



Acurácia da ausculta torácica na detecção de mecânica respiratória anormal no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca

Glaciele Xavier^{1,2,a}, César Augusto Melo-Silva^{1,3,b},
Carlos Eduardo Ventura Gaio dos Santos^{1,4,c}, Veronica Moreira Amado^{1,4,d}

1. Laboratório de Fisiologia Respiratória, Universidade de Brasília, Brasília (DF) Brasil.
 2. Instituto de Cardiologia do Distrito Federal, Brasília (DF) Brasil.
 3. Divisão de Fisioterapia, Hospital Universitário de Brasília, Brasília (DF) Brasil.
 4. Divisão de Pneumologia, Hospital Universitário de Brasília, Brasília (DF) Brasil.
- a. <http://orcid.org/0000-0002-6098-0747>
b. <http://orcid.org/0000-0002-3544-6999>
c. <http://orcid.org/0000-0001-9621-2443>
d. <http://orcid.org/0000-0003-4253-4935>

Recebido: 23 janeiro 2018.
Aprovado: 7 dezembro 2018.

Trabalho realizado na Unidade de Terapia Intensiva de Cirurgia Cardíaca, Instituto de Cardiologia do Distrito Federal, Brasília (DF) Brasil.

INTRODUÇÃO

A ausculta torácica realizada com o estetoscópio (acústico) tradicional é um método prático e barato de diagnosticar e monitorar anormalidades do sistema respiratório na prática clínica.⁽¹⁻³⁾ Embora rotineiramente utilizada por profissionais de saúde para a avaliação de pacientes com distúrbios cardiopulmonares, a ausculta torácica apresenta algumas limitações importantes: é uma ferramenta subjetiva; requer boa acuidade auditiva e alto nível de experiência por parte do profissional de saúde para detectar sons adventícios⁽⁴⁾; a nomenclatura para sons respiratórios não é padronizada⁽⁵⁾; os estetoscópios acústicos não são instrumentos ideais para detectar sons respiratórios, pois podem modificar sons dentro do espectro de interesse clínico⁽⁶⁾; e há uma significativa variabilidade interobservador.⁽⁷⁾ Apesar dessas limitações, a ausculta torácica atualmente é aplicada para avaliar a função respiratória de pacientes sob ventilação mecânica, e os achados são, portanto, empregados no processo de tomada de decisão para o atendimento dos pacientes. No entanto, sons respiratórios anormais podem não ser reflexo de função respiratória comprometida ou de mecânica respiratória anormal, e anormalidades na

RESUMO

Objetivo: Investigar a acurácia da ausculta torácica na detecção de mecânica respiratória anormal. **Métodos:** Foram avaliados 200 pacientes sob ventilação mecânica no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca. Foi avaliada a mecânica do sistema respiratório — complacência estática do sistema respiratório ($C_{\text{est},sr}$) e resistência do sistema respiratório (R_{sr}) — e, em seguida, dois examinadores independentes, que desconheciam os dados referentes à mecânica do sistema respiratório, realizaram a ausculta torácica. **Resultados:** Nem murmúrio vesicular diminuído/abolido nem crepitações foram associados à $C_{\text{est},sr}$ reduzida (≤ 60 ml/cmH₂O), independentemente do examinador. A acurácia global da ausculta torácica foi de 34,0% e 42,0% para os examinadores A e B, respectivamente. A sensibilidade e a especificidade da ausculta torácica para a detecção de murmúrio vesicular diminuído/abolido e/ou crepitações foi de 25,1% e 68,3%, respectivamente, para o examinador A, versus 36,4% e 63,4%, respectivamente, para o examinador B. Com base nos julgamentos feitos pelo examinador A, houve uma fraca associação entre R_{sr} aumentada (≥ 15 cmH₂O/l/s) e roncos e/ou sibilos ($\phi = 0,31$, $p < 0,01$). A acurácia global para a detecção de roncos e/ou sibilos foi de 89,5% e 85,0% para os examinadores A e B, respectivamente. A sensibilidade e a especificidade para a detecção de roncos e/ou sibilos foi de 30,0% e 96,1%, respectivamente, para o examinador A, versus 10,0% e 93,3%, respectivamente, para o examinador B. **Conclusões:** A ausculta torácica não parece ser um método diagnóstico acurado para a detecção de mecânica respiratória anormal em pacientes sob ventilação mecânica no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca.

Descritores: Testes diagnósticos de rotina; Exame físico; Sons respiratórios; Mecânica respiratória; Acurácia dos dados; Respiração artificial.

mecânica respiratória não necessariamente se traduzem em sons audíveis. Portanto, a ausculta torácica pode não fornecer informações acuradas sobre as propriedades mecânicas do sistema respiratório.

Levantamos a hipótese de que os achados da ausculta torácica não apresentariam associação com as propriedades mecânicas do sistema respiratório em pacientes sob ventilação mecânica. Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar a acurácia da ausculta torácica como método diagnóstico para detectar anormalidades na mecânica respiratória em pacientes sob ventilação mecânica no pós-operatório de cirurgia cardíaca.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo transversal realizado na UTI de Cirurgia Cardíaca do Instituto de Cardiologia do Distrito Federal, em Brasília (DF) Brasil. O comitê de ética em pesquisa da instituição aprovou o protocolo do estudo, e todos os pacientes avaliados assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes de serem submetidos à cirurgia.

Dentre os pacientes adultos consecutivos submetidos a cirurgia cardíaca entre janeiro de 2013 e dezembro de

Endereço para correspondência:

César Augusto Melo-Silva. Laboratório de Fisiologia Respiratória, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, CEP 70910-900, Brasília, DF, Brasil.
Tel.: 55 61 98164-2100. E-mail: cesarmelo@unb.br
Apoio financeiro: Nenhum.

2013, 200 foram recrutados para participar do estudo. Foram aplicados os seguintes critérios de inclusão: ter sido submetido a cirurgia cardíaca para tratamento definitivo ou paliativo da cardiopatia, com ou sem circulação extracorpórea; apresentar pontuação igual a 6 na escala de sedação de Ramsay; necessitar de ventilação mecânica contínua (modo controlado a volume ou a pressão); e não estar em uso de nenhuma medicação vasoativa no momento da coleta de dados. Foram excluídos os pacientes que não quiseram participar do protocolo, os que foram enviados à UTI com o tórax aberto e aqueles nos quais o processo de desmame ventilatório já havia sido iniciado. O delineamento do estudo é apresentado na Figura 1.

Protocolo

Após os primeiros 20 min do pós-operatório imediato, a partir do momento da chegada do paciente à UTI, foram avaliadas as propriedades mecânicas do sistema respiratório, e, em seguida, foi realizada a ausculta torácica. As propriedades mecânicas do sistema respiratório foram avaliadas pelo método de oclusão ao final da inspiração,⁽⁸⁾ com os pacientes posicionados em decúbito dorsal e sem disparar o ventilador mecânico (Evita 2 ou Evita 4; Dräger Medical, Lübeck, Alemanha). Os seguintes parâmetros ventilatórios foram utilizados para a avaliação da mecânica do sistema respiratório: ventilação mandatória contínua limitada a volume;

taxa de fluxo inspiratório constante (60 l/min); volume corrente de 8 ml/kg (do peso ideal); *positive end-expiratory pressure* (PEEP, pressão expiratória final positiva) de 8 cmH₂O; FiO₂ suficiente para manter a saturação periférica de oxigênio acima de 95%; e pausa de 3 s ao final da inspiração. Para a detecção de autoPEEP, foi realizada oclusão ao final da expiração.⁽⁹⁾ A complacência estática do sistema respiratório (C_{est,sr}) foi obtida por meio da seguinte fórmula:

$$\text{volume corrente} / \text{pressão de recolhimento elástico} - [\text{PEEP} + \text{auto-PEEP}]$$

Para a obtenção da resistência do sistema respiratório (R_{,sr}), utilizou-se esta fórmula:

$$[\text{pressão de pico inspiratória} - \text{pressão de recolhimento elástico}] / \text{taxa de fluxo}$$

Foram adotados valores de referência para C_{est,sr} e R_{,sr},⁽¹⁰⁾ sendo C_{est,sr} < 60 ml/cmH₂O considerada abaixo do normal e R_{,sr} ≥ 15 cmH₂O/l/s considerada acima do normal.

Após a avaliação da mecânica do sistema respiratório ter sido concluída, a ausculta torácica foi realizada por dois profissionais de saúde em UTI altamente experientes (um médico e um fisioterapeuta), ambos os quais desconheciam os dados referentes à mecânica respiratória e estavam trabalhando de forma independente. A ausculta foi realizada com os pacientes na mesma posição e com os mesmos parâmetros

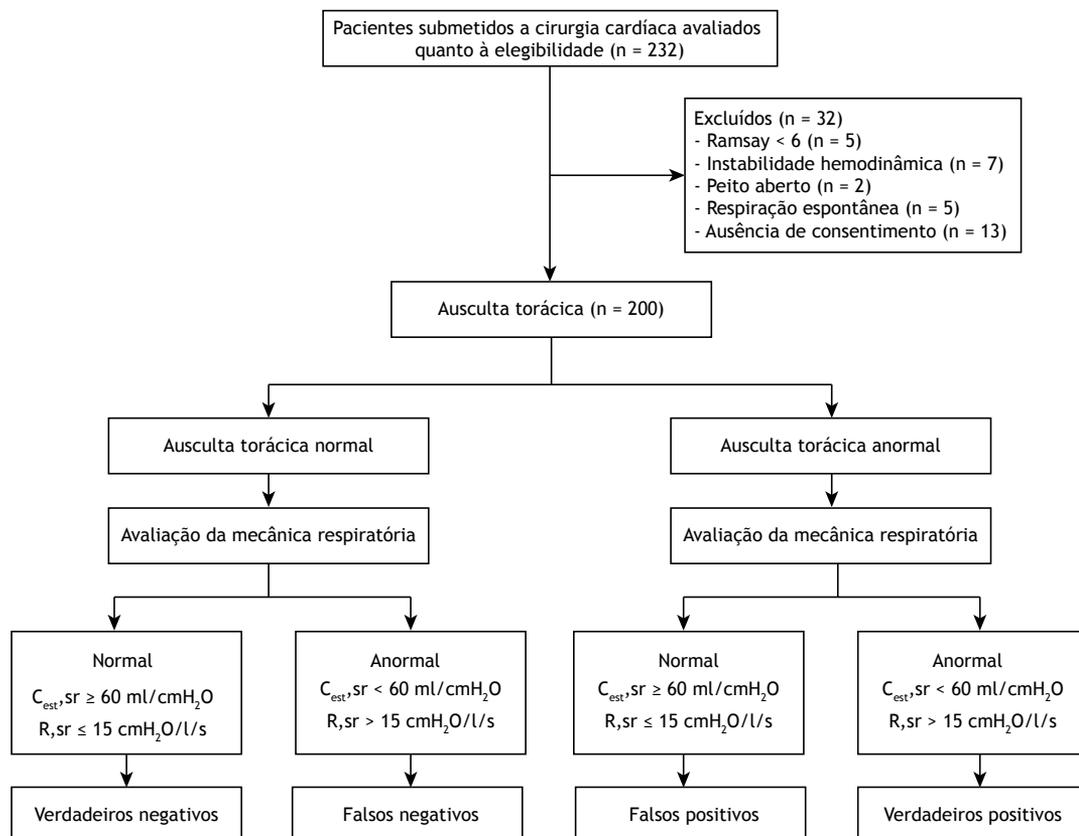


Figura 1. Delineamento do estudo. C_{est,sr}: complacência estática do sistema respiratório; e R_{,sr}: resistência do sistema respiratório.

ventilatórios utilizados na avaliação anterior das propriedades mecânicas do sistema respiratório (sem a pausa ao final da inspiração), e ambos os profissionais utilizaram o mesmo estetoscópio (Littmann Classic II; 3M, St. Paul, MN, EUA). Para garantir a consistência entre os examinadores, a pele foi demarcada, em ambos os lados, nos seguintes locais: na parte superior do tórax, no segundo espaço intercostal, ao longo da linha hemiclavicular; na parte lateral do tórax, entre o quarto e o quinto espaços intercostais, ao longo da linha axilar média; e na parte inferior do tórax, entre o sétimo e o oitavo espaços intercostais, ao longo da linha axilar média.⁽¹¹⁾ Foi considerado achado anormal de ausculta torácica qualquer som anormal (murmúrio vesicular diminuído, crepitações, roncos ou sibilos) ouvido em um ou mais dos seis locais marcados. Como a análise da forma de onda do ventilador mecânico pode influenciar as impressões dos examinadores, enviando assim os resultados da ausculta torácica, os examinadores foram orientados a não olhar para a tela do ventilador mecânico enquanto realizavam a ausculta torácica. Murmúrio vesicular normal ou diminuído e crepitações foram considerados sons relacionados ao parênquima pulmonar ou à parede torácica, enquanto roncos e sibilos foram considerados sons relacionados às vias aéreas.

Análise estatística

O cálculo do tamanho amostral foi realizado por meio do software PASS, versão 11.0 (NCSS, LLC, Kaysville, UT, EUA), com os seguintes parâmetros: sensibilidade do teste diagnóstico de 80%; especificidade do teste diagnóstico de 90%; probabilidade de erro tipo I de 5%; poder do teste diagnóstico de 80% e prevalência de anormalidades na mecânica do sistema respiratório no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca de 60%. Assim, o tamanho amostral mínimo necessário foi determinado como sendo de 178 sujeitos.

O teste t de Student para amostras independentes foi utilizado para determinar se a $C_{est,sr}$ e a R_{sr} eram anormais dependendo de como elas foram classificadas por cada examinador com base nos achados da ausculta torácica. O teste do qui-quadrado ou o teste exato de Fisher foi utilizado para identificar associações entre as variáveis de ausculta torácica e aquelas relacionadas à mecânica respiratória. A acurácia da ausculta torácica na representação das alterações das propriedades mecânicas do sistema respiratório foi expressa em sensibilidade, especificidade, razão de verossimilhança positiva e razão de verossimilhança negativa. O índice kappa de Cohen (κ) foi determinado para avaliar a concordância interobservador na ausculta torácica, e o coeficiente phi (ϕ) foi calculado para testar a força das correlações entre os achados da ausculta e a mecânica respiratória. As variáveis contínuas são expressas em média \pm desvio-padrão, e as variáveis categóricas são expressas em valores absolutos e relativos, salvo indicação em contrário. As análises estatísticas foram realizadas com o pacote estatístico *SPSS Statistics*,

versão 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA), e o nível de significância adotado foi de 5%.

RESULTADOS

Foram avaliados 200 pacientes (116 homens) no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca. Entre os pacientes avaliados, a média de idade foi de $56,9 \pm 11,7$ anos e a média de índice de massa corporal foi de $26,8 \pm 4,1$ kg/m². Os procedimentos cirúrgicos cardíacos e as comorbidades respiratórias dos pacientes são apresentados na Tabela 1.

Na amostra estudada, a $C_{est,sr}$ média foi de $50,1 \pm 18,3$ ml/cmH₂O, e 41 (20,5%) dos 200 pacientes apresentaram valor de $C_{est,sr} \geq 60$ ml/cmH₂O. De acordo com o examinador A, 147 (73,5%) dos pacientes apresentavam sons normais relacionados ao parênquima pulmonar ou à parede torácica, e não houve diferença quanto à $C_{est,sr}$ entre os pacientes nos quais tais sons foram classificados como normais e aqueles nos quais eles foram classificados como anormais ($49,6 \pm 18,3$ ml/cmH₂O vs. $50,9 \pm 22,7$ ml/cmH₂O; $p = 0,65$). O examinador B categorizou 127 (63,5%) dos pacientes como apresentando sons normais relacionados ao parênquima pulmonar ou à parede torácica e não observou diferença significativa na $C_{est,sr}$, independentemente de esses sons terem sido classificados como normais ou anormais na ausculta torácica ($49,7 \pm 18,8$ ml/cmH₂O vs. $50,3 \pm 17,5$ ml/cmH₂O; $p = 0,82$). Os dados da $C_{est,sr}$ referentes ao examinador A e ao examinador B são apresentados nas Figuras 2A e 2B, respectivamente.

Na amostra estudada, a R_{sr} média foi de $9,3 \pm 3,8$ cmH₂O/l/s, e a R_{sr} estava aumentada em 20 (10,0%) dos 200 pacientes. O examinador A constatou que a R_{sr} era significativamente menor nos pacientes com ausculta normal do que naqueles com roncos e/ou sibilos ($9,1 \pm 3,6$ cmH₂O/l/s vs. $12,5 \pm 4,9$ cmH₂O/l/s; $p < 0,01$). O examinador B categorizou 187 (93%) dos pacientes como não apresentando sons relacionados às vias aéreas e não observou diferença significativa na R_{sr} , independentemente de esses sons terem sido classificados como normais ou anormais na ausculta

Tabela 1. Procedimentos cirúrgicos cardíacos e comorbidades respiratórias dos pacientes.

Variáveis	(N = 200)
Procedimentos cirúrgicos cardíacos, n (%)	
Revascularização do miocárdio	139 (69,5)
Substituição valvar cardíaca	50 (25,0)
Plastia aórtica	5 (2,5)
Atrioseptoplastia	3 (1,5)
Plastia valvar cardíaca	2 (1,0)
Ressecção de tumor intracardíaco	1 (0,5)
Comorbidades respiratórias, n (%)	
Nenhuma	141 (70,5)
Dependência de nicotina	52 (26,0)
DPOC	5 (2,5)
Sequelas de tuberculose	2 (1,0)

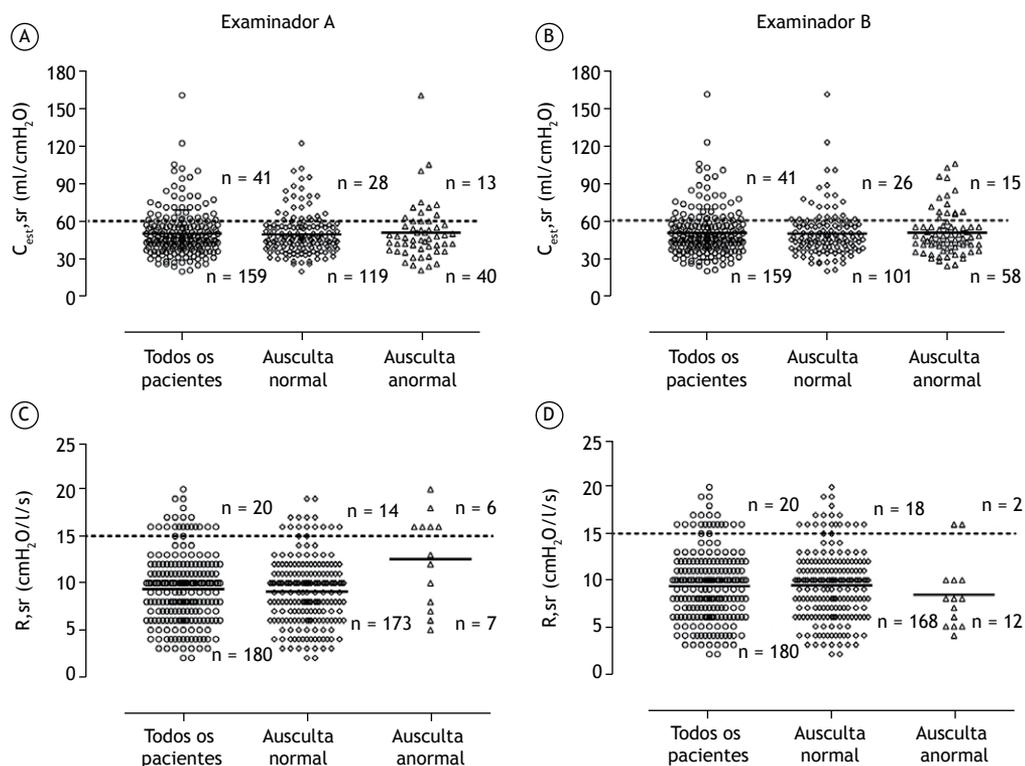


Figura 2. A e B: complacência estática do sistema respiratório ($C_{est,sr}$); C e D: resistência do sistema respiratório (R,sr). Os círculos vazados representam valores individuais de $C_{est,sr}$ e R,sr ; os diamantes vazados representam valores individuais de $C_{est,sr}$ e R,sr quando os examinadores classificaram a ausculta torácica como normal; os triângulos vazados representam valores individuais de $C_{est,sr}$ e R,sr quando os examinadores classificaram a ausculta torácica como anormal; as linhas horizontais pontilhadas marcam os valores de corte para $C_{est,sr}$ (≥ 60 ml/cmH₂O) e R,sr (≤ 15 cmH₂O/L/s); e as linhas horizontais sólidas são os valores médios de $C_{est,sr}$ e R,sr para cada classificação da ausculta torácica.

Tabela 2. Associação entre sons relacionados ao parênquima pulmonar ou à parede torácica e complacência estática do sistema respiratório.

Variável		$C_{est,sr}$ (ml/cmH ₂ O)		p	φ	φ p
		< 60 (n)	≥ 60 (n)			
Murmúrio vesicular diminuído, murmúrio vesicular abolido e/ou crepitações	Examinador A					
	Sim	40	13	0,39	0,03	0,66
	Não	119	28			
	Examinador B					
Sim	58	15	0,99	0	0,99	
Não	101	26				

$C_{est,sr}$: complacência estática do sistema respiratório; e φ: coeficiente phi.

torácica ($9,3 \pm 3,8$ cmH₂O/l/s vs. $8,4 \pm 3,7$ cmH₂O/l/s; $p = 0,35$). Os dados da R,sr referentes ao examinador A e ao examinador B são apresentados nas Figuras 2C e 2D, respectivamente.

Quanto à $C_{est,sr}$, as taxas de falsos positivos foram de 31,7% e 36,5% para os examinadores A e B, respectivamente, contra 74,8% e 63,5%, respectivamente, para as taxas de falsos negativos. Nem murmúrio vesicular diminuído/abolido nem crepitações foram associados à $C_{est,sr}$ reduzida, independentemente do examinador (Tabela 2). Quando murmúrio vesicular diminuído e crepitações foram analisados separadamente, a $C_{est,sr}$ reduzida não foi associada a nenhum dos dois ($p = 0,71$ e $p = 0,37$,

respectivamente, para o examinador A; e $p = 0,39$ e $p = 0,86$, respectivamente, para o examinador B).

Para a R,sr (Tabela 3), os examinadores A e B apresentaram taxas de falsos positivos de 3,8% e 6,6%, respectivamente, e taxas de falsos negativos de 70% e 90%, respectivamente. Como pode ser visto na Tabela 3, houve uma fraca associação positiva entre roncos/sibilos, conforme relatados pelo examinador A, e R,sr aumentada ($\phi = 0,31$; $p < 0,01$), embora tal associação não tenha sido observada para o examinador B ($\phi = 0,03$; $p = 0,63$). Além disso, os sons relacionados às vias aéreas não foram associados à presença de auto-PEEP ($p = 0,41$ e $p = 0,46$ para os examinadores A e B, respectivamente).

Quando realizada pelo examinador A, a ausculta torácica apresentou sensibilidade e especificidade de 25,1% e 68,3%, respectivamente, para a detecção de sons anormais relacionados ao parênquima pulmonar ou à parede torácica e de 30,0% e 96,1%, respectivamente, para a detecção de sons anormais relacionados às vias aéreas. Quando realizada pelo examinador B, a ausculta torácica apresentou sensibilidade e especificidade de 36,4% e 63,4%, respectivamente, para a detecção de sons anormais relacionados ao parênquima pulmonar ou à parede torácica, contra 10,0% e 93,3%, respectivamente, para a detecção de sons anormais relacionados às vias aéreas. Outros valores relacionados à acurácia da ausculta torácica na detecção de mecânica respiratória anormal são apresentados na Tabela 4.

Em 177 pacientes, os dois examinadores concordaram que não houve sons relacionados às vias aéreas, enquanto concordaram que houve sons relacionados às vias aéreas em 4 pacientes. No entanto, o examinador A categorizou 9 pacientes como apresentando sons relacionados às vias aéreas, enquanto o examinador B categorizou esses mesmos pacientes como não apresentando tais sons. Da mesma forma, o examinador A categorizou 10 pacientes como não apresentando sons relacionados às vias aéreas, enquanto o examinador B categorizou esses mesmos pacientes como apresentando tais sons. Para os sons relacionados às vias aéreas, houve uma concordância razoável entre os dois examinadores ($\kappa = 0,245$; IC95%: 0,040 a 0,512; $p < 0,01$). Para os sons relacionados ao parênquima

pulmonar ou à parede torácica, os dois examinadores concordaram quanto à detecção de sons normais em 94 pacientes e quanto à detecção de sons anormais em 20 pacientes. No entanto, em 33 pacientes, os sons relacionados ao parênquima pulmonar ou à parede torácica foram classificados como anormais pelo examinador A e como normais pelo examinador B. Em outros 53 pacientes, tais sons foram classificados como normais pelo examinador A e como anormais pelo examinador B. Para os sons relacionados ao parênquima pulmonar ou à parede torácica, não houve concordância entre os dois examinadores ($\kappa = 0,015$; IC95%: -0,123 a 0,164; $p = 0,82$).

DISCUSSÃO

Aqui, fornecemos dados sobre a utilidade da ausculta torácica para a detecção de anormalidades mecânicas do sistema respiratório em pacientes sob ventilação mecânica no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca. Demonstramos que nem a presença nem a ausência de sons respiratórios anormais foram associadas a anormalidades mecânicas do sistema respiratório e que a ausculta torácica não conseguiu identificar com acurácia os pacientes com mecânica respiratória anormal.

Menos de um terço dos pacientes avaliados no presente estudo apresentava história de doença pulmonar ou de dependência de nicotina antes de serem submetidos à cirurgia. Tais pacientes podem apresentar algum grau de anormalidade na mecânica

Tabela 3. Associação entre sons relacionados às vias aéreas e resistência do sistema respiratório.

Variável	R,sr (cmH ₂ O/l/s)		p	φ	φ p	
	≥ 15 (n)	< 15 (n)				
Roncos e/ou sibilos			Examinador A			
	Sim	6	7	< 0,01 ^a	0,31	< 0,01
	Não	14	173			
			Examinador B			
Sim	2	12	0,63 ^a	0,03	0,57	
Não	18	168				

R,sr: resistência do sistema respiratório; e φ: coeficiente phi. ^aTeste exato de Fisher.

Tabela 4. Acurácia, sensibilidade, especificidade, razão de verossimilhança positiva e razão de verossimilhança negativa da ausculta torácica na detecção de mecânica respiratória anormal.

Examinadores Variáveis	Acurácia (%)	Sensibilidade % (IC95%)	Especificidade % (IC95%)	RV+ Razão (IC95%)	RV- Razão (IC95%)	
A	Murmúrio vesicular diminuído, murmúrio vesicular abolido e/ou crepitações	34,0	25,2 (21,5-28,3)	68,3 (54,1-80,6)	0,8 (0,4-1,4)	1,1 (0,9-1,4)
	Roncos e/ou sibilos	89,5	30,0 (13,9-46,7)	96,1 (94,3-98)	7,7 (2,4-22,8)	0,7 (0,5-0,9)
B	Murmúrio vesicular diminuído, murmúrio vesicular abolido e/ou crepitações	42,0	10,0 (1,8-28,6)	93,3 (92,4-95,4)	0,9 (0,6-1,7)	1,0 (0,7-1,3)
	Roncos e/ou sibilos	85,0	79,5 (71,2-86,2)	20,5 (15,7-24,7)	1,5 (0,2-6,2)	0,9 (0,7-1,0)

RV+: razão de verossimilhança positiva; e RV-: razão de verossimilhança negativa.

respiratória. De fato, no pós-operatório imediato, a $C_{est,sr}$ estava diminuída em 79,5% desses pacientes e a R_{sr} estava aumentada em 10,0%.

As anormalidades mecânicas do sistema respiratório estão bem estabelecidas em pacientes submetidos a cirurgia cardíaca.^(12,13) A redução da $C_{est,sr}$ pode ser atribuída a eventos relacionados à cirurgia que afetam a pressão de recolhimento elástico do sistema respiratório, como circulação extracorpórea e resposta inflamatória à circulação extracorpórea⁽¹⁴⁾; os efeitos da paralisia muscular e da anestesia⁽¹⁵⁾; esternotomia, fechamento das pequenas vias aéreas e redução do volume pulmonar⁽¹⁶⁾; e os efeitos da circulação pulmonar na estabilidade do parênquima pulmonar.⁽¹⁷⁾ O aumento da R_{sr} pode ser causado por vários fatores, como acúmulo de líquido ou secreção nas vias aéreas, edema das vias aéreas e desigualdades nas constantes de tempo.⁽¹⁸⁾

O principal achado do presente estudo foi que a ausculta torácica apresenta baixa acurácia na detecção de mecânica respiratória anormal em pacientes sob ventilação mecânica no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca. Embora o examinador A tenha apresentado acurácia de 89,5% na detecção de R_{sr} aumentada, a R_{sr} média entre os pacientes nos quais o examinador A classificou os sons relacionados às vias aéreas como anormais foi de $12,5 \pm 4,9$ cmH₂O/l/s (abaixo do valor de corte para R_{sr} aumentada), o que pode, portanto, ser um resultado falso-positivo.

A ausência de associação entre a mecânica respiratória e a ausculta torácica pode ser atribuída a fatores técnicos e fisiológicos. Do ponto de vista técnico, o espectro de sons respiratórios pode ser modulado ao longo de seu trajeto desde a fonte sonora até o córtex auditivo do profissional de saúde. Esse fenômeno está relacionado à inadequação dos estetoscópios acústicos como instrumentos para detecção de sons respiratórios, pois eles podem amplificar e atenuar a transmissão sonora dentro do espectro de interesse,⁽⁶⁾ bem como ao fato de que a parede torácica pode reduzir a amplitude da transmissão sonora.⁽¹⁹⁾ Da perspectiva fisiológica, os sons respiratórios são gerados nas grandes vias aéreas e nos tecidos do parênquima pulmonar/parede torácica, sendo dependentes do padrão de fluxo aéreo, da patência das grandes vias aéreas, da rigidez/estabilidade do tecido pulmonar, da permeabilidade das pequenas vias aéreas e da propensão das vias aéreas ao colapso.⁽²⁰⁾ Embora os mecanismos de geração de sons relacionados às vias aéreas ainda não estejam totalmente elucidados, eles claramente envolvem o movimento de secreções, a vibração das paredes das vias aéreas,⁽²¹⁾ e a limitação do fluxo aéreo.^(22,23) Durante a avaliação da mecânica respiratória e os protocolos de ausculta torácica, administraram-se ar a uma alta taxa de fluxo (60 l/min), o que pode ter favorecido a geração de sons nas grandes vias aéreas. Pode-se argumentar que a ausculta torácica ainda é útil para detectar certas anormalidades mecânicas do sistema respiratório, como a limitação do fluxo aéreo. Kress et al.⁽²⁴⁾ constataram que a inspeção/palpação e ausculta

do tórax apresentaram sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo de 51%, 95%, 96% e 46%, respectivamente, para detectar PEEP intrínseco (auto-PEEP) em pacientes sob ventilação mecânica. A diferença entre os achados desses autores e os nossos achados, quanto à sensibilidade da ausculta torácica na detecção de mecânica anormal das vias aéreas com base em sons relacionados às vias aéreas, pode ser explicada por diversos fatores: diferenças nos modos e parâmetros ventilatórios empregados; administração de diferentes níveis de PEEP; e o fato de que esses autores orientaram os examinadores a ouvir sons específicos relacionados à limitação do fluxo aéreo, enquanto nós não o fizemos.

É provável que as crepitações sejam geradas pela abertura e fechamento súbitos das vias aéreas.⁽²⁵⁾ Portanto, os examinadores ouviram crepitações sempre que foram atingidas pressões críticas de abertura e fechamento das vias aéreas. Em casos de parênquima pulmonar instável com desigualdades nas constantes de tempo, algumas vias aéreas podem estar total ou parcialmente abertas enquanto outras permanecem fechadas. Se pressões críticas de abertura e fechamento não forem atingidas, haverá aumentos da pressão de pico inspiratória e da dissipação de pressão contra os componentes viscoelásticos do sistema respiratório, enquanto a $C_{est,sr}$ provavelmente diminuirá. Nessa situação, não serão ouvidas crepitações inspiratórias e nem crepitações expiratórias, pois as vias aéreas fechadas permanecerão fechadas e o ar fluirá somente através das vias aéreas abertas. Além disso, sempre que a pressão crítica de abertura de uma via aérea fechada é atingida, a pressão se propaga mais profundamente na árvore respiratória e a via aérea subsequente se abrirá se sua pressão crítica de abertura for atingida. Esse fenômeno leva a uma avalanche de aberturas de vias aéreas envolvendo um grande número de unidades alveolares. Como esse processo aumentará o volume pulmonar, a pressão diminuirá.⁽²⁶⁾ Consequentemente, haverá recrutamento corrente, o que pode levar a superestimação da $C_{est,sr}$. Isso explicaria, pelo menos em parte, a ausência de associação entre crepitações e $C_{est,sr}$ baixa no presente estudo. Deve-se considerar também que, aplicando PEEP de 8 cmH₂O, poderíamos ter, pelo menos em algum grau, aumentado a $C_{est,sr}$ e estabilizado o parênquima pulmonar em alguns pacientes. Não obstante, como a PEEP não foi titulada, mas foi aplicada como um protocolo, anormalidades mecânicas na periferia pulmonar ainda estavam presentes na maioria dos pacientes avaliados.

No presente estudo, houve uma razoável concordância interobservador na avaliação de sons relacionados às vias aéreas e não houve concordância interobservador quanto aos sons relacionados ao parênquima pulmonar ou à parede torácica. Esses resultados estão de acordo com aqueles relatados em lactentes e adultos durante respiração espontânea.^(27,28) Em outro estudo com indivíduos avaliados durante respiração espontânea, Sapiteri et al.⁽²⁹⁾ demonstraram concordância interobservador moderada para sibilos, murmúrio

vesicular reduzido e crepitações, embora os autores não tenham fornecido os valores do intervalo de confiança de 95% para o índice kappa.

Muitos fatores podem influenciar as características do murmúrio vesicular em pacientes sob ventilação mecânica (por ex., locais de ausculta, posicionamento do sujeito, tamanho corporal, forma da onda de fluxo e padrão respiratório), modificando assim a percepção do examinador sobre os sons respiratórios. Como os dois examinadores no presente estudo realizaram a ausculta torácica essencialmente sob as mesmas condições (mesmos locais de ausculta, mesmo estetoscópio e mesmos parâmetros ventilatórios) e em rápida sucessão, acreditamos que a ausência de associação seja inerente à técnica de ausculta torácica em si; concordância baixa a moderada na ausculta torácica ocorre mesmo entre os examinadores mais experientes.⁽³⁰⁾

Este estudo apresenta algumas limitações. Em primeiro lugar, foram avaliados apenas pacientes no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca. Portanto, seria interessante avaliar a acurácia da ausculta torácica em uma população de indivíduos que apresentem diferentes graus de anormalidades mecânicas do sistema respiratório. Além disso, o subgrupo de pacientes com história de doença respiratória antes da cirurgia não foi analisado separadamente, pois eles representavam apenas uma pequena parcela da amostra estudada. Ademais, sabe-se muito bem que as propriedades mecânicas do sistema respiratório, incluindo pulmões e parede torácica, são modificadas

pela taxa de fluxo inspiratório, tempo inspiratório e volume inspiratório.⁽³¹⁾ Portanto, pode-se argumentar que tais variáveis desempenham um papel fundamental na determinação do local em que os sons respiratórios seriam produzidos e, portanto, de que tipo de som (sons relacionados às vias aéreas ou sons relacionados ao parênquima pulmonar ou à parede torácica) seriam os sons predominantes ouvidos pelos examinadores. Como o tempo inspiratório e a taxa de fluxo não foram modificados para avaliar a acurácia da ausculta torácica sob diferentes condições inspiratórias e expiratórias, e também como a ausculta torácica pode ser parcialmente modificada pela maneira como os ventiladores mecânicos são ajustados para fornecer volume inspiratório, são necessários mais estudos que visem investigar a acurácia da ausculta torácica na detecção de mecânica respiratória anormal com volumes correntes variados.

Em resumo, constatamos uma dissociação entre mecânica respiratória anormal e sons respiratórios avaliados com estetoscópios acústicos. A ausculta torácica não parece ser um método acurado para a detecção de mecânica respiratória anormal em pacientes sob ventilação mecânica no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca. Portanto, a mecânica respiratória deve ser continuamente monitorada à beira do leito em pacientes sob ventilação mecânica. Embora a ausculta torácica ainda seja um componente obrigatório do exame físico, os sons respiratórios devem ser interpretados em conjunto com outros parâmetros respiratórios, como as propriedades mecânicas do sistema respiratório.

REFERÊNCIAS

- Bohadana A, Izbicki G, Kraman SS. Fundamentals of lung auscultation. *N Engl J Med.* 2014;370(8):744-51. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1302901>
- Sarkar M, Madabhavi I, Niranjana N, Dogra M. Auscultation of the respiratory system. *Ann Thorac Med.* 2015;10(3):158-68. <https://doi.org/10.4103/1817-1737.160831>
- Xavier GN, Duarte AC, Melo-Silva CA, dos Santos CE, Amado VM. Accuracy of pulmonary auscultation to detect abnormal respiratory mechanics: a cross-sectional diagnostic study. *Med Hypotheses.* 2014;83(6):733-4. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2014.09.029>
- Oliveira A, Marques A. Respiratory sounds in healthy people: a systematic review. *Respir Med.* 2014;108(4):550-70. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2014.01.004>
- Staszko KF, Lincho C, Engelke Vda C, Fiori NS, Silva KC, Nunes EI, et al. Pulmonary auscultation terminology employed in Brazilian medical journals between January of 1980 and December of 2003. *J Bras Pneumol.* 2006;32(5):400-4. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132006000500005>
- Abella M, Formolo J, Penney D. Comparison of the acoustic properties of six popular stethoscopes. *J Acoust Soc Am.* 1992;9(14 Pt 1):2224-8. <https://doi.org/10.1121/1.403655>
- Murphy R, Vyshedskiy A, Power-Charnitsky VA, Bana DS, Marinelli PM, Wong-Tse A, et al. Automated lung sound analysis in patients with pneumonia. *Respir Care.* 2004;49(12):1490-7.
- Bates J, Rossi A, Milic-Emili J. Analysis of the behavior of the respiratory system with constant inspiratory flow. *J Appl Physiol* (1985). 1985;58(6):1840-8.
- Rossi A, Polese G, Brandi G, Conti G. Intrinsic positive end-expiratory pressure (PEEPi). *Intensive Care Med.* 1995;21(6):522-36. <https://doi.org/10.1007/BF01706208>
- MacIntyre NR, Cook DJ, Ely EW Jr, Epstein SK, Fink JB, Heffner JE, et al. Evidence-based guidelines for weaning and discontinuing ventilatory support: a collective task force facilitated by the American College of Chest Physicians; the American Association for Respiratory Care; and the American College of Critical Care Medicine. *Chest.* 2001;120(6 Suppl):375S-95S.
- Marques A, Bruton A, Barney A. The reliability of lung crackle characteristics in cystic fibrosis and bronchiectasis patients in a clinical setting. *Physiol Meas.* 2009;30(9):903-12. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/30/9/003>
- Polese G, Lubli P, Mazzucco A, Luzzani A, Rossi A. Effects of open heart surgery on respiratory mechanics. *Intensive Care Med.* 1999;25(10):1092-6. <https://doi.org/10.1007/s001340051017>
- Ranieri VM, Vitale N, Grasso S, Puntillo F, Mascia L, Paparella D, et al. Time-course of impairment of respiratory mechanics after cardiac surgery and cardiopulmonary bypass. *Crit Care Med.* 1999;27(8):1454-60. <https://doi.org/10.1097/00003246-199908000-00008>
- Hall RI, Smith MS, Ricker G. The systemic inflammatory response to cardiopulmonary bypass: pathophysiological, therapeutic, and pharmacological considerations. *Anesth Analg.* 1997;85(4):766-82. <https://doi.org/10.1213/00005539-199710000-00011>
- Warner DO. Anaesthesia and chest wall function. *Ann Acad Med Singapore.* 1994;23(4):566-71.
- Weissman C. Pulmonary complications after cardiac surgery. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth.* 2004;8(3):185-211. <https://doi.org/10.1177/108925320400800303>
- Silva CA, Carvalho RS, Cagido VR, Zin WA, Tavares P, DeCampos KN. Influence of lung mechanical properties and alveolar architecture on the pathogenesis of ischemia-reperfusion injury. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2010;11(1):46-51. <https://doi.org/10.1510/icvts.2009.222018>

18. Tavelaro KC, Guizilini S, Bolzan DW, Dauar RB, Buffolo E, Succi JE, et al. Pleural opening impairs respiratory system compliance and resistance in off-pump coronary artery bypass grafting. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2010;51(6):935-9.
19. Vovk IV, Grinchenko VT, Oleinik V. Modeling the acoustic properties of the chest and measuring breath sounds. *Acoust Phys*. 1995;41(5):667-676.
20. Pasterkamp H, Kraman SS, Wodicka GR. Respiratory sounds. Advances beyond the stethoscope. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;156(3 Pt 1):974-87. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.156.3.9701115>
21. Grotberg JB, Davis SH. Fluid-dynamic flapping of a collapsible channel: sound generation and flow limitation. *J Biomech*. 1980;13(3):219-30. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(80\)90365-6](https://doi.org/10.1016/0021-9290(80)90365-6)
22. Gavriely N, Grotberg JB. Flow limitation and wheezes in a constant flow and volume lung preparation. *J Appl Physiol* (1985). 1988;64(1):17-20.
23. Gavriely N, Shee TR, Cugell DW, Grotberg JB. Flutter in flow-limited collapsible tubes: a mechanism for generation of wheezes. *J Appl Physiol* (1985). 1989;66(5):2251-61.
24. Kress JP, O'Connor MF, Schmidt GA. Clinical examination reliably detects intrinsic positive end-expiratory pressure in critically ill, mechanically ventilated patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;159(1):290-4. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.159.1.9805011>
25. Vyshedskiy A, Alhashem RM, Paciej R, Ebril M, Rudman I, Fredberg JJ, et al. Mechanism of inspiratory and expiratory crackles. *Chest*. 2009;135(1):156-164. <https://doi.org/10.1378/chest.07-1562>
26. Alencar AM, Arold SP, Buldyrev SV, Majumdar A, Stamenović D, Stanley HE, et al. Physiology: Dynamic instabilities in the inflating lung. *Nature*. 2002;417(6891):809-11. <https://doi.org/10.1038/417809b>
27. Brooks D, Thomas J. Interrater reliability of auscultation of breath sounds among physical therapists. *Phys Ther*. 1995;75(12):1082-8. <https://doi.org/10.1093/ptj/75.12.1082>
28. Elphick HE, Lancaster GA, Solis A, Majumdar A, Gupta R, Smyth RL. Validity and reliability of acoustic analysis of respiratory sounds in infants. *Arch Dis Child*. 2004;89(11):1059-63. <https://doi.org/10.1136/adc.2003.046458>
29. Spiteri MA, Cook DG, Clarke SW. Reliability of eliciting physical signs in examination of the chest. *Lancet*. 1988;1(8590):873-5. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(88\)91613-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(88)91613-3)
30. Melbye H, Garcia-Marcos L, Brand P, Everard M, Priftis K, Pasterkamp H. Wheezes, crackles and rhonchi: simplifying description of lung sounds increases the agreement on their classification: a study of 12 physicians' classification of lung sounds from video recordings. *BMJ Open Respir Res*. 2016;28(3):e000136. <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2016-000136>
31. Kochi T, Okubo S, Zin WA, Milic-Emili J. Flow and volume dependence of pulmonary mechanics in anesthetized cats. *J Appl Physiol* (1985). 1988;64(1):441-50.