

Perturbações hemodinâmicas durante prostatectomia radical laparoscópica assistida por robô na posição de Trendelenburg de 45°

Melinda Lestar, MD,* Lars Gunnarsson, MD, PhD,† Lars Lagerstrand, MD, PhD,‡
Peter Wiklund, MD, PhD,§ e Suzanne Odeberg-Wernerman, MD, PhD-

FUNDO:A prostatectomia radical laparoscópica assistida por robô ganhou ampla utilização. Entretanto, os efeitos circulatórios em pacientes submetidos à posição de Trendelenburg extrema (45°) não estão bem caracterizados.

MÉTODOS:Estudamos 16 pacientes (estado físico ASA I-II) com idade média de 59 anos, programados para prostatectomia radical laparoscópica assistida por robô (inclinação de cabeça para baixo de 45°, com pressão intra-abdominal de 11-12 mm Hg). A hemodinâmica, a ecocardiografia, as trocas gasosas e a distribuição ventilação-perfusão foram investigadas antes e durante o pneumoperitônio, na posição de Trendelenburg e, em 8 dos pacientes, também após o término da cirurgia. **RESULTADOS:**Na posição de Trendelenburg a 45°, a pressão venosa central aumentou quase 3 vezes em comparação com o valor inicial, com um aumento associado de 2 vezes na pressão média da artéria pulmonar e na pressão capilar pulmonar ($P<0,01$). A pressão arterial média aumentou 35%. A frequência cardíaca, o volume sistólico, o débito cardíaco e a saturação venosa mista de oxigênio não foram afetados durante a cirurgia, assim como as dimensões ecocardiográficas do coração. Após a indução da anestesia, o tempo de relaxamento isovolumétrico foi prolongado, sem maiores alterações durante o estudo. O tempo de desaceleração foi normal e estável. Na posição horizontal, após a exsufiação do pneumoperitônio, as pressões de enchimento e a pressão arterial média retornaram aos níveis basais. O pneumoperitônio reduziu a complacência pulmonar em 40% ($P<0,01$). A adição da posição de Trendelenburg causou uma diminuição adicional ($P<0,05$). O equilíbrio ácido-base do sangue arterial era normal. A tensão expirada de dióxido de carbono aumentou, enquanto o dióxido de carbono arterial não foi afetado com configurações de ventilação inalteradas. Pneumoperitônio aumentou PaCO_2 ($P<0,05$). A distribuição ventilação-perfusão, o shunt e o espaço morto permaneceram inalterados durante o estudo. **CONCLUSÕES:**O pneumoperitônio e a posição de Trendelenburg a 45° causaram aumentos de 2 a 3 vezes nas pressões de enchimento, sem efeitos no desempenho cardíaco. As pressões de enchimento foram normalizadas imediatamente após a cirurgia. A complacência pulmonar foi reduzida pela metade. A troca gasosa não foi afetada. Não ocorreram complicações cardiovasculares perioperatórias. (Anest Analg 2011;113:1069-75)

E Nos homens submetidos à prostatectomia, a doença cardiocirculatória concomitante não é incomum. Há relatos de casos de edema pulmonar perioperatório, infarto do miocárdio, arritmias, angina de peito, embolia pulmonar e até morte.¹⁻⁵ Um estudo retrospectivo⁶ mostraram uso frequente de drogas vasoativas para tratar hipo e hipertensão em algum momento durante a prostatectomia radical laparoscópica assistida por robô (RALRP). Além disso, em diversas ocasiões em nossa instituição, fizemos observações clínicas de deterioração circulatória intraoperatória abrupta em

Dos Departamentos de *Anestesiologia e Terapia Intensiva, †Cirurgia Cardioráctica e Anestesiologia, ‡Fisiologia Clínica, §Urologia e - Anestesiologia Pediátrica e Terapia Intensiva, Hospital Universitário Karolinska e Instituto Karolinska, Estocolmo, Suécia.

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO EM 29 DE OUTUBRO DE 2010.

APOIADO PELO INSTITUTO KAROLINSKA, BOLSA NO. 30120013. ESTE MANUSCRITO FOI MANUSEADO POR: Sorin J. Brull, MD.

OS AUTORES DECLARAM NÃO HAVER CONFLITOS DE INTERESSE.

REIMPRESSÕES NÃO SERÃO DISPONIBILIZADAS PELOS AUTORES.

ENDEREÇO DE CORRESPONDÊNCIA PARA SUZANNE ODEBERG-WERNERMAN, MD, PhD, DEPARTAMENTO DE ANESTESIOLOGIA E TERAPIA INTENSIVA, HOSPITAL UNIVERSITÁRIO KAROLINSKA, S-141 86 ESTOCOLMO, SUÉCIA. ENDEREÇO DE E-MAIL PARA suzanne.odebergwernerman@karolinska.se .

Copyright © 2011 Sociedade Internacional de Pesquisa em Anestesia
DOI: 10.1213/ANE.0b013e3182075d1f

pacientes submetidos a PRRA com posição de Trendelenburg 45°. Especulamos que isso poderia ser atribuído à descompensação cardíaca aguda.

O pneumoperitônio causa perturbações circulatórias significativas, por si só⁷⁻¹⁰ ou em combinação com a posição de inclinação de cabeça para baixo.^{7,8,11} Tanto em pacientes saudáveis⁷⁻¹⁰ e aqueles com doença cardiopulmonar,¹¹⁻¹³ a pressão arterial média (PAM), bem como as pressões de enchimento ventricular direito e esquerdo (ou seja, pressão venosa central [PVC] e pressão capilar pulmonar [PCP]) aumentam acentuadamente durante o pneumoperitônio e a inclinação da cabeça para baixo. Mesmo em pacientes mais jovens, com estado físico ASA I, a pressão arterial pulmonar média (PAPM) e a PCP atingem níveis associados à insuficiência cardíaca (PCP >18 mm Hg).¹⁴ O débito cardíaco (DC) não é afetado^{7,8,10} ou diminuído.¹⁵ Nestes estudos, os pacientes foram submetidos a uma inclinação de cabeça para baixo de 15° a 20°.^{7,8,11}

No entanto, o RALRP inclui uma posição de Trendelenburg ainda mais íngreme, de 30° a 45°. Até onde sabemos, a pressão de enchimento do ventrículo esquerdo (conforme indicado pelo PCWP) não foi medida durante o PRALP.

Os poucos estudos sobre a resposta hemodinâmica à PRAR, incluindo pneumoperitônio e posição de Trendelenburg, concentraram-se na pressão de enchimento do coração direito, ou seja, PVC. Durante RALRP com inclinação de cabeça para baixo de 30° em ASA

estado físico dos pacientes I a III, a PVC permaneceu inalterada^{16,17} ou aumentou em aproximadamente 50%¹⁸⁻²⁰ mais.²¹ O índice cardíaco, monitorado por termodiluição transpulmonar, permaneceu inalterado.²⁰ Com uma posição de Trendelenburg mais extrema de 45°, o fluxo na aorta descendente, medido pela técnica de Doppler esofágico para aproximar o DC, permaneceu inalterado.²² Usando inclinação de cabeça para baixo para histerectomia laparoscópica, Russo et al.²³ mostraram comprometimento da função diastólica do ventrículo esquerdo em mulheres com estado físico ASA I.

Até recentemente, principalmente pacientes com estado físico ASA I a II foram considerados para RALRP. Não está claro se esta técnica é adequada para pacientes com estado físico comprometido. Para estabelecer corretamente o risco para esses pacientes "mais doentes" é indicado um conhecimento mais detalhado das alterações fisiológicas associadas ao procedimento. Para primeiro caracterizar a resposta fisiológica à PRRA na posição de Trendelenburg íngreme em pacientes com estado físico ASA I a II, investigamos a circulação central, trocas gasosas, distribuição ventilação-perfusão, dimensões ecocardiográficas do coração e velocidades do fluxo mitral. Essas variáveis não foram medidas. O CO foi medido por termodiluição em bolus, técnica considerada "padrão ouro".

MÉTODOS

Pacientes

Após aprovação pelo comitê de ética do hospital, 16 pacientes com estado físico ASA I a II com idade média de 59 anos (variação de 49 a 71 anos), peso corporal médio de 87 kg (variação de 74 a 101 kg) e peso corporal médio de 87 kg (variação de 74 a 101 kg) índice de massa corporal médio de 25,3 kg · m⁻²(faixa, 21,8–32,3 kg · m⁻²) agendados para RALRP foram incluídos no estudo após consentimento informado por escrito. Cinco pacientes apresentavam hipertensão arterial leve; 2 pacientes estavam recebendo terapia bloqueadora; 1 estava recebendo um antagonista da enzima conversora de angiotensina; 1 estava recebendo ambos–bloqueador e antagonista da enzima conversora de angiotensina; e 1 estava recebendo antagonista do receptor da angiotensina II. O eletrocardiograma pré-operatório de 12 derivações foi normal em todos os pacientes e todos eram não fumantes no momento do estudo.

Cirurgia

A RALRP foi realizada por técnica intraperitoneal com auxílio de um sistema robótico (daVinci; Intuitive Surgical, Inc., Sunnyvale, CA), que gera uma visão tridimensional do campo operatório. Isso permite que o cirurgião controle remotamente os instrumentos por meio de telemanipulação, enquanto o auxiliar de cabeceira troca os instrumentos. Com os pacientes em posição horizontal, o pneumoperitônio foi criado por insuflação de dióxido de carbono. A pressão intraabdominal foi monitorada continuamente e mantida em 11 a 12 mm Hg. Foram colocados cinco portais transabdominais, um para a câmera e o restante para inserção dos instrumentais cirúrgicos. Os pacientes foram então posicionados em posição de Trendelenburg com inclinação de cabeça para baixo de 45°. Após a remoção da próstata, a uretra foi reconectada à bexiga urinária através do cateter urinário permanente. Para finalizar o procedimento, o carbono

o dióxido foi liberado da cavidade abdominal e as feridas na pele foram fechadas enquanto os pacientes retornavam à posição horizontal. As incisões cutâneas foram então infiltradas com bupivacaína 5 mg · mL⁻¹ com epinefrina 5-g · mL⁻¹ até um volume total de 20 mL.

Anestesia

Nenhuma pré-medicação foi dada. A anestesia foi induzida com propofol 2,0 a 2,5 mg · kg⁻¹·peso corporal (PC) e remifentanil 0,3 a 0,5-g · kg peso corporal⁻¹ · min⁻¹. Paralisia muscular foi produzida por atracúrio 0,5 mg · kgPC⁻¹. A anestesia foi mantida com propofol (4–5 mg · kg⁻¹ · h⁻¹) e remifentanil (0,1–0,3-g · kg⁻¹ · min⁻¹). A administração de atracúrio foi repetida conforme necessário para relaxamento muscular. Os pacientes foram intubados orotraquealmente com tubo endotraqueal com balonete e seus pulmões ventilados mecanicamente em modo volume controlado (Datex-Ohmeda S/5 Anesthesia Delivery Unit with spirometry, Helsinque, Finlândia) com mistura de oxigênio no ar, fração de oxigênio inspirado de 0,4. A pressão positiva expiratória final foi zerada. Após a indução, a ventilação foi ajustada para atingir uma tensão expirada de dióxido de carbono (ETCO₂) de 32 mmHg. A partir de então, não foram feitas alterações nas configurações do ventilador, para não influenciar as medidas de pressões e complacências nas vias aéreas. Durante o procedimento, os pacientes receberam 350 a 400 mL · h⁻¹ de uma solução cristalóide (Ringer-Acetato; Fresenius, Estocolmo, Suécia).

Cateterismo e Medidas

Antes da indução da anestesia geral e após a anestesia local, uma cânula arterial radial (BD 20G com Flow Switch™, Swindon, Reino Unido) foi inserida na artéria radial esquerda para coleta de sangue e monitoramento da pressão. Após a indução da anestesia geral, um cateter de artéria pulmonar (CCO combo CCO/SvO₂7,5F; Edwards Life Sciences, Irvine, CA) foi introduzido percutaneamente através da veia jugular interna direita na artéria pulmonar por meio de traçado de pressão. Foi utilizado para medir PVC, PMAP, PCWP, saturação venosa mista de oxigênio (SvO₂) e CO com técnica de bolus de termodiluição utilizando 10 mL de glicose gelada a 5%. Os transdutores de pressão foram mantidos na linha axilar média no quarto espaço intercostal durante todo o procedimento. O CO foi determinado como a média de triplicados de injetados no final da expiração. As pressões nas vias aéreas, os volumes ventilatórios e a complacência foram registrados na máquina de anestesia.

Para a estimativa da distribuição ventilação-perfusão, uma mistura de 6 gases inertes (hexafluoreto de enxofre, etano, ciclopropano, enflurano, éter dietílico e acetona) foi dissolvida em solução salina isotônica e infundida IV a uma taxa constante de 3 mL · min⁻¹.²⁴ Quando as condições de estado estacionário foram alcançadas após 45 minutos, foram coletadas amostras de sangue arterial e venoso misto, bem como amostras de gases expirados mistos. As amostras foram analisadas cromatograficamente (Varian 3300; Varian Associates, Inc., Santa Clara, CA). As taxas de retenção e excreção foram calculadas e a solubilidade de cada gás inerte foi determinada por um procedimento de 2 etapas e, finalmente, a relação ventilação/perfusão (Va/Q)distribuição foi estimada.

A dispersão da perfusão e ventilação em diferentes Va/Q proporções são expressas como o padrão logarítmico

desvio da distribuição de perfusão (SDQ) e distribuição de ventilação (SDV). Log SDQ e log SDV expressam, portanto, o grau de incompatibilidade geral entre ventilação e perfusão. Os valores médios de 2 execuções separadas foram utilizados para obter um erro padrão baixo do método. Do Va/Qdistribuições, os dados também foram derivados para shunt (perfusão de regiões pulmonares com Va/Qproporções -0,005) e espaço morto (ventilação das regiões pulmonares com Va/Qproporções -100).

Ecocardiografia

Após a indução da anestesia, uma sonda de ecocardiografia transsesofágica multiplanar (sonda TE-V5M do sistema Acuson Sequoia C512 Ultrasound; Siemens, Malvern, PA) foi introduzida no esôfago para medir o diâmetro transverso do átrio direito na visão bicaval do esôfago médio e no visão transgástrica do eixo médio curto, área diastólica final e sistólica final do ventrículo esquerdo foram medidas. A mudança de área fracionária foi calculada. Registros de Doppler pulsátil foram feitos sobre a valva mitral, na ponta dos folhetos, para registro das ondas de enchimento precoce (E) e de contração atrial (A), bem como na veia pulmonar superior esquerda. O tempo de desaceleração (DT) e o tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV) também foram medidos.²⁵

Protocolo de estudo

Em cada momento, foram registradas a hemodinâmica, as configurações ventilatórias, as trocas gasosas e a distribuição ventilação-perfusão. A primeira medição (Horizontal) foi realizada sob anestesia estável e condições de equilíbrio da infusão de gás inerte com os pacientes na posição horizontal e sem estimulação cirúrgica. Foi permitido um período de estabilização de 5 minutos após a insuflação de dióxido de carbono antes da segunda medição (Pneumo). Os pacientes foram então posicionados com inclinação de cabeça para baixo de 45° para um novo conjunto de registros (Tendência 5), que foram repetidos após 40 minutos na mesma posição (Tendência 45). A tendência 45 foi a única medida realizada durante a cirurgia. Devido aos achados de um aumento de 2 a 3 vezes nas pressões de enchimento do lado direito e esquerdo nos últimos 8 pacientes,

Análise Estatística

A análise estatística foi realizada com o software STATISTICA versão 9.0, 2008 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK). Os dados são apresentados como médias e DP. ANOVA com medidas repetidas foi utilizada para detectar alterações estatisticamente significativas nas variáveis registradas. Comparações post hoc foram realizadas usando correção de níveis de significância de Bonferroni.

RESULTADOS

O tempo cirúrgico médio foi de 184 minutos. A perda sanguínea perioperatória foi de -100 mL e não ocorreram complicações perioperatórias. Todos os pacientes receberam alta hospitalar em até 48 horas de pós-operatório.

Hemodinâmica

O pneumoperitônio aumentou a PAM em 25% ($P=0,05$) (Tabela 1, Fig. 1). A adição da posição de Trendelenburg não alterou o

aumentou a PAM, portanto o nível aumentado de PAM foi mantido durante a cirurgia. PVC, MPAP e PCWP não aumentaram pelo pneumoperitônio. Entretanto, na posição de Trendelenburg, essas pressões aumentaram dos valores iniciais de 9, 15 e 10 para 21, 30 e 22 mm Hg, respectivamente, um

- aumento de 2 vezes em relação aos valores iniciais ($P=0,001$). Após a exsuflação na posição horizontal, todas as pressões retornaram aos valores basais. Mudanças na CVP e PCWP foram fortemente correlacionadas ($R=0,92$, $P=0,001$) (Fig. 2).

O estabelecimento do pneumoperitônio aumentou a resistência vascular sistêmica em 20% ($P=0,05$) (Tabela 1), mas a adição da posição de Trendelenburg retornou a resistência vascular sistêmica aos valores basais. Frequência cardíaca (FC), volume sistólico (VS), DC e Sv- O_2 permaneceram estáveis durante o pneumoperitônio e posição de Trendelenburg (fig. 3). O índice de trabalho sistólico do ventrículo esquerdo aumentou 35% e o índice de trabalho sistólico do ventrículo direito quase 65% na primeira medição de Trendelenburg ($P=0,05$).

Ecocardiografia

Não houve alterações estatisticamente significativas nas dimensões do coração (diâmetro atrial direito, área diastólica final ou sistólica final do ventrículo esquerdo) durante a investigação (fig. 4). As velocidades de fluxo sobre a valva mitral foram influenciadas apenas durante as medidas na posição de Trendelenburg, o que aumentou a velocidade máxima de fluxo de enchimento precoce em 25% em comparação com o pneumoperitônio ($P=0,05$) (Tabela 2). No entanto, o gradiente de pressão correspondente, calculado de acordo com a equação simplificada de Bernoulli, foi de -0,5 mm Hg. A velocidade máxima do fluxo de contração atrial não foi afetada durante todo o estudo. Uma IVRT prolongada e correlacionada à idade²⁵ já estava presente na primeira medição sem maiores alterações durante o estudo. DT estava dentro da normalidade para a faixa etária²⁵ e não mudou entre as medições. O fluxo da veia pulmonar superior esquerda não se alterou. A posição e o movimento do septo atrial foram observados em todos os pacientes e, além do movimento normal observado durante o ciclo cardíaco, nenhum desvio para nenhum dos lados foi observado ao longo do estudo, implicando pressões essencialmente iguais nos átrios direito e esquerdo. Os dados de todos os pontos de medição foram obtidos em 8 pacientes.

Ventilação, troca gasosa e distribuição de ventilação-perfusão

A ventilação controlada por volume garantiu um volume corrente estável (Tabela 1). As pressões inspiratórias máximas e médias foram aumentadas pelo pneumoperitônio, 46% e 28% ($P=0,001$), e aumentaram ainda mais após o posicionamento de Trendelenburg em 20% e 11%, respectivamente (P não significativo). Pneumoperitônio e a posição de Trendelenburg causaram uma diminuição gradual na complacência pulmonar total de 60 para 28 mL · cm Hz^{-1} ($P=0,001$ e $P=0,05$).

Com o estabelecimento do pneumoperitônio, Pa O_2 aumentou 24% para 146 mm Hg ($P=0,05$) (Tabela 1). ETCO $_2$ aumentou durante a posição de Trendelenburg e após o término da cirurgia ($P=0,01$), enquanto Paco $_2$ estava estável. O equilíbrio ácido-base do sangue arterial foi normal durante todo o estudo.

O shunt pulmonar era de 6,4% antes do pneumoperitônio (Tabela 1) e permaneceu inalterado durante o estudo, variando

Tabela 1. Dados hemodinâmicos, ventilatórios e de trocas gasosas

	Pneumoperitônio									
	Horizontal		Pneumo		Tendência 5		Tendência 45		Pós-cirurgia	
Hemodinâmica										
Frequência cardíaca, min. ⁻¹	56	11	59	12	55	8	59	12	69	11*
SV, mL	71	31	67	29	82	27	82	36	77	35
Débito cardíaco, L · min. ⁻¹	3,8	0,8	3,8	2,7	4,5	0,8	4,7	1,1	5,2	0,7†
PAM, mmHg	64	7	81	13‡	86	11§	80	12	62	11
PMAP, mmHg	15	2	19	4‡	30	7§	27	5-	14	3¶#
PCP, mm Hg	10	3	12	4	22	6§	18	5-	6	3¶#
PVC, mmHg	9	2	12	3	21	5§	18	5-	5	3¶#
SVR, dinas · min. ⁻¹ · s ⁻⁵	1222	370	1481	376	1198	293	1118	335	903	266¶
PVR, dinas · min. ⁻¹ · s ⁻⁵	117	46	141	51	132	82	137	56	118	46
LVSWI, g · m ⁻¹ · m ⁻²	29	14	35	16	46	15‡	43	26‡	31	22††
RVSWI, g · m ⁻¹ · m ⁻²	6,9	3,0	8,5	5,8	16,1	7,9‡	14,6	10,9‡	7,1	6,2**
Troca gasosa										
FIO ₂	0,38	0,03	0,38	0,04	0,37	0,04	0,38	0,04	0,36	0,02
PaCO ₂ , mmHg	118,5	28,3	146,3	23,8‡	138,0	31,0	133,5	31,5	119,3	24,8
PaCO ₂ , mmHg	40,5	2,8	43,5	5,7	45,8	4,4	45,8	5,2	47,3	3,1
CO final da maré ₂ , mm	32,3	2,2	33,8	2,1	37,5	2,4‡	36,8	3,0‡	39,0	4,0‡
Hg Ventilação										
Frequência respiratória, min. ⁻¹	10	0,7	10	1,1	10	1,1	11	1,4	11	3,2
Volume corrente, mL	615	63	613	60	612	63	624	54	611	53
Pressão inspiratória de pico, cm H ₂ O	15	3	22	5§	27	7§	27	6§	18	5
Pressão inspiratória média, cm H ₂ O	7	1	9	2§	10	2§	10	2§	7	2
Conformidade O ₂ , mL · cm H ₂ O ⁻¹	60,2	11,5	35,8	6,3§	28,0	6,1§	28,0	6,3§	51,9	12,8
Distribuição ventilação-perfusão										
Derivação, %	6,4	5,0	3,8	2,1	4,7	3,2	6,7	4,4		
Espaço morto, %	39,1	7,3	36,3	6,9	36,2	4,6	33,8	5,0		
Mistura venosa, %	15,0	11,0	13,9	12,3	21,0	17,1	18,5	13,3		
LogSDQ	0,71	0,34	0,64	0,33	0,68	0,29	0,72	0,35		
LogSDV	0,52	0,11	0,65	0h30	0,62	0,15	0,68	0,27		

Os dados são expressos como médias

SD; n = 16 exceto a última medição, para a qual n =

8.

Pressão venosa central da PVC; FIO₂ fração inspirada de oxigênio; índice de trabalho sistólico do ventrículo esquerdo LVSWI; pressão arterial média; MPAP pressão arterial pulmonar; Resistência Pressão capilar pulmonar PAM; resistência vascular pulmonar PVR; RVSWI significar pressão arterial pulmonar PCWP SVR.

* Significativamente diferente de Horizontal e Tendência 5, P < 0,05. †

Significativamente diferente de Horizontal e Pneumo, P < 0,05. ‡

Significativamente diferente de Horizontal, P < 0,05.

§ Significativamente diferente de Horizontal e Pós-cirurgia, P < 0,01.

- Significativamente diferente de Horizontal, P < 0,01 e Pós-cirurgia, P < 0,05. ¶

Significativamente diferente de Pneumo, P < 0,05.

Significativamente diferente da Tendência 45, P < 0,05.

** Significativamente diferente da Tendência 5 e Tendência 45, P < 0,05. ††

Significativamente diferente da Tendência 5, P < 0,05.

entre 3,8% e 6,6%. A mistura venosa não se alterou e o espaço morto permaneceu estável. Nem o pneumoperitônio nem a posição de Trendelenburg influenciaram o log SDQ, o log SDV ou a diferença de saturação alvéolo-arterial de oxigênio, portanto a distribuição ventilação-perfusão permaneceu inalterada.

Medidas pós-operatórias

Nos 8 pacientes estudados na posição horizontal após conclusão da cirurgia e exsuflação (Tabela 1), foi observado padrão hiperdinâmico. Isso durou aproximadamente 20 minutos, conforme evidenciado pelo aumento da FC e DC em comparação com os valores iniciais (23%, P < 0,01, não significativo, e 36%, P < 0,01, respectivamente). A PAM, assim como as pressões de enchimento central, retornaram ao nível basal. ETCO₂, mas não o paCO₂, foi maior após a exsuflação do que no início do estudo (P < 0,01).

DISCUSSÃO

No presente estudo de pacientes com estado físico ASA I a II, foram encontrados aumentos de 2 a 3 vezes nas pressões de enchimento do lado direito e esquerdo durante o pneumoperitônio com posição de Trendelenburg de 45°. O índice de enchimento ventricular esquerdo,

PCWP, estava em um nível observado durante a insuficiência cardíaca (PCWP - 18 mm Hg).¹⁴ Hipertensão pulmonar, com pressão sistólica da artéria pulmonar superior a 35 mm Hg,²⁶ foi registrada em 75% dos pacientes. Além disso, as pressões de enchimento do lado direito (CVP) e do lado esquerdo (PCWP) foram quase iguais. A pressão arterial sistêmica também aumentou, mas não houve alteração no DC. Durante a PRRA com inclinação de cabeça para baixo menos pronunciada, 30°, a PVC aumentou moderadamente (50%),¹⁸⁻²⁰ aumentando para o mesmo nível do presente estudo.²¹ A pressão de enchimento do lado esquerdo (PCWP) não foi medida durante o RALRP.

Normalmente, as pressões nos átrios direito e esquerdo são quase iguais, o que se reflete na posição mediana do septo atrial. Essa posição septal normal foi encontrada em todos os pontos de medição, e também houve boa correlação entre os aumentos da PVC e da PCWP. Ambos os factores apoiam indirectamente que o PCWP actualmente medido estava de facto neste nível elevado. No entanto, a extensão em que as pressões de enchimento acentuadamente aumentadas se correlacionam com gradientes de pressão transmurais aumentados ou inalterados durante o pneumoperitônio e a posição de Trendelenburg não é

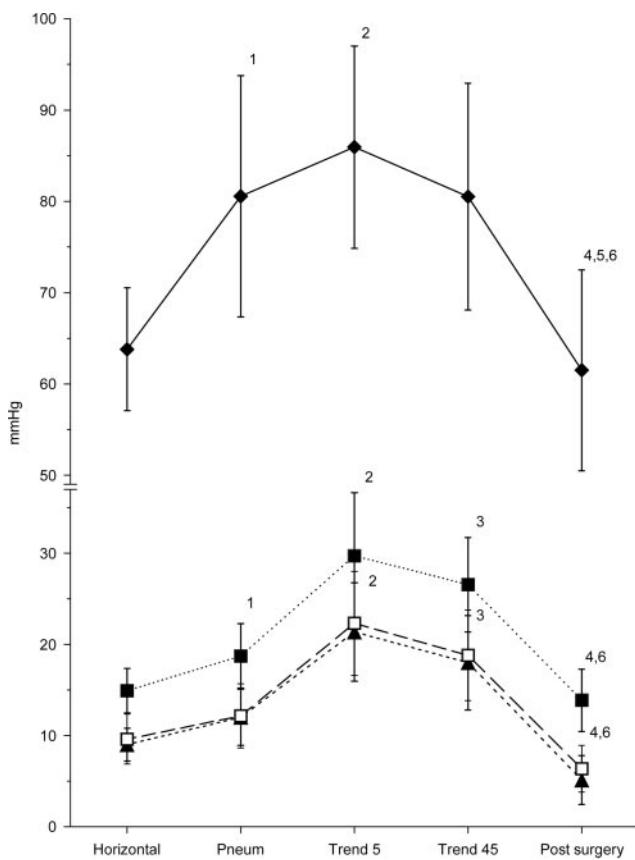


Figura 1. Pressões arteriais, médias e desvio padrão, em diferentes situações. - pressão arterial sistêmica média; f significar pressão arterial pulmonar; Epressão de oclusão capilar pulmonar; pressão venosa central; 1 significativamente diferente de Horizontal, $P=0,05$; 2 significativamente diferente de Horizontal, $P=0,01$ e Pós-cirurgia, $P=0,01$; 3 significativamente diferente de Horizontal, $P=0,01$ e Pós-cirurgia, $P=0,05$; 4 significativamente diferente do Pneumo, $P=0,05$; 5 significativamente diferente da Tendência 5, $P=0,01$; 6 significativamente diferente da Tendência 45, $P=0,05$.

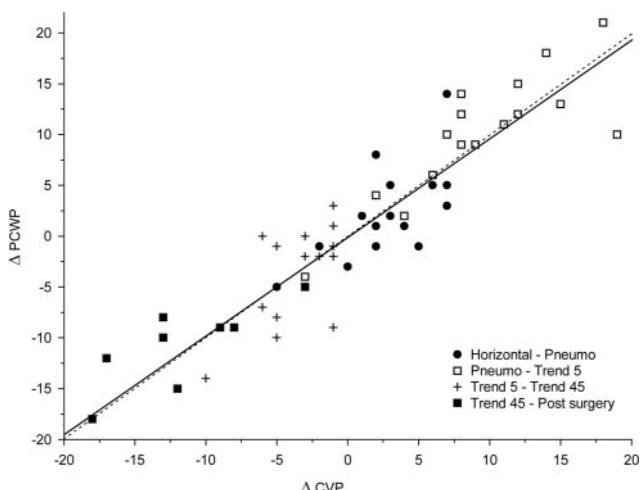


Figura 2. Correlação das alterações da pressão venosa central (PVC) e da pressão capilar pulmonar (PCP) entre diferentes situações de medição. Equação de regressão todos os pontos PCWP
 $PVC - 0,9706 \Delta PVC + 0,2054, R^2 = 0,92, R = 0,85, P < 0,000$. Pontilhado é a linha de identidade; linha contínua é a linha de regressão.

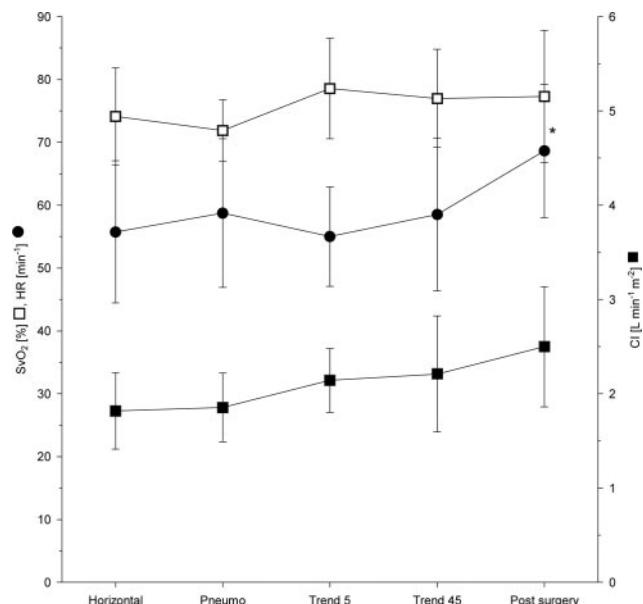


Figura 3. Saturação venosa mista de oxigênio (Sv_{O_2}); F taxa cardíaca (FC); efíndice cardíaco (IC), médias e desvio padrão. * O RH aumentou significativamente em comparação com Horizontal, $P=0,05$.

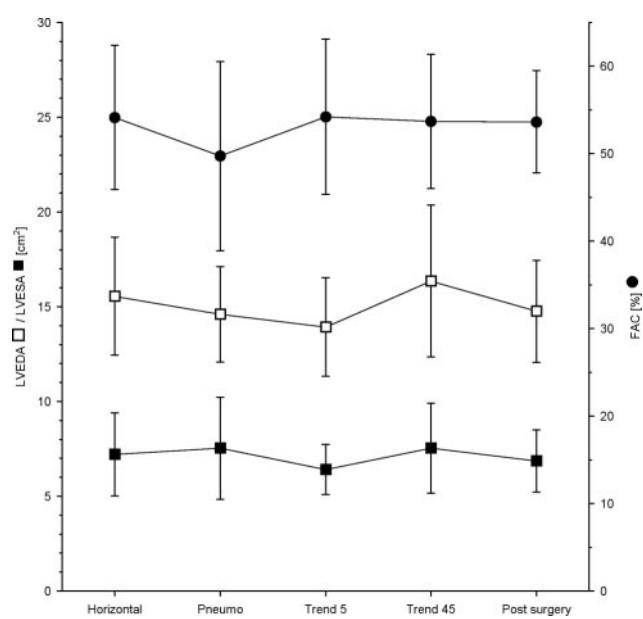


Figura 4. Área diastólica final do ventrículo esquerdo (ADVE); área sistólica final ventricular (ESAVE); eF mudanças área fracionária (FAC), médias e desvio padrão; n dados 8 pacientes com ecocardiográficos em todos os pontos de medição.

conhecido. O uso da ecocardiografia impediu a mensuração da pressão esofágica como estimativa da pressão intratorácica.

O aumento das pressões de enchimento durante o pneumoperitônio e na posição de Trendelenburg não produziu alteração nas áreas transversais do ventrículo esquerdo, seja sistólica ou diastólica. A dimensão atrial direita também permaneceu inalterada. No entanto, os cálculos de área foram feitos a partir de apenas um plano transversal. Isto pode não ter sido suficiente para

Tabela 2. Ecocardiografia Transesofágica, Parâmetros Selecionados

	Pneumoperitônio				
	Horizontal	Pneumo	Tendência 5	Tendência 45	Pós-cirurgia
RAD, cm ²	5,2 0,7	5,3 0,7	5,4 0,7	5,4 0,6	5,5 0,5
Emáx, m - s ⁻¹	0,49 0,13	0,47 0,16	0,60 0,18*	0,61 0,16*	0,58 0,17
Amáx, senhorita ⁻¹	0,36 0,09	0,40 0,15	0,46 0,18	0,49 0,17*	0,51 0,15*
VPLV SD%	59,6 8,4	70,2 4,4	64,1 5,5	68,3 3,2	71,7 5,0
IVRT, senhora	117 18	114 17	112 18	105 11	106 11
DT, senhora	217 59	217 63	197 60	201 56	193 62

Os dados são expressos como médias

SD; n

8, o número de pacientes em que a variável pôde ser medida em todos os pontos.

RAD área atrial direita; Relação Emáx sistólica máxima do fluxo de enchimento inicial; Amáx diastólica em porcentagem; TRIV tempo de relaxamento isovolumétrico; DT

velocidade máxima do fluxo de contração atrial; LUPV SD% tempo de desaceleração.

velocidades pulmonares superiores esquerdas

* Significativamente diferente da medição horizontal, P<0,05.

registram uma alteração no volume das câmaras cardíacas, embora a falta de distensão do coração durante a posição de Trendelenburg tenha sido confirmada por outros em voluntários saudáveis acordados²⁷ durante a laparoscopia.^{23,28} Uma medição verdadeira do volume cardíaco não foi realizada em nenhum desses estudos. Explicações provisórias poderiam ser um efeito do pericárdio não permitir uma distensão rápida, em segundos ou minutos,²⁹ ou atribuível ao aumento das pressões intratorácicas, impedindo o aumento do volume cardíaco. A fisiologia da posição de Trendelenburg éngreme com tórax fechado e a complexa interação entre pressões intraabdominais e intratorácicas e volume sanguíneo, pressões de enchimento cardíaco, volumes intracardíacos e pressões ventilatórias no espaço restrito da cavidade torácica ainda não foram caracterizadas. Para esclarecer essas relações, ainda é necessário realizar a medida dos volumes cardíacos, preferencialmente por ecocardiografia tridimensional, juntamente com a medida da pressão intratorácica.

As medições de CO por termodiluição em bolus confirmaram achados anteriores de CO inalterado durante RALRP com posição de Trendelenburg de 30° a 45°.^{20,22} Pressões de enchimento aumentadas resultariam, de acordo com a equação de Starling, em um SV maior. O VS aumentou ligeiramente na posição de Trendelenburg. No entanto, isto foi contrabalançado por mudanças no RH, o que também foi demonstrado por outros.²³ A tensão no coração, expressa como índice de trabalho sistólico do lado direito e esquerdo, aumentou: o índice de trabalho sistólico do ventrículo direito em quase 65% durante o pneumoperitônio e a posição de Trendelenburg, e o índice de trabalho sistólico do ventrículo esquerdo em menor grau. Na ausência de distensão ventricular esquerda, o aumento foi causado apenas pelo aumento da pressão de enchimento.

A função ventricular diastólica esquerda, medida por DT e TRIV, não foi afetada pelo pneumoperitônio e pela mudança de posição. Porém, um ligeiro prolongamento do TRIV já foi observado após a indução da anestesia, com TD normal, portanto alguma anormalidade de relaxamento diastólico estava presente em nossos pacientes.²⁵ Em contrapartida, Russo et al.²³ mostraram DT e TRIV prolongados em mulheres com estado físico ASA I durante inclinação de cabeça para baixo para histerectomia laparoscópica, mas diferenças de sexo, idade, anestesia e procedimento cirúrgico entre os dois estudos tornam as comparações difíceis. Antes de iniciar nosso estudo, não esperávamos encontrar o atual aumento das pressões de enchimento do lado esquerdo. Com os resultados em mãos, é claramente uma limitação que o estudo não tenha sido desenhado para investigar mais detalhadamente a função ventricular esquerda diastólica e sistólica.

Os resultados de CO inalterado, fração de ejeção (mudança de área fracionária) e Sv-ó₂na presença de aumento

A carga de trabalho sugere que o desempenho cardíaco durante o pneumoperitônio e a posição de Trendelenburg a 45° foi mantido nesses homens relativamente saudáveis, com idades entre 49 e 71 anos. Isto provavelmente reflete que esses pacientes tinham reserva cardíaca suficiente, possivelmente pela capacidade de aumentar a força contrátil cardíaca, para compensar o aumento da pressão de trabalho. No entanto, em pacientes com função cardíaca pré-operatória comprometida, este aumento substancial na pré-carga poderia precipitar insuficiência cardíaca evidente durante a intervenção. Numa tal situação, não é certo que o retorno do paciente à posição horizontal seja suficiente para restaurar a função cardíaca normal do paciente.

Durante o pneumoperitônio, a diminuição da complacência³⁰ requer aumento das pressões nas vias aéreas para manter um volume corrente adequado (6 – 8 mL · kg⁻¹). Este também foi o caso do presente estudo, onde a adesão diminuiu para aproximadamente 50% do valor inicial. Houve um aumento transitório em PaO₂ durante o pneumoperitônio, que foi descrito anteriormente,³¹⁻³⁵ provavelmente refletindo uma melhora do descompasso ventilação/perfusão causado pela anestesia geral.³⁶ Previmos uma melhoria adicional da posição de Trendelenburg pela redistribuição da perfusão e da ventilação: mais ventilação para regiões pulmonares atelectásicas basais e aumento da perfusão para regiões pulmonares apicais e bem ventiladas, resultando em uma distribuição ventilação-perfusão mais uniforme. Entretanto, o pequeno shunt durante a anestesia geral e o pneumoperitônio em nossos pacientes não nos permitiu demonstrar qualquer efeito positivo da posição de Trendelenburg.

As implicações clínicas dos presentes achados ainda não são claras. D'Alonzo et al.⁶ mostraram baixa frequência de complicações circulatórias maiores em pacientes com estado físico ASA I a II, e não houve eventos adversos em nossos pacientes; entretanto, relatos de complicações cardíacas, incluindo morte durante e após RALRP, estão se acumulando.¹⁻⁵ Com base nos dados atuais, não é possível identificar fatores de risco pré-operatórios específicos relacionados ao paciente.

Concluindo, a hipótese de diminuição do DC durante o pneumoperitônio e posição de Trendelenburg 45° não pôde ser verificada. Apesar dos aumentos de 2 a 3 vezes nas pressões de enchimento, o desempenho cardíaco não foi afetado nos pacientes com estado físico ASA I a II. Mais estudos sobre a resposta hemodinâmica à PRRA com pneumoperitônio e posição de Trendelenburg 45° em pacientes com estado físico ASA I a II, bem como em pacientes com doença cardíaca são necessários para esclarecer a fisiologia e estabelecer corretamente o risco perioperatório para diferentes grupos de pacientes.

REFERÊNCIAS

- Hong JY, Oh YJ, Rha KH, Park WS, Kim YS, Kil HK. Edema pulmonar após prostatectomia radical laparoscópica assistida por da Vinci: relato de caso. *J Clin Anesth* 2010;22:370 – 2
- Coelho RF, Palmer KJ, Rocco B, Moniz RR, Chauhan S, Orvieto MA, Coughlin G, Patel VR. Taxas de complicações precoces em uma série de 2.500 prostatectomias radicais assistidas por robô com um único cirurgião: relatório sobre a aplicação de um sistema de classificação padronizado. *Eur Urol* 2010;57:945–57
- Thompson J. Infarto do miocárdio e subsequente morte em paciente submetido à prostatectomia robótica. *AANAJ* 2009; 77:365–71
- Lasser MS, Renzulli JJ, Turini GA III, Halebian G, Sax HC, Pareek G. Um relatório prospectivo imparcial de complicações perioperatórias de prostatectomia radical laparoscópica assistida por robô. *J Urol* 2010;75:1083–9
- Lebeau T, Rouprêt M, Ferhi K, Chartier-Kastler E, Richard F, Bitker MO, Vaessen C. Avaliando as complicações da cirurgia laparoscópica assistida por robô: o caso da prostatectomia radical. *Surg Endosc* (no prelo)
- D'Alonzo RC, Gan TJ, Moul JW, Albala DM, Polascik TJ, Robertson CN, Sun L, Dahm P, Habib AS. Uma comparação retrospectiva do manejo anestésico da prostatectomia radical laparoscópica assistida por robô versus prostatectomia radical retropúbica. *J Clin Anesth* 2009;21:322–8
- Odeberg S, Ljungqvist O, Svenberg T, Gannendahl P, Bäckdahl M, von Rosen A, Sollevi A. Efeitos hemodinâmicos do pneumoperitônio e a influência da postura durante a anestesia para cirurgia laparoscópica. *Acta Anestesiol Scand* 1994;38:276 – 83
- Gannendahl P, Odeberg S, Brodin LÅ, Sollevi A. Efeitos da postura e do pneumoperitônio durante a anestesia nos índices de enchimento ventricular esquerdo. *Acta Anestesiol Scand* 1996;40:160–6
- Koivusalo AM, Kellokumpu I, Scheinin M, Tikkainen I, Mäkitalo H, Lindgren L. Uma comparação entre métodos mecânicos sem gás e pneumoperitônio convencional com dióxido de carbono para colecistectomia laparoscópica. *Anesth Analg* 1998;86:153–8
- Myre K, Rostrup M, Buanes T, Stokland O. Catecolaminas plasmáticas e alterações hemodinâmicas durante o pneumoperitônio. *Acta Anestesiol Scand* 1998;42:343–7
- Harris SN, Ballantyne GH, Luther MA, Perrino AC Jr. Alterações do desempenho cardiovascular durante a colectomia laparoscópica: uma análise hemodinâmica e ecocardiográfica combinada. *Anesth Analg* 1996;83:482–7
- Feig BW, Berger DH, Dougherty DB, Dupuis JF, Bartolomeu H, Hickey RC, Ota DM. A intervenção farmacológica pode restabelecer os parâmetros hemodinâmicos basais durante a laparoscopia. *Cirurgia* 1994;116:733–41
- Portera CA, Compton RP, Walters DN, Browder IW. Benefícios do cateter de artéria pulmonar e da monitorização ecocardiográfica transesofágica em pacientes com colecistectomia laparoscópica com doença cardíaca. *Sou J Surg* 1995;169:202–7
- Nieminen MS, Böhm M, Cowie MR, Drexler H, Filippatos GS, Jondeau G, Hasin Y, Lopez-Sendon J, Mebazaa A, Metra M, Rhodes A, Swedberg K, Priori SG, Garcia MA, Blanc JJ, Budaj A, Cowie MR, Dean V, Deckers J, Burgos EF, Lekakis J, Lindahl B, Mazzotta G, Morais J, Oto A, Smiseth OA, Garcia MA, Dickstein K, Albuquerque A, Conthe P, Crespo-Leiro M, Ferrari R, Follath F, Gavazzi A, Janssens U, Komajda M, Morais J, Moreno R, Singer M, Singh S, Tendera M, Thygesen K; Comitê ESC para Diretrizes Práticas (CPG). Resumo executivo das diretrizes sobre o diagnóstico e tratamento da insuficiência cardíaca aguda: Grupo de Trabalho sobre Insuficiência Cardíaca Aguda da Sociedade Europeia de Cardiologia. *Eur Coração J* 2005;26:384–416
- Joris JL, Noirot DP, Legrand MJ, Jacquet NJ, Lamy ML. Alterações hemodinâmicas durante a colecistectomia laparoscópica. *Anesth Analg* 1993;76:1067–71
- Meininger D, Byhahn C, Bueck M, Binder J, Kramer W, Kessler P, Westphal K. Efeitos do pneumoperitônio prolongado na hemodinâmica e no equilíbrio ácido-base durante prostatectomias radicais assistidas por robô totalmente endoscópicas. *Mundial J Surg* 2002;26:1423–7
- Meininger D, Byhahn C, Wolfram M, Mierdl S, Lessler P, Westphal K. Insuflações intraperitoneais versus extraperitoneais prolongadas de dióxido de carbono em pacientes submetidos a tratamento totalmente prostatectomia radical endoscópica assistida por robô. *Surg Endosc* 2004;18:829 – 33
- Meininger D, Byhahn C, Mierdl S, Westphal K, Zwissler B. A pressão expiratória final positiva melhora a oxigenação arterial durante pneumoperitônio prolongado. *Acta Anestesiol Scand* 2005;49:778 – 83
- Meininger D, Zwissler B, Byhahn C, Probst M, Westphal K, Bremerich DH. Impacto do excesso de peso e do pneumoperitônio na hemodinâmica e na oxigenação durante cirurgia laparoscópica prolongada. *Mundial J Surg* 2006;30:520 – 6
- Meininger D, Westphal K, Bremerich DH, Runkel H, Probst M, Zwissler B, Byhahn C. Efeitos da postura e pneumoperitônio prolongado nos parâmetros hemodinâmicos durante a laparoscopia. *Mundial J Surg* 2008;32:1400 – 5
- Hong JY, Lee SJ, Rha KH, Roh GU, Kwon SY, Kil HK. Efeitos da analgesia peridural torácica combinada com anestesia geral na ventilação/oxigenação intraoperatória e complicações pulmonares pós-operatórias em prostatectomia radical laparoscópica assistida por robô. *J Endorol* 2009;23:1843–9
- Falabella A, Moore-Jeffries E, Sullivan MJ, Nelson R, Lew M. Função cardíaca durante posição íngreme de Trendelenburg e CO₂pneumoperitônio para prostatectomia assistida por robô: um estudo com sonda Doppler transesofágica. *Int J Med Robot* 2007;3:312–5
- Russo A, Marana E, Viviani D, Polidori L, Colicci S, Mettimano M, Proietti R, Di Stasio E. Função diástólica: a influência do pneumoperitônio e do posicionamento de Trendelenburg durante a histerectomy laparoscópica. *Eur J Anestesiol* 2009;26:923–7
- Wagner PD, Saltzman HA, West JB. Medição de distribuições contínuas de relações ventilação-perfusão: teoria. *J Appl Physiol* 1974;36:588–99
- Grupo Europeu de Estudos sobre Insuficiência Cardíaca Diastólica. Como diagnosticar insuficiência cardíaca diastólica. *Eur Coração J* 1998;19:990 – 1003
- Lam CSP, Borlaug BA, Kane GC, Enders FT, Rodeheffer RJ, Redfield MM. Aumentos associados à idade na pressão sistólica da artéria pulmonar na população em geral. *Circulação* 2009;119:2663–70
- Bundgaard-Nielsen M, Sorensen H, Dalsgaard M, Rasmussen P, Secher NH. Relação entre volume sistólico, débito cardíaco e enchimento do coração durante a inclinação. *Acta Anestesiol Scand* 2009;53:1324 – 8
- Larsen JF, Svendsen FM, Pedersen V. Ensaio clínico randomizado do efeito do pneumoperitônio na função cardíaca e hemodinâmica durante colecistectomia laparoscópica. *Br J Surg* 2004;91:848 – 54
- Spodick DH. Tamponamento cardíaco agudo. *N Engl J Med* 2003;349:684 – 90
- Andersson L, Bååth M, Thörne A, Odeberg-Wernerman S. Efeito do CO₂pneumoperitônio no desenvolvimento de atelectasias durante anestesia. *Anestesiologia* 2005;102:293–9
- Domke N, Sigismundo K, Held HJ. O comportamento da pressão venosa central e do equilíbrio ácido-base durante a laparoscopia ginecológica [em alemão]. *Zentralbl Gynakol* 1988;110:1437–42
- Kelman GR, Swapp GH, Smith I, Benzie RJ, Gordon NLM. Débito cardíaco e tensão gasométrica arterial durante laparoscopia. *Ir J Anaesth* 1972;44:1155–62
- Odeberg S, Sollevi A. Pneumoperitônio para cirurgia laparoscópica não aumenta a mistura venosa. *Eur J Anestesiol* 1995;12:541–8
- Andersson L, Lagerstrand L, Thörne A, Sollevi A, Brodin LÅ, Odeberg-Wernerman S. Efeito do CO₂pneumoperitônio nas relações ventilação-perfusão durante colecistectomia laparoscópica. *Acta Anestesiol Scand* 2002;46:552–60
- Andersson L, Lindberg G, Bringman S, Ramel S, Anderberg B, Odeberg-Wernerman S. Pneumoperitônio versus elevação da parede abdominal: efeitos na hemodinâmica central e na pressão intratorácica durante a colecistectomia laparoscópica. *Acta Anestesiol Scand* 2003;47:838 – 46
- Tokics L, Strandberg Å, Brismar B, Lundquist H, Hedenstierna G. Colapso pulmonar e trocas gasosas durante anestesia geral: efeitos da respiração espontânea, paralisia muscular e pressão expiratória final positiva. *Anestesiologia* 1987;66:157–67