategy on lung gas exchange during laparoscopic surgery. *Anaesth Intensive Care*. 2022;50(4):281–8.
7. Xue S, Wang D, Tu HQ, Gu XP, Ma ZL, Liu Y, et al. The effects of robot-assisted laparoscopic surgery with Trendelenburg position on short-term postoperative respiratory diaphragmatic function. *BMC Anesthesiol*. 2024;24(1):92.
8. Lagier D, Zeng C, Fernandez-Bustamante A, Vidal Melo MF. Perioperative Pulmonary Atelectasis: Part II. Clinical Implications. *Anesthesiology*. 2022;136(1):206-36.
9. Jansen D, Jonkman AH, Vries HJ, Wennen M, Elshof J, Hoofs MA, et al. Positive end-expiratory pressure affects geometry and function of the human diaphragm. *J Appl Physiol (1985)*. 2021;131(4):1328-39.
10. Bhardwaj N, Sarkar S, Yaddanapudi S, Jain D. Effect of two different levels of positive end-expiratory pressure (PEEP) on oxygenation and ventilation during pneumoperitoneum for laparoscopic surgery in children: A randomized controlled study. *Saudi J Anaesth*. 2022;16(4):430-6.
11. Gattinoni L, Marini JJ. In search of the Holy Grail: identifying the best PEEP in ventilated patients. *Intensive Care Med*. 2022;48(6):728-31.
12. Pan X, Wang D. Effect of different positive end-expiratory pressure levels in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy under general anesthesia. *Pak J Med Sci*. 2025;41(3):719-23.
13. Ciftci B, Aksoy M, Ince I, Ahıskalıoglu A, Yılmazel Ucar E. The Effects of Positive End-Expiratory Pressure at Different Levels on Postoperative Respiration Parameters in Patients Undergoing Laparoscopic Cholecystectomy. *J Invest Surg*. 2018;31(2):114-20.
14. Elsheikh AS, Maguid HM, El-Desouky MI, Waly SH. The effect of different levels of positive end expiratory pressure on oxygenation and hemodynamics during laparoscopic cholecystectomy in obese patients. *The Egyptian Journal of Hospital Medicine*. 2022 Apr 1;87(1):1248-54.
15. Atashkhoei S, Yavari N, Zarrintan M, Bilejani E, Zarrintan S. Effect of Different Levels of Positive End-Expiratory Pressure (PEEP) on Respiratory Status during Gynecologic Laparoscopy. *Anesth Pain Med*. 2020;10(2):e100075.
16. Sen O, Erdogan Doventas Y. Effects of different levels of end-expiratory pressure on hemodynamic, respiratory mechanics and systemic stress response during laparoscopic cholecystectomy. *Braz J Anesthesiol*. 2017;67(1):28-34.
17. Arinalp HM, Bakan N, Karaören G, Şahin Ö T, Çeliksoy E. Comparison of the effects of PEEP levels on respiratory mechanics and elimination of volatile anesthetic agents in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy; a prospective, randomized, clinical trial. *Turk J Med Sci*. 2016;46(4):1071-7.
18. Chandra A. CLINICAL INVESTIGATION-.Evaluation of Pressure Controlled Ventilation versus Volume Controlled ventilation with PEEP on respiratory mechanics and hemodyanmics in patients of laparoscopic cholecystectomy. *Ain-Shams Journal of Anesthesiology*. 2024;16.
19. Kim JY, Shin CS, Kim HS, Jung WS, Kwak HJ. Positive end-expiratory pressure in pressure-controlled ventilation improves ventilatory and oxygenation parameters during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc*. 2010;24(5):1099-103.
20. Murugesan R, Thiagarajan S, Srinivasan P. Respiratory and Hemodynamic Effects of Positive End-Expiratory Pressure During Capnoperitoneum for Laparoscopic Cholecystectomy. *Journal of Datta Meghe Institute of Medical Sciences University*. 2020;15(1).
21. D'Antini D, Rauseo M, Grasso S, Mirabella L, Camporota L, Cotoia A, et al. Physiological effects of the open lung approach during laparoscopic cholecystectomy: focus on driving pressure. *Minerva Anestesiol*. 2018;84(2):159-67.
22. Saundattikar G, Gupta P, Dongare D. Comparison of ventilation with and without positive end expiratory pressure during anesthesia for laparoscopic surgeries. *Indian Journal of Clinical Anaesthesia*. 2021;8:45-8.

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2026-05-11]

TUMJ Tehran University Medical Journal, September 2025; Vol. 83, No. 6: 410-417 Original Article

Effect of different levels of positive end-expiratory pressure on respiratory performance and hemodynamic parameters in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy: a randomized double-blind clinical trial

Majid Vatankhah Tarbebar M.D.
Saeid Kashani M.D.
Milad Mohammadi M.D.
Zohreh Nik Eghbali M.D.
Mehrdad Malekshoar M.D.*

Anesthesiology, Critical Care and Pain Management Research Center, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.

Abstract

Received: 18 Jun. 2025 Revised: 26 Jun. 2025 Accepted: 14 Aug. 2025 Available online: 23 Aug. 2025

Background: Laparoscopic cholecystectomy is the gold standard for treating gallbladder diseases; however, it is associated with physiological challenges from pneumoperitoneum and specific patient positioning. Positive end-expiratory pressure (PEEP) may mitigate these effects, but the optimal level remains uncertain. This study compared the impact of three PEEP levels on respiratory performance and hemodynamic stability during laparoscopic cholecystectomy.

Methods: This randomized double-blind clinical trial was conducted at Shahid Mohammadi Hospital, Bandar Abbas, Iran, from August 2023 to February 2024. A total of 75 adult patients aged 18-70 years with ASA class I-II scheduled for elective laparoscopic cholecystectomy were assigned to three groups (n=25 each): PEEP 0 cmH_2O (control), PEEP 5 cmH_2O, and PEEP 7 cmH_2O. Standardized general anesthesia and mechanical ventilation with tidal volumes of 6-8 mL/kg were applied. Hemodynamic variables (mean arterial pressure, heart rate) and respiratory parameters (SpO_2, $EtCO_2$) were recorded before intubation, during intubation, and at 15, 30, and 60 minutes post-intubation, as well as in the recovery room. Arterial blood gas analysis was performed 30 minutes after intubation. Data were analyzed using ANOVA and chi-square tests with a significance level of 0.05.

Results: The mean age of patients was 41.89±11.39 years, and baseline demographic variables showed no significant differences among groups. Oxygen saturation remained above 94% across all time points without intergroup differences. $EtCO_2$ values differed significantly at 30 minutes (P=0.04) and 60 minutes (P=0.01), with the highest levels observed in the PEEP 7 group and the lowest in the PEEP 5 group. Although mean arterial pressure and heart rate did not show statistically significant variation among groups, the PEEP 7 group demonstrated the smallest postoperative decline in blood pressure.

Conclusion: A PEEP level of 5 cmH_2O offers the most favorable balance between maintaining oxygenation, supporting effective ventilation, and preserving hemodynamic stability during laparoscopic cholecystectomy. This level can be recommended as a safe and optimal ventilation strategy.

Keywords: hemodynamics, laparoscopic cholecystectomy, oxygenation, positive end-expiratory pressure (PEEP).

*Corresponding author: Anesthesiology, Critical Care and Pain Management Research Center, Shahid Mohammadi Hospital, Islamic Republic Blvd., Bandar Abbas, Iran.
Tel: +98-76-33343862
E-mail: mdmalekshoar@gmail.com

Copyright © 2025 Vatankhah Tarbebar et al. Published by Tehran University of Medical Sciences.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2026-05-11]