Graziele Garcia Pires de Campos Domingues

CORRELAÇÃO ENTRE A FRAÇÃO DE ESPESSAMENTO DO DIAFRAGMA E ESCORE DE DESCONFORTO RESPIRATÓRIO EM LACTENTES COM BRONQUIOLITE EM USO DE CATETER NASAL DE ALTO FLUXO

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein para obtenção do título de Mestre em Enfermagem.

São Paulo
2026

Graziele Garcia Pires de Campos Domingues

CORRELAÇÃO ENTRE A FRAÇÃO DE ESPESSAMENTO DO DIAFRAGMA E ESCORE DE DESCONFORTO RESPIRATÓRIO EM LACTENTES COM BRONQUIOLITE EM USO DE CATETER NASAL DE ALTO FLUXO

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein para obtenção do título de Mestre em Enfermagem.

Orientadora: Profa. Dra. Milena Siciliano Nascimento Sass de Carvalho

São Paulo

2026

Domingues, Graziele Garcia Pires de Campos
Correlação entre a fração de espessamento do diafragma e escore de desconforto respiratório em lactentes com bronquiolite em uso de cateter nasal de alto fluxo / Graziele Garcia Pires de Campos Domingues. -- São Paulo, 2026.
xiv, 43 f.

Dissertação (Mestrado profissional) – Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein. Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein.

Título em inglês: *Correlation between diaphragm thickening fraction and respiratory discomfort score in infants with bronchiolitis using high-flow nasal cannula.*

1. Bronquiolite. 2. Trabalho Respiratório. 3. Ultrassonografia.

Elaborada pelo Sistema Einstein Integrado de Bibliotecas

FACULDADE ISRAELITA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE ALBERT EINSTEIN

Coordenadora do curso de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Enfermagem: Profa. Dra. Priscilla Caroliny de Oliveira

Graziele Garcia Pires de Campos Domingues

CORRELAÇÃO ENTRE A FRAÇÃO DE ESPESSAMENTO DO DIAFRAGMA E ESCORE DE DESCONFORTO RESPIRATÓRIO EM LACTENTES COM BRONQUIOLITE EM USO DE CATETER NASAL DE ALTO FLUXO

Presidente da banca: Profa. Dra. Milena Siciliano Nascimento

BANCA EXAMINADORA

Membros titulares:
Profa. Dra. Sheila Siedler Tavares
Profa. Dra. Carla Luciana Batista

Membros suplentes:
Profa. Dra. Renata Camargo Alves
Profa. Dra. Daniela Fernanda dos Santos Alves

Data de aprovação: 06/08/2026.

Dedicatória

Dedico este trabalho ao meu querido esposo, Edel, e às minhas amadas filhas, Clara e Maitê, pelo apoio incondicional e pela compreensão nos momentos de ausência, para que este estudo pudesse ser concluído.

Aos meus pais, Flávia e José, por todos os ensinamentos, valores e incentivo à busca pelo conhecimento, fundamentais para minha trajetória pessoal e profissional.

Às minhas irmãs, Flávia e Isabele, e ao meu primo, Guilherme, que acreditaram, acima de tudo, no meu potencial e enalteceram a minha dedicação.

E às crianças do Centro de Terapia Intensiva Pediátrica, que inspiram diariamente a minha dedicação à pesquisa e ao cuidado em saúde.

Agradecimentos

Agradeço ao Einstein Hospital Israelita pelo incentivo à formação acadêmica e por ter, em sua essência, o desenvolvimento de pessoas e a valorização do conhecimento.

À minha orientadora, Milena Siciliano, pelo acolhimento, direcionamento e ensinamentos ao longo de todas as etapas deste estudo. Sua confiança em meu potencial e a oportunidade de desenvolver este trabalho foram fundamentais para minha trajetória. Sua dedicação e comprometimento com a pesquisa em saúde são fontes de grande admiração e inspiração profissional.

À minha coordenadora, Cintia Cintra, pelo apoio, acolhimento e incentivo durante toda a minha jornada acadêmica e profissional.

À equipe de enfermagem do Centro de Terapia Intensiva Pediátrica, pelo apoio diário diante dos desafios da prática assistencial e pelos aprendizados compartilhados ao longo dessa caminhada.

Às fisioterapeutas Patrícia Angélica, Luciana Assis e Thereza Silva, e à aluna de graduação em Fisioterapia Priscila Souza, pela contribuição essencial nas etapas de coleta de dados deste estudo.

Aos meus queridos amigos e colegas de profissão, Gabriela Mota, Ilka Miriele, Caio Mariano e Nilza Lívia, pelo apoio incondicional, acolhimento e incentivo diário ao longo desta trajetória.

À Simone Brandi e ao Celso Terra, pelo incentivo e apoio à pesquisa, além do estímulo à busca pela prática baseada em evidências.

Aos professores e colegas do Mestrado Profissional em Enfermagem, pela convivência, troca de experiências e ensinamentos compartilhados. Em especial, à Fabiana de Souza, cuja dedicação e engajamento acadêmico foram fonte de inspiração.

À banca examinadora da qualificação e da defesa, pela disponibilidade, pelas valiosas contribuições e pelo compartilhamento de conhecimentos que enriqueceram este trabalho.

E, por fim, agradeço à minha família, pelo amor, compreensão e apoio incondicional durante toda essa trajetória. Foram fundamentais nos momentos mais desafiadores, oferecendo força, incentivo e acolhimento para que este sonho pudesse se concretizar. Este trabalho também é dedicado a vocês.

Sumário

Dedicatória v
Agradecimentos vi
Lista de figuras ix
Lista de quadros e tabelas x
Lista de abreviaturas xi
Resumo xii
1 INTRODUÇÃO 1
1.1 Objetivos 3
2 REFERENCIAL TEÓRICO 4
2.1 Insuficiência respiratória na população pediátrica 4
2.2 Bronquiolite 5
2.3 Escores de dispneia 7
2.4 Cateter nasal de alto fluxo 8
2.5 *Point of care ultrasound* 10
3 MÉTODOS 14
3.1 Delineamento e local do estudo 14
3.2 População de interesse e elegibilidade 14
3.3 Critérios de inclusão 14
3.4 Critérios de exclusão 14
3.5 Protocolo 15
3.6 Randomização 15
3.7 Variáveis de interesse 15
3.8 Materiais 17
3.8.1 Avaliação através da ultrassonografia 17
3.8.2 Equipamento de alto fluxo 18
3.9 Considerações estatísticas 19
3.10 Benefícios esperados do projeto 20
3.11 Potenciais riscos e eventos adversos 20
3.12 Confidencialidade e tratamento dos dados 21
3.13 Aspectos éticos 21
4 RESULTADOS 233
4.1 Escore de Muñoz 24

4.2 Escore Wood Downes modificado 27
4.4 Fração de espessamento do diafragma 29
4.4 Análise de associação 31
4.5 Artigo submetido 32
5 DISCUSSÃO 33
6 CONCLUSÕES 38
7 REFERÊNCIAS 39
Abstract
Apêndices

Lista de figuras

Figura 1. Escala de cinza mostrada utilizada pela ultrassonografia 17
Figura 2. Posicionamento do transdutor no hemidiafragma direito.....18
Figura 3. Fluxograma de inclusão dos pacientes.....23
Figura 4. Variação do escore clínico de desconforto respiratório sob diferentes taxas de cateter nasal de alto fluxo.....27
Figura 5. Variação do escore clínico de desconforto respiratório sob diferentes taxas de cateter nasal de alto fluxo.....29
Figura 6. Variação da fração de espessamento do diafragma avaliada por ultrassonografia em diferentes taxas de fluxo de cateter nasal de alto fluxo.....30
Figura 7. Análise de correlação entre os escores clínicos de desconforto respiratório e a fração de espessamento do diafragma avaliada por ultrassonografia.....32

Lista de quadros e tabelas

Quadro 1. Escore clínico de Muñoz-Bonet 16
Quadro 2. Escore de Wood Downes modificado 16
Tabela 1. Descrição demográfica, características clínicas e utilização do cateter nasal de alto fluxo 24
Tabela 2. Características clínicas por fluxo escore Muñoz 26
Tabela 3. Escore total de Muñoz por fluxo cateter nasal de alto fluxo e associação 27
Tabela 4. Características clínicas do escore de Wood Downes modificado por fluxo...28
Tabela 5. Escore de Wood Downes modificado por fluxo cateter nasal de alto fluxo e associação.....29
Tabela 6. Espessura de inspiração e de expiração do diafragma em ultrassonografia por fluxo.....30
Tabela 7. Fração de espessamento do diafragma por fluxo cateter nasal de alto fluxo e associação.....31
Tabela 8. Escore de Wood Downes modificado por classificação de Muñoz e associação 31

Lista de abreviaturas

AAP	*American Academy of Pediatrics*
CNAF	Cateter nasal de alto fluxo
CPAP	*Continuous positive airway pressure*
EE	Espessura expiratória
Eexp	Espessura obtida ao final da expiração
EI	Espessura inspiratória
Einsp	Espessura obtida ao final da inspiração
FC	Frequência cardíaca
FEdi%	Fração de espessamento do diafragma
FiO_2	Fração inspirada de oxigênio
FR	Frequência respiratória
GEE	Equações de estimação generalizadas (*Generalized estimation equations*)
IRpA	Insuficiência respiratória aguda
IS	Inclinação inspiratória
M-WCAS	Escore de Wood Downes modificado (*Modified Wood's clinical asthma score*)
PaO_2	Pressão parcial de oxigênio
PoCUS	Ultrassonografia à beira do leito (*Point of care ultrasound)*
REDCap	*Research Electronic Data Capture*
$SatO_2$	Saturação de oxigênio
SpO_2	Saturação periférica de oxigênio
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
US	Ultrassonografia
UTIP	Unidades de Terapia Intensiva Pediátrica
VNI	Ventilação não invasiva
VSR	Vírus sincicial respiratório

Resumo

Introdução: Embora a avaliação do desconforto respiratório em lactentes com bronquiolite em uso do cateter nasal de alto fluxo seja tradicionalmente realizada por meio de escores clínicos, a ultrassonografia diafragmática surge como uma ferramenta objetiva e promissora para mensurar o trabalho respiratório. **Objetivos:** Avaliar a correlação entre dois escores clínicos de desconforto respiratório e a fração de espessamento do diafragma avaliada por ultrassonografia em lactentes com bronquiolite em uso de cateter nasal de alto fluxo. **Métodos:** Foi conduzido um estudo clínico fisiológico prospectivo que incluiu lactentes com bronquiolite e em uso de cateter nasal de alto fluxo. Os participantes foram submetidos a 4 taxas de fluxo de cateter nasal de alto fluxo, aplicadas em ordem randomizada e cada uma mantida por 5 minutos: 0,5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (referência), 1,0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, 1,5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ e 2,0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Foi realizada a aplicação de 2 escores de desconforto respiratório, o escore de Muñoz e o escore de Wood Downes modificado, além da avaliação da a fração de espessamento do diafragma utilizando a ultrassonografia ao final do último minuto em cada taxa de fluxo. **Resultados:** Foram incluídos 36 pacientes, com média de idade de 6 meses, sendo 52% do sexo masculino. O escore de Muñoz apresentou redução significativa em todas as taxas de fluxo em comparação a 0,5$L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, porém sem variação clinicamente significante (2,67 *versus* 1,68; p=0,001), com resultado semelhante observado no escore de Wood Downes modificado (2,47 *versus* 1,93; p=0,001). A fração de espessamento do diafragma foi maior na taxa de 0,5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (42%), com redução significativa nas taxas de 1,0 e 1,5$L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (30%; p=0,001) e aumento parcial em 2,0$L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (35%; p=0,01). Na análise de correlação, não houve associação entre a fração de espessamento do diafragma e os escores clínicos (Muñoz: r=0,011; escore de Wood Downes modificado: r=0,005). Por outro lado, observou-se correlação moderada entre os escores (r=0,747). **Conclusões:** A fração de espessamento do diafragma e os escores clínicos detectaram mudanças durante a titulação do fluxo de cateter nasal de alto fluxo; no entanto, apenas a fração de espessamento do diafragma demonstrou capacidade de diferenciar de forma mais sensível a resposta fisiológica, auxiliando na definição da melhor taxa de fluxo. Os escores clínicos, embora estatisticamente significantes, apresentaram baixa relevância clínica para essa finalidade. Assim, a ultrassonografia diafragmática se destaca como uma ferramenta mais específica para a

avaliação do esforço respiratório e pode contribuir para decisões mais precisas na titulação do fluxo e no escalonamento do suporte ventilatório.

Descritores: Bronquiolite; Trabalho Respiratório; Ultrassonografia

Disposição legal

Trabalho apresentado sob a forma de artigo científico com a obrigatoriedade de publicação em revista indexada e classificada pela CAPES no extrato mínimo B1 ou superior.

Sua disponibilidade integral em repositório institucional ocorrerá mediante publicação.

1 INTRODUÇÃO

As doenças respiratórias estão entre as principais causas de hospitalização em crianças menores de 5 anos, o que corresponde a cerca de 40% das internações no Brasil. Nas Unidades de Terapia Intensiva Pediátrica (UTIP), as afecções respiratórias também estão entre as principais causas de morbimortalidade.[1,2]

A bronquiolite é uma infecção viral do trato respiratório inferior, frequentemente caracterizada por inflamação aguda, edema, aumento da produção de muco, broncoespasmo e apresentação clínica de tosse, taquipneia, sibilos e estertores, além de uso de músculos acessórios. É a principal causa de hospitalização infantil em todo o mundo e afeta mais de um terço das crianças de 0 a 2 anos de idade.[3]

Com isso, a utilização precoce de dispositivos de suporte respiratório pode desempenhar um papel crucial no prognóstico de lactentes com bronquiolite e prevenir a deterioração do quadro de desconforto respiratório e estabilizar a insuficiência respiratória.[4]

A utilização do cateter nasal de alto fluxo (CNAF) emerge como uma terapia preferencial para lactentes hospitalizados em UTIP com bronquiolite e tem sido relacionada a uma série de benefícios. Estes incluem melhorias no clearance mucociliar, otimização da oxigenação e redução da frequência respiratória (FR). Além disso, demonstrou-se que a CNAF diminui o esforço respiratório e reduz a necessidade de intervenções mais invasivas, como a intubação orotraqueal.[5,6]

Porém, a ausência de melhora clínica reflete na necessidade do escalonamento do cuidado, como o uso de ventilação não invasiva (VNI) e intubação orotraqueal, com impacto no tempo de internação em UTIP, tempo de internação hospitalar e, consequentemente, nos custos. Assim, a avaliação do lactente em uso de CNAF deve ser frequente e, de preferência, baseada em critérios objetivos.[5,7]

O desconforto respiratório pode ser observado por meio de retração de fúrcula, intercostal, subdiafragmática e esternal; batimento de asa de nariz, gemência, uso de músculos abdominais e de músculos acessórios, principalmente do esternocleidomastoideo. Além disso, incluem-se os marcadores de saturação periférica de oxigênio (SpO_2) e fração inspirada de oxigênio (FiO_2), que se referem diretamente à oxigenação.[8]

Porém, como os sinais clínicos isolados não se correlacionam bem com o grau de dispneia em quadros de desconforto respiratório, foram desenvolvidos escores para avaliação do desconforto respiratório, que compreendem uma combinação de sinais e sintomas clínicos. As escalas de pontuação clínica, validadas e confiáveis, podem ser facilmente implementadas, apesar de ainda apresentarem limitações relacionadas à validade e confiabilidade.[9–12]

Apesar disso, uma revisão sistemática avaliou 32 escores clínicos validados para bronquiolite e concluiu que 6 deles (Wood Downes, escore de *Wood Downes* Modificado (M-WCAS - *Modified Wood's clinical asthma score*), *respiratory severity score, respiratory clinical score, respiratory score e bronchiolitis risk of admission score*) foram os melhores em termos de confiabilidade, sensibilidade e validade.[12]

Em estudo observacional que incluiu pacientes de até 12 meses de idade com diagnóstico de bronquiolite em um pronto-atendimento pediátrico, foi comparada a capacidade de 9 diferentes escalas clínicas de bronquiolite em prever desfechos como necessidade de internação em enfermaria, uso de oxigênio suplementar, VNI, fluidos intravenosos e internação em UTIP. Este estudo demonstrou que todas as escalas apresentaram precisão moderada em relação aos desfechos estudados.[10] Porém, apesar de muitas escalas terem sido elaboradas, a literatura ainda aponta a necessidade de desenvolver melhores instrumentos e de validá-los de uma forma mais abrangente.

Neste contexto, a ultrassonografia (US) tem emergido como uma ferramenta promissora para a avaliação do trabalho respiratório. Sua utilização para avaliação muscular em pacientes críticos tem se ampliado devido às vantagens do método, que é não invasivo, indolor, rápido e de fácil aplicação. Além disso, tem sido reconhecido por sua alta reprodutibilidade e sensibilidade.[13,14]

Diante disso, a avaliação do diafragma e, mais recentemente, dos músculos abdominais (especialmente em lactentes, nos quais a expiração ativa é frequentemente observada) pode desempenhar papel importante no entendimento do desconforto respiratório e na adequação do suporte ventilatório para melhorar o desconforto e o trabalho muscular.[15,16] A possibilidade de avaliar parâmetros objetivos e de fácil mensuração contribui para uma melhor avaliação da criança e a avaliação da fração de espessamento do diafragma (FEdi%), em crianças com uso de suporte respiratório, pode auxiliar na identificação de condições como a disfunção diafragmática.[17]

Com isso, a implementação e o escalonamento precoce de terapias de suporte ventilatório trazem benefícios substanciais na estabilização do quadro respiratório e nos desfechos ao longo da internação. A introdução da US como ferramenta complementar na avaliação do trabalho respiratório representa um avanço promissor, e oferece parâmetros objetivos e de fácil mensuração, que podem aprimorar a estratificação de risco e a tomada de decisões clínicas. Por outro lado, a dificuldade em termos de equipamentos e de treinamento da equipe pode ser um desafio para sua ampla utilização. Este estudo buscou identificar a correlação entre 2 escores de desconforto respiratório, de fácil aplicação, e a FEdi% por meio da US.

1.1 Objetivos

1. Avaliar a correlação entre dois escores clínicos de desconforto respiratório e a fração de espessamento do diafragma, avaliados por meio da ultrassonografia, em lactentes com bronquiolite em uso de cateter nasal de alto fluxo;
2. Avaliar a correlação entre os dois escores clínicos de desconforto respiratório aplicados;
3. Avaliar se há influência de quatro diferentes taxas de fluxos do cateter nasal de alto fluxo nos valores do escore de desconforto respiratório e na fração de espessamento do diafragma.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Insuficiência respiratória na população pediátrica

A insuficiência respiratória aguda (IRpA) é uma condição crítica que apresenta desafios clínicos significativos, caracterizada pela incapacidade do sistema respiratório em manter a oxigenação e/ou ventilação, o que ocasiona falha no suprimento das demandas metabólicas do organismo. Considera-se outra definição com base na avaliação da gasometria arterial, a saber: pressão parcial de oxigênio (PaO2) < 60mmHg, pressão parcial de dióxido de carbono (PaCO2) >55mmHg e saturação de oxigênio ($SatO_2$) <90%.[18-20]

A IRpA é uma condição importante de admissão em UTIP, além de ser uma das causas mais prevalentes de parada cardiopulmonar na população pediátrica. Os sinais clínicos críticos incluem a taquipneia, retrações, alterações no estado de alerta e níveis anormais de oxigênio e dióxido de carbono no sangue.[19,20] Bebês e crianças pequenas podem apresentar IRpA com mais frequência do que adultos, devido a uma variedade de fatores específicos, incluindo o desenvolvimento do sistema respiratório.[18]

O diâmetro das narinas e das vias aéreas geralmente é reduzido em crianças, fator importante a ser considerado. Como a resistência das vias aéreas é inversamente proporcional ao raio das vias aéreas, a obstrução nasal e o manejo da secreção podem ser fatores relevantes no desenvolvimento da IRpA. Além disso, a musculatura da faringe, laringe e traqueia apresenta maior colapso, o que torna mais provável a ocorrência de obstrução das vias aéreas.[21]

Na população pediátrica, o número de alvéolos é reduzido quando comparado ao dos adultos e a ventilação colateral, através dos poros de Cohn e dos canais de Lambert, não está totalmente desenvolvida. Portanto, em casos de obstrução brônquica, a atelectasia é mais frequente, resultando em *shunt* pulmonar.[22]

Em relação à musculatura, a orientação horizontal das costelas e a inserção horizontal do diafragma tornam os movimentos respiratórios menos eficazes em pacientes pediátricos. Além disso, a presença reduzida de fibras musculares do tipo 1 (resistentes à fadiga) resulta em maior suscetibilidade à fadiga durante o aumento da FR, em comparação aos adultos, o que contribui para uma deterioração mais rápida da

função respiratória. A caixa torácica, por sua vez, é mais complacente, o que não confere a estabilidade necessária para uma ventilação adequada nos casos em que a pressão pleural fique mais negativa, sendo mais evidente o aparecimento de retrações.[3–5,21]

A troca gasosa é influenciada por vários fatores, como ventilação, gradiente de concentração de oxigênio, permeabilidade da membrana respiratória e fluxo e transporte sanguíneo. Bebês e crianças pequenas são mais suscetíveis à IRpA do que adultos devido a uma variedade de aspectos peculiares que influenciam o desenvolvimento do sistema respiratório, como a imaturidade do impulso respiratório, a anatomia das vias aéreas e a eficiência dos músculos respiratórios.[18] Os fatores associados a um maior esforço respiratório incluem uma maior resistência das vias aéreas, menor complacência pulmonar, uso de músculos acessórios da respiração e distúrbios do controle respiratório pelo sistema nervoso central.[23]

As causas mais comuns de IRpA estão relacionadas à obstrução de vias aéreas superiores, como nas condições que causam edema de vias aéreas; de vias aéreas inferiores, como bronquiolite e asma; às doenças do tecido pulmonar, como a pneumonia; e às desordens do sistema nervoso central, que podem ser ocasionadas por traumas, convulsões, anormalidades metabólicas e medicamentos.[18,23]

A bronquiolite é uma importante causa de internação em lactentes, e pode progredir para IRpA. Sua apresentação clínica inclui aumento da FR, sibilos, estertores, tosse, batimento de asas nasais e uso de musculatura acessória.[3,18]

2.2 Bronquiolite

A bronquiolite é uma infecção viral do trato respiratório inferior, frequentemente caracterizada por inflamação aguda, edema, aumento da produção de muco, broncoespasmo e apresentação clínica de tosse, taquipneia, sibilos e estertores. É a principal causa de hospitalização infantil em todo o mundo e afeta mais de um terço das crianças de 0 a 2 anos de idade. Embora geralmente se apresente com curso benigno, a progressão para doença grave, que requer suporte respiratório e admissão em UTIP, pode ocorrer rapidamente.[3,24]

A *American Academy of Pediatrics* (AAP) define a bronquiolite como um conjunto de sintomas e sinais clínicos caracterizados por um pródromo viral do trato

respiratório superior, seguido por aumento do esforço respiratório e sibilância em crianças menores de 2 anos de idade.[25]

Os vírus são os principais agentes infecciosos da bronquiolite, entre os quais o vírus sincicial respiratório (VSR), rinovírus, metapneumovírus humano, vírus da parainfluenza, enterovírus humano, vírus influenza, coronavírus humano, adenovírus e o bocavírus humano, responsáveis por aproximadamente 70% das infecções virais em crianças.[26]

O VSR é o principal microrganismo isolado em menores de 1 ano, e pode afetar de 50 a 80% das crianças com bronquiolite. Apesar de ser observado um aumento significativo no número de internações por bronquiolite viral aguda e de as infecções ocorrerem de maneira previsível e sazonal,[27] houve uma redução de até 98% nos casos de infecção por VSR durante a pandemia de COVID-19.[26]

As diretrizes da AAP afirmam que o diagnóstico da bronquiolite é clínico e a radiografia de tórax fica reservada apenas para casos graves, e não há indicação rotineira de testes específicos para detecção do agente. O tratamento é principalmente de suporte, sem terapia etiológica específica.[28,29]

O tratamento das crianças que necessitam de hospitalização consiste em hidratação, oxigenoterapia, fisioterapia respiratória e aspiração das vias aéreas, quando indicada. Lactentes com bronquiolite viral aguda podem apresentar dificuldades para se alimentar devido à congestão nasal e ao esforço respiratório. Nesses casos, pode ser necessária a inserção de sonda ou de acesso venoso para manutenção da hidratação. Quanto ao suporte respiratório, recomenda-se o uso de oxigênio quando a saturação estiver abaixo de 90%, além do escalonamento para outros tipos de suporte, a depender da evolução do quadro.[29,30]

A terapia com CNAF permite a administração confortável de altos fluxos de uma mistura de ar e oxigênio, o que pode melhorar a ventilação em lactentes com bronquiolite e demonstrou que pode contribuir para a redução da duração da internação hospitalar, do tempo de oxigenoterapia, além da redução da FR e frequência cardíaca (FC), bem como da necessidade de escalonamento de suporte.[31]

A avaliação de bebês com bronquiolite pode ser desafiadora devido à variabilidade clínica da doença. Com isso, diversas ferramentas foram desenvolvidas na tentativa de estabelecer medidas objetivas para avaliar o esforço respiratório e a gravidade.[11]

2.3 Escores de dispneia

Como os sinais clínicos isolados não se correlacionam bem com o grau de dispneia em quadros de desconforto respiratório, foram desenvolvidos instrumentos que avaliam o desconforto respiratório e que compreendem uma combinação de sinais e sintomas clínicos. Instrumentos clínicos validados e confiáveis podem ser facilmente implementados.[9]

Escores de desconforto respiratório podem ser usados para fins discriminativos, preditivos e/ou avaliativos. Uma pontuação discriminativa é usada para avaliar a gravidade da dispneia em um único momento. Os escores preditivos visam prever o resultado de uma exacerbação aguda, enquanto os escores avaliativos avaliam as mudanças ao longo do tempo, geralmente em resposta ao tratamento.[9]

Instrumentos clínicos foram desenvolvidos para avaliar a gravidade de doenças respiratórias específicas, como asma e bronquiolite, cujo desfecho principal é a necessidade de internação.[9–11] Um estudo internacional sugere que a avaliação do desconforto físico e respiratório com a utilização de escore de desconforto pode ser eficaz na determinação da gravidade da doença em comparação com testes radiológicos e/ou laboratoriais em crianças com bronquiolite.[3]

Uma revisão sistemática dos escores clínicos empregados na avaliação de pacientes com bronquiolite identificou instrumentos com melhores propriedades psicométricas, o que inclui confiabilidade, sensibilidade e validade e reforça sua utilidade na prática clínica e pesquisa.[12] Entre eles, o escore de Wood Downes, que demonstrou validade adequada de construto e de critério, concordância entre avaliadores, responsividade e usabilidade. Após essa revisão, foram publicadas mais 3 escalas: BROSJOD, TAL modificada e uma pontuação desenvolvida pela *Pediatric Emergency Research Networ*k.[12]

Em um estudo observacional que incluiu pacientes de até 12 meses de idade com diagnóstico de bronquiolite em um pronto-atendimento pediátrico, foi comparada a capacidade de 9 diferentes escalas clínicas de bronquiolite em prever desfechos como necessidade de internação em enfermaria, uso de oxigênio suplementar, VNI ou fluidos intravenosos e internação em UTIP. Este estudo demonstrou que todas as escalas tiveram precisão moderada em relação aos desfechos estudados.[10]

A escala de desconforto de Wood Downes foi adaptada e utilizada como critério de inclusão para avaliar os fatores preditivos para o resultado da VNI em pacientes de 1 mês a 16 anos. Os sinais clínicos observados para a pontuação da escala foram: retração esternal, dissociação toracoabdominal, batimento de asa de nariz, sibilos, cianose (por meio da verificação da $SatO_2$) e nível de consciência. Esta escala apresentou como critérios de gravidade: pontuação menor 4 como leve, de 4 a 6 como moderada e acima de 6 como grave.[32]

A M-WCAS é uma escala modificada a partir da versão originalmente criada por Wood Downes, em 1972, para avaliar a gravidade respiratória da bronquiolite aguda. São avaliados 5 itens nesta escala: $SatO_2$, *inspiratory breath sounds, expiratory wheezing, accessory muscles, cerebral function*, com pontuações variando de 0 a 2. Esta escala apresenta pontuação de 0 a 10 pontos, nos quais de 0 a 3 pontos é considerado quadro leve, de 4 a 6 pontos, quadro moderado, e acima de 6 pontos, quadro grave.[33]

No estudo de validação da escala M-WCAS, foi utilizada como referência um outro instrumento para avaliar a gravidade em pacientes com bronquiolite. As duas escalas foram aplicadas por 2 médicos em bebês menores de 24 meses hospitalizados. O M-WCAS demonstrou validade de critério, validade de construto, concordância interavaliadores, sensibilidade e usabilidade apropriada para bebês hospitalizados com bronquiolite aguda.[33] O escore de gravidade M-WCAS também tem sido utilizado para avaliar a falha da terapia com CNAF em lactentes com bronquiolite.[34]

Vale ressaltar que essas pontuações incluem parâmetros clínicos como FR, ausculta, $SatO_2$ e nível de consciência. No entanto, esses sinais podem ser facilmente alterados em bebês devido a fatores como febre ou choro.[29]

2.4 Cateter nasal de alto fluxo

O uso precoce dos dispositivos de suporte respiratório pode ser crucial para o desfecho clínico de lactentes com bronquiolite, o que evita a progressão do desconforto respiratório e contribui para a estabilização do quadro da insuficiência respiratória.[4]

Nos últimos anos, a CNAF consolidou-se como uma importante estratégia de suporte respiratório para lactentes com bronquiolite em terapia intensiva pediátrica.[7,35] Evidências demonstram benefícios fisiológicos e clínicos, incluindo

melhora da oxigenação, favorecimento do *clearance* mucociliar, redução da FR e do esforço respiratório, bem como menor necessidade de escalonamento terapêutico e intubação orotraqueal.[5,6]

Nesse contexto, uma revisão Cochrane avaliou 16 ensaios clínicos randomizados envolvendo 2.813 lactentes com bronquiolite, e comparou o uso da CNAF com oxigenoterapia convencional de baixo fluxo ou com o *continuous positive airway pressure* (CPAP). Os autores observaram que a CNAF esteve associada à melhora mais acentuada da FR e FC, à redução modesta do tempo de internação hospitalar e da duração da oxigenoterapia, além de menor necessidade de escalonamento terapêutico quando comparada ao oxigênio de baixo fluxo. Não foram identificadas diferenças significativas na ocorrência de eventos adversos entre os grupos. Entretanto, as evidências disponíveis ainda são insuficientes para determinar a superioridade da CNAF em relação ao CPAP, o que ressalta a necessidade de estudos adicionais para definir seu papel no manejo da bronquiolite em lactentes.[31]

O CNAF tem sido utilizado com frequência como suporte respiratório em cuidados pediátricos devido a uma série de fatores, incluindo a disponibilidade de dispositivos de fácil utilização, bem mais tolerados pela maioria dos pacientes quando comparados a outros modos de VNI.[36]

Em relação à melhor taxa de fluxo, estudos sugerem que taxas entre 1,5 a 2 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ são eficazes para melhorar a troca gasosa, diminuir o desconforto respiratório e reduzir a necessidade de escalonamento para suporte ventilatório mais invasivo.[37] Taxas mais elevadas, como 3 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, não demonstraram superioridade em relação a 2 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, e podem aumentar o risco de desconforto, distensão gástrica e efeitos adversos.[38]

Todo o manejo da terapia com CNAF, desde sua indicação e titulação da taxa de fluxo até a avaliação da resposta do paciente à terapia, baseia-se na avaliação do desconforto respiratório como um dos sinais clínicos mais importantes. Assim, é essencial uma avaliação objetiva do desconforto respiratório para guiar a terapia com CNAF, de forma a garantir uma abordagem individualizada que maximize os benefícios clínicos e minimize potenciais efeitos adversos.

2.5 *Point of care ultrasound*

A US à beira do leito, ou US no local de atendimento, o (PoCUS - *Point of care ultrasound*), resultou do desenvolvimento de equipamentos de US mais compactos, transportáveis e acessíveis, o que permite um exame mais focado para responder a questões clínicas específicas. O PoCUS tem a capacidade de obter imagens estáticas ou dinâmicas, em tempo real, à beira do leito e permite a interpretação imediata dos resultados. No entanto, não substitui exames ultrassonográficos abrangentes.[39-41]

A US é um tipo de radiação não ionizante utilizada para obter imagens em tempo real de tecidos, que corresponde à porção de energia sonora do espectro acima da faixa audível, entre 20 Hz e 20 kHz, e é transmitida por meio de uma onda mecânica. O som pode se propagar por diferentes materiais (como tecidos e líquidos) pela colisão com diferentes partículas dentro de um objeto vibrante, sem deslocá-las de sua posição original.[42]

A imagem ultrassonográfica é formada pelo efeito piezoelétrico: os cristais do transdutor convertem energia elétrica em ondas sonoras, que são emitidas e refletidas pelos tecidos, retornando à sonda com perdas parciais. Esses ecos são reconvertidos em energia elétrica e processados para formar a imagem.[42,43]

Cada tecido possui propriedades diferentes que determinam a resistência à propagação das ondas ultrassônicas, característica conhecida como impedância e crucial para a formação da imagem ultrassonográfica. Líquidos ou tecidos com alta composição de água apresentam baixa impedância, enquanto o ar e os tecidos sólidos exibem maior impedância. A diferença de impedância entre 2 tecidos em uma interface determina como o som é refletido.[42,44]

A escolha do transdutor deve considerar esse equilíbrio entre resolução e penetração, além da profundidade e da estrutura a ser avaliada. Transdutores lineares, de alta frequência, são mais indicados para estruturas superficiais, enquanto transdutores convexos, de baixa frequência, são utilizados para a avaliação de estruturas amplas e profundas, como as estruturas abdominais e pulmonares. A escolha adequada do transdutor influencia diretamente a acurácia diagnóstica e a qualidade do exame.[45]

Podem ser utilizados diferentes modos de imagem: modo B, modo M, Doppler e Duplex. O modo B (*brightness mode)* é o principal modo de imagem da US,

responsável pela formação da imagem bidimensional em escala de cinza. Nesse modo, cada eco refletido pelos tecidos é convertido em um ponto cuja intensidade de brilho corresponde à amplitude do sinal recebido: ecos mais fortes geram imagens mais claras (hiperecogênicas) e ecos mais fracos resultam em tons mais escuros. Esse processo ocorre em tempo real e permite a visualização anatômica das estruturas e serve como base para outros modos, como o Doppler e o modo M. Portanto, o modo B é essencial para avaliação morfológica, orientação do exame e identificação de órgãos, tecidos e interfaces.[42–44]

Já o modo M *(motion mode)* é utilizado para analisar o movimento das estruturas ao longo do tempo. Ele registra os ecos provenientes de uma única linha do feixe ultrassônico, exibindo a profundidade no eixo vertical e o tempo no eixo horizontal, o que proporciona alta resolução temporal. Esse modo é particularmente útil para avaliar estruturas dinâmicas, como válvulas cardíacas, movimento da parede ventricular e excursão diafragmática.[44]

O modo Doppler é utilizado para determinar a presença de fluxo de fluido. Além disso, pode demonstrar a direção, a velocidade e a resistência do fluxo. A imagem Duplex consiste na combinação dos modos B e Doppler e permite identificar o fluxo dentro de um vaso, incluindo sua velocidade e direção.[42–44]

Algumas aplicações e usos do PoCUS estão documentados na literatura com potencial para influenciar decisões clínicas e resultados, incluindo detecção de fraturas, avaliação do volume de fluidos, avaliação pulmonar com foco em queixas de dispneia, avaliação e remoção de corpo estranho, acesso vascular, avaliação do volume urinário, bloqueios nervosos, detecção e aspiração de abscessos, além de aplicações na gestação.[39]

Além das aplicações acima, o uso da US para avaliação muscular tem apontado diversos benefícios. Um estudo demonstrou-se que a avaliação da fração de espessamento do músculo intercostal paraesternal e do diafragma pode identificar pacientes que apresentaram falha de extubação.[46]

A US à beira leito do diafragma pode fornecer informações. O reconhecimento precoce da disfunção diafragmática e da atrofia pode auxiliar na tomada de decisões clínicas referentes à titulação da ventilação mecânica não invasiva ou invasiva, ao desmame ventilatório e ao escalonamento de suporte. A US em modo M é uma ferramenta bem estabelecida para a detecção da excursão e espessura diafragmática em adultos, e seus valores normais já foram relatados.[47,48]

A resolução visual do diafragma é otimizada utilizando um transdutor linear na zona de aposição do diafragma à parede torácica. Para obter essa visualização, um transdutor linear é posicionado perpendicularmente à parede torácica, em um plano longitudinal semi coronal, entre o 7º e o 10º espaços intercostais e entre as linhas axilares anterior e média.[47,49] O diafragma pode ser identificado como uma faixa muscular hipoecoica entre duas linhas paralelas e brilhantes das membranas pleural e peritoneal.[47]

Parâmetros diafragmáticos que podem ser obtidos a partir dessa visualização incluem a medida estática da espessura do diafragma e medidas dinâmicas, como a FEdi%.[47] Para a medida da FEdi%, utiliza-se a espessura obtida ao final da inspiração (Einsp) e a espessura obtida ao final da expiração (Eexp), aplicadas à fórmula ((Einsp – Eexp) /Eexp) x 100). Essa equação tem sido proposta por diversos autores.[49–53]

Um estudo demonstrou valores de FEdi% em crianças saudáveis de 0 a 8 anos. Quando observados os grupos por faixa etária, a mediana da fração de espessamento variou de 25,4% (desvio padrão (DP) = 10,4) nos 2 grupos etários mais jovens a 21,3% (DP = 7,1), no grupo etário mais velho.[53] Em crianças ventiladas, observou-se que a FEdi% teve média de 39,9% no grupo de sucesso para extubação e de 15,98% no grupo de falha; a média de idade desse grupo variou de 36 a 46 meses.[51] Lactentes em VNI após extubação apresentaram média de FEdi% de 30%.[52]

Um programa de educação teórico-prático é essencial para a realização do PoCUS, assim como a capacidade de ler, interpretar, discutir e relatar imagens, a fim de manter altos padrões e garantir a segurança do paciente. Os enfermeiros podem atingir graus semelhantes de habilidade quando comparados à categoria médica, após capacitação especializada e contínua.[54]

Na pandemia de COVID-19, o uso da US mostrou-se promissor para melhorar desfechos nos cuidados dos pacientes críticos. O equipamento auxiliou em diversos procedimentos e no apoio à tomada de decisão, como avaliação e inserção de cateteres e sondas, avaliação da condição pulmonar e direcionamento de intervenções. A US tornou-se amplamente disponível e os enfermeiros podem se beneficiar da integração dessa tecnologia em sua prática clínica no cuidado de pacientes críticos.[40]

O Conselho Federal de Enfermagem, por meio da Resolução nº 679/2021, autorizou os enfermeiros a realizarem US à beira do leito e em ambientes pré-

hospitalares para fins não diagnósticos, com o objetivo de orientar procedimentos e identificar fenômenos que possam ser tratados pela Enfermagem.[55]

A utilização da US para avaliação muscular vem sendo amplamente utilizada em pacientes críticos devido suas vantagens em ser não invasivo, indolor, rápido e fácil de ser aplicado. Além disso, vem sendo descrito como um método de alta reprodutibilidade e sensibilidade.[13,14]

Nesse contexto, a avaliação do diafragma por US e, mais recentemente, dos músculos abdominais (principalmente em lactentes que apresentam expiração ativa frequentemente), pode ser um importante aliado no entendimento do desconforto respiratório e da adequação do suporte ventilatório para a melhora do desconforto e trabalho muscular.[14,16]

A avaliação não invasiva do diafragma por meio de US ganhou popularidade em unidades de terapia intensiva adultas e pediátricas, visto que a sua disfunção pode ser subdiagnosticada devido a manifestações clínicas inespecíficas, como falha no desmame da ventilação mecânica, desconforto respiratório inexplicado, atelectasias e movimento abdominal paradoxal durante a respiração.[56]

A US também tem sido utilizada para identificar o sucesso do desmame da ventilação mecânica e a paralisia do diafragma. Em um estudo realizado com pacientes pediátricos, pôde-se observar que a US diafragmática é uma ferramenta viável e promissora para direcionar o desmame da ventilação mecânica invasiva. Entre todas as medidas, os índices de excursão diafragmática e fração de espessamento mostraram melhor desempenho na predição de falha de extubação do que outros parâmetros diafragmáticos avaliados, como a espessura inspiratória (EI) e espessura expiratória (EE), o declive inspiratório e a inclinação expiratória.[57]

3 MÉTODOS

3.1 Delineamento e local do estudo

Foi realizado um estudo clínico prospectivo na UTI Pediátrica de um hospital privado, no período de abril de 2024 a dezembro de 2025. Trata-se de um hospital de nível quaternário que possui 18 leitos de UTI Pediátrica com uma média de 1300 internações/ano. Destas, 350 são de casos de bronquiolite. A taxa de utilização de CNAF nesta população é em média 27%. Este estudo seguiu as diretrizes *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE) para estudos observacionais.[58]

3.2 População de interesse e elegibilidade

Foram elegíveis para o estudo lactentes com idade inferior a 2 anos com diagnóstico de bronquiolite e com indicação da utilização da CNAF.

3.3 Critérios de inclusão

Foram incluídos no estudo lactentes com idade inferior a 2 anos, com diagnóstico de bronquiolite e que estiveram em uso de CNAF por um período menor do que 18 horas, cujos pais aceitaram participar do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

3.4 Critérios de exclusão

Não foram incluídos no estudo pacientes portadores de doenças pulmonares crônicas (incluindo diagnóstico prévio de displasia broncopulmonar grave), cardiopatas, pacientes com malformações de vias aéreas superiores. Foram excluídos da análise lactentes que, por qualquer razão (choro intenso, descompensação clínica ou solicitação dos pais), não conseguissem concluir o protocolo na íntegra.

3.5 Protocolo

Os pacientes foram posicionados em decúbito dorsal elevado de 10 a 20 graus. Para avaliação, foram utilizadas 4 diferentes taxas de fluxo randomizadas: 2,0 litro.Kg-1.min-1, 1,5 litro.Kg-1.min-1, 1,0 litro.Kg-1.min-1, 0,5 litro.Kg-1.min-1. A avaliação com US e as variáveis clínicas foram coletadas ao final dos 5 minutos de permanência em cada faixa. Para auxiliar no posicionamento adequado e na captação das imagens por US, utilizaram-se estratégias de interação com música, brinquedos, distração com telas e bicos artificiais. Para os bebês que não cooperavam para a realização da US, o protocolo foi iniciado após eles adormecerem.

3.6 Randomização

A ordem de aplicação das 4 taxas de fluxo do CNAF (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) foi randomizada em blocos por meio do *Research Electronic Data Capture* (REDCap). A randomização foi realizada de modo que cada bloco contemplasse uma ocorrência de cada sequência possível em ordem aleatória, assegurando uma distribuição balanceada das diferentes sequências entre os participantes ao longo de todo o período de recrutamento. Essa estratégia foi adotada para minimizar potenciais vieses relacionados ao efeito de sequência e preservar o equilíbrio entre as intervenções, mesmo em caso de interrupção precoce da coleta de dados.[59]

3.7 Variáveis de interesse

Foram coletadas variáveis para caracterização demográfica, como idade, sexo, escore de *Pediatric Index of Mortality* e triagem viral, quando solicitado na rotina da internação.[60]

Das variáveis clínicas, a FC e SpO2 foram obtidas diretamente do monitor multiparamétrico *Infinity Delta* (Dräger, Lubeck, Alemanha).

Para avaliação do desconforto respiratório, foram utilizados o escore de desconforto respiratório descrito por Muñoz-Bonet JI (Quadro 1) e M-WCAS (Quadro

2).[32,33] Os dados acima foram incluídos em um instrumento de coleta de dados (Apêndice 1).

Quadro 1. Escore clínico de Muñoz-Bonet

	0	1	2
Retração esternal/intercostal	Ausente	Intercostal	Intercostal +esternal
Dissociação toraco-abdominal	Ausente	Moderado	Grave
Sibilos	Ausente	Moderado	Grave
Batimento de asa de nariz	Ausente	Moderado	Grave
Cianose (SpO_2)	Não (> 92%)	aa (<92%)	FiO_2>0,4(<92%)
Nível de consciência	Normal	Deprimido/agitado	Letárgico/muito agitado

SpO2: saturação de oxigênio, FiO2: Fração inspirada de oxigênio. 0: Ausência de desconforto respiratório, 1-3: Desconforto respiratório leve, 4-6: Desconforto respiratório moderado, >6: Desconforto respiratório grave.

Quadro 2. Escore de Wood Downes modificado

	0	0,5	1	2
$SatO_2$	> = 95% em AA	90 - 94% em AA	> = 90% com FiO_2>21%	< 90% com FiO_2>21%
Murmúrio Vesiculares	Normal	Levemente assimétrico	Muito assimétrico	Diminuído ou abolido
Sibilos	Ausente	Leve	Moderado	Grave
Musculatura Acessória	Ausente	Leve	Moderado	Grave
Nível de consciência	Normal	Agitado quando estimulado	Deprimido ou agitado	Muito Deprimido

$SatO_2$: Saturação de Oxigênio, AA: ar ambiente, FiO_2: Fração inspirada de oxigênio.

Tanto o escore de desconforto quanto a FR, a FC e a SpO2 foram avaliados ao final de 5 minutos em que os lactentes permaneceram em cada uma das fases de avaliação.

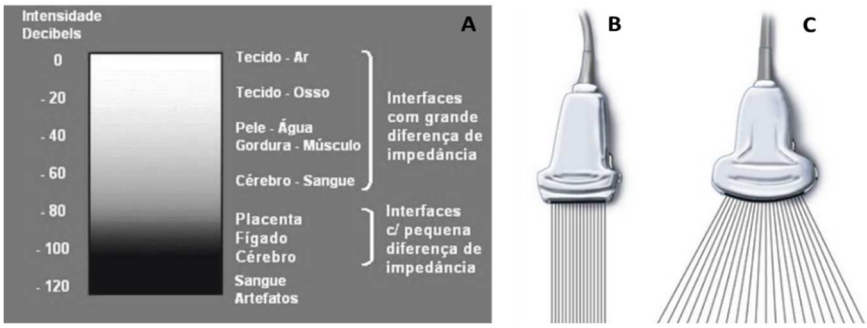
Todos os dados foram compilados e gerenciados no sistema de captura de dados eletrônicos REDCap, hospedado nos servidores do Einstein Hospital Israelita.[59] Os dados disponibilizados à equipe do projeto foram previamente anonimizados, de modo a assegurar a confidencialidade da identidade dos participantes e preservar a integridade das informações coletadas.

3.8 Materiais

3.8.1 Avaliação através da ultrassonografia

A US utiliza ondas sonoras de alta frequência, inaudíveis ao ouvido humano, geralmente na faixa de 2 a 20 MHz. Essas ondas são produzidas por cristais piezoelétricos presentes no transdutor, que convertem energia elétrica em pulsos ultrassônicos. Ao atravessarem os tecidos, as ondas sofrem transmissão, atenuação e reflexão em diferentes intensidades, de acordo com as propriedades acústicas e a densidade de cada estrutura. As imagens são formadas em escala de cinza, na qual tecidos de maior densidade apresentam maior refletividade e são visualizados como hiperecogênicos (tons claros ou brancos), enquanto tecidos de menor densidade refletem menos ondas e aparecem como hipoecogênicos (tons escuros ou pretos). (Figura 1).

O aparelho de US deve estar equipado com um transdutor, responsável pela conversão da energia elétrica em ondas sonoras. Os 2 tipos mais comuns de transdutores são: convexo, de baixa frequência (1-6 MHz), indicado para avaliação de estruturas profundas; e linear, de alta frequência (8-13 MHz), indicado para avaliação de estruturas superficiais. Neste estudo, utilizou-se somente o transdutor linear para avaliação da espessura do diafragma (Figura 1).



(A) Densidade do tecido. (B) Transdutores linear. (C) Transdutores convexo. Fonte: Adaptação de Cangiani LM, Nakashima ER, Gonçalves TAM, Pires OC, Bagatini A, editors. Atlas de técnicas de bloqueios regionais 3a ed. Rio de Janeiro: SBA; 2013.[61] Figura 4.4. As interfaces e as diferenças de impedância. p. 20.
Figura 1. Escala de cinza mostrada utilizada pela ultrassonografia

Além da escolha do transdutor, o modo da US também deve ser

selecionado durante a avaliação. O modo B (bidimensional) é o modo operacional mais utilizado no exame da US. A imagem retorna como um corte transversal da estrutura. Já o modo M (movimento) é utilizado para realizar medidas ao longo do tempo, como, por exemplo, alterações do movimento do diafragma.

Para análise do diafragma, avaliou-se o hemidiafragma direito utilizando transdutor linear (8–13 MHz) posicionado entre as linhas axilar anterior e axilar média, entre o 7º e 10º espaço intercostal, na zona de aposição diafragmática (Figura 2 A e B).[47,49] As imagens foram realizadas por 2 profissionais previamente treinados, utilizando o aparelho de US GE *Versana Active* (São Paulo, Brasil). O modo bidimensional (modo B) foi utilizado para identificar o diafragma e, em seguida, o modo M foi utilizado para medir a espessura e visualizar o movimento diafragmático. No modo M, o diafragma foi visualizado como uma linha ecogênica movendo-se livremente durante a inspiração e a expiração.

Para a medida da FEdi%, utilizou-se a fórmula ((Einsp – Eexp) /Eexp) x 100). Todas as medidas foram realizadas em 3 ciclos respiratórios, e o valor final correspondeu à média das 3 medidas (Figura 2 C).

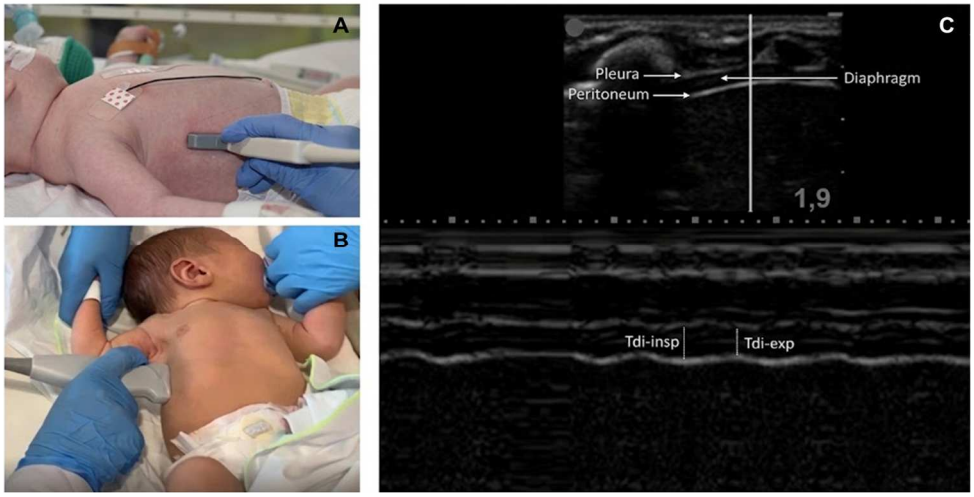


Figura 2. Posicionamento do transdutor no hemidiafragma direito

3.8.2 Equipamento de alto fluxo

Para realização da terapia com CNAF, foram utilizados um dos 2 sistemas disponíveis na UTIP: o *Precision Flow* e o *Optflow*. O sistema *Precision Flow* (Vapotherm, New Hampshire, EUA) foi utilizado com cânulas de 4 tamanhos diferentes

(infantil, infantil intermediária, pediátrico/pequeno, pediátrico/adulto pequeno). Os diâmetros das cânulas e os fluxos máximos variam, respectivamente, de 1,9mm e 8L/min nos tamanhos infantil e infantil intermediário, 1,9mm e 20L/min no pediátrico/pequeno e 2,7mm e 40L/min no pediátrico/adulto pequeno. A cânula a ser utilizada foi definida conforme recomendação do fabricante, sendo a relação diâmetro cânula/narina obtida por meio da razão matemática entre o diâmetro da cânula descrito pelo fabricante e a medida da narina realizada com paquímetro.

O sistema *Optflow* (*Fisher & Paykel Healthcare*, Auckland - Nova Zelândia), inclui o sistema AIRVO ou o sistema MR850, com o kit RT330 de cânulas de oxigênio *Optflow*. As cânulas nasais *Optflow Junior* (*Fisher and Paykel Healthcare*) possuem 2 tamanhos (OPT316 Infant e OPT 318 *Pediatric*), com diâmetros de cânula e fluxos máximos que variam, respectivamente, de 4,0 mm e 20L/min no modelo *Infant* e 4,2mm e 25L/min no modelo pediátrico.

3.9 Considerações estatísticas

Os dados foram descritos por frequências absolutas e relativas para as variáveis categóricas e por médias e DP, medianas e quartis, além dos valores mínimos e máximos para as variáveis numéricas. As distribuições das variáveis numéricas foram estudadas por meio de *boxplots* e por testes de normalidade de Shapiro-Wilk.[62] Foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson para correlação linear entre duas variáveis quantitativas.

Para avaliar a associação entre os escores de desconforto respiratório, as medidas de espessamento do diafragma e os diferentes fluxos da CNAF, foram utilizadas equações de estimação generalizadas (GEE - *Generalized estimation equations*). Essa abordagem permite a inferência de efeitos médios populacionais e considera a correlação entre medidas repetidas obtidas no mesmo paciente ao longo dos diferentes fluxos avaliados. A partir dos modelos ajustados, foram estimadas médias marginais, o que facilita a interpretação clínica dos efeitos dos fluxos sobre os desfechos analisados.[63]

As medidas avaliadas nas diferentes fases foram comparadas por modelos de GEE, considerando a estrutura de dependência de simetria composta, de forma a contemplar a dependência entre as diferentes fases observadas em um mesmo

participante.[64] Além disso, com o objetivo de medir a correlação entre as medidas de um mesmo indivíduo, foi calculado e apresentado o coeficiente de correlação intra indivíduo.[64] Os resultados foram apresentados por valores estimados em cada fase, intervalos de 95% de confiança, variações estimadas em relação à fase referência e valores-p.

Para os desfechos do M-WCAS e FEdi% foram especificados modelos com distribuição normal e função de ligação identidade, por apresentarem comportamento aproximadamente simétrico. Para o escore total de Muñoz, variável de contagem, foi utilizada distribuição de Poisson com função de ligação *log*.[65] Foi estimado o coeficiente de correlação intra indivíduo para quantificar a dependência entre medidas repetidas no mesmo participante.

Também por meio dos GEEs utilizados, avaliou-se se as alterações nas medidas de fração do espessamento do diafragma estão relacionadas às alterações dos escores de desconforto respiratório. As análises foram realizadas com o auxílio do programa R,[66] considerando nível de significância 5%.

3.10 Benefícios esperados do projeto

O benefício é em longo prazo na geração de conhecimento e na aplicação dos resultados para pacientes futuros, por meio da avaliação objetiva do desconforto respiratório e da otimização da escolha do suporte ventilatório mais indicado para lactentes com bronquiolite.

Foi elaborado um documento institucional descrevendo o padrão de prática para utilização da US para a avaliação do esforço respiratório em lactentes, com o objetivo de direcionar a equipe multiprofissional (Apêndice 2).

3.11 Potenciais riscos e eventos adversos

O risco ao participante da pesquisa foi mínimo e esteve relacionado à possibilidade de perda de confidencialidade dos dados. Para minimizar esse risco, os pesquisadores comprometeram-se a manejar e analisar todas as informações de forma não identificada, preservando a identidade dos participantes.

Os dados foram disponibilizados aos pesquisadores de forma anonimizada, com o intuito de preservar a confidencialidade da identidade dos participantes e assegurar a integridade das informações. O acesso à base de dados armazenada na plataforma REDCap foi restrito aos membros da equipe de pesquisa, os quais foram responsáveis por garantir a confidencialidade, a segurança e a integridade dos dados durante todas as etapas do estudo.

3.12 Confidencialidade e tratamento dos dados

Os dados foram obtidos por meio da observação direta dos sinais clínicos dos pacientes e da consulta aos respectivos prontuários eletrônicos. Todas as informações coletadas foram registradas e gerenciadas na plataforma de captura eletrônica de dados REDCap, hospedada nos servidores do Einstein Hospital Israelita.[60]

Os dados gerados durante o estudo foram tratados de forma confidencial e em conformidade com as normas de proteção de dados vigentes, assegurando a privacidade dos participantes e a integridade das informações, conforme estabelecido pela Lei Geral de Proteção de Dados (Lei nº 13.709/2018). Os documentos físicos relacionados à pesquisa permanecerão arquivados na instituição, sob a responsabilidade do pesquisador responsável, em local seguro e com acesso restrito.

3.13 Aspectos éticos

Este estudo foi submetido ao CEP do Einstein Hospital Israelita, e solicitado dispensa do TCLE, pois o objetivo principal deste estudo está descrito como objetivo secundário no estudo intitulado *"*Avaliação da aeração pulmonar e da fração de espessamento muscular em lactentes com bronquiolite em uso de cânula nasal de alto fluxo: associação da tomografia de impedância elétrica e do ultrassom*."* Aprovado pelo CEP do Einstein Hospital Israelita, sob o CAEE nº 75202423.2.0000.0071 e número de aprovação institucional no Sistema de Gerenciamento de Projetos (SGPP) nº 6013.

O estudo foi conduzido em conformidade com os princípios éticos estabelecidos pela Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde, bem como pela Declaração de Helsinque e suas revisões subsequentes.

Previamente ao início da pesquisa, foi obtida a autorização do gestor do Departamento Materno-Infantil para a realização do estudo.

Por não haver dados de FEdi% por US que pudessem ser utilizados para estimativa de tamanho amostral, foi considerada uma amostra de conveniência dos 82 pacientes estimadas para o projeto *"*Avaliação da aeração pulmonar e da fração de espessamento muscular em lactentes com bronquiolite em uso de cânula nasal de alto fluxo: associação da tomografia de impedância elétrica e do ultrassom*".*

Considerou-se, portanto, o número de 82 pacientes como necessário para o estudo. Esse tamanho amostral alcançaria poder de 80% para detectar significância estatística de coeficientes de correlação de pelo menos 0,31 (positivos ou negativos), utilizando teste de hipótese bilateral com nível de significância de 5%. O tamanho amostral foi estimado com auxílio do programa PASS.[65]

Entretanto, durante o período de coleta, foram incluídos 36 pacientes, que compuseram a análise final.

4 RESULTADOS

Conforme detalhado no fluxograma de inclusão (Figura 3), dos 42 pacientes inicialmente selecionados, 6 foram excluídos: 4 devido ao choro excessivo, que impediu a conclusão do protocolo e 2 por perda de dados ultrassonográficos. Assim, a amostra final foi composta por 36 pacientes, que foram submetidos a 4 taxas de fluxo da CNAF aplicadas em ordem aleatória, e cada uma mantida por 5 minutos: 0,5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (referência), 1,0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, 1,5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ e 2,0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$.

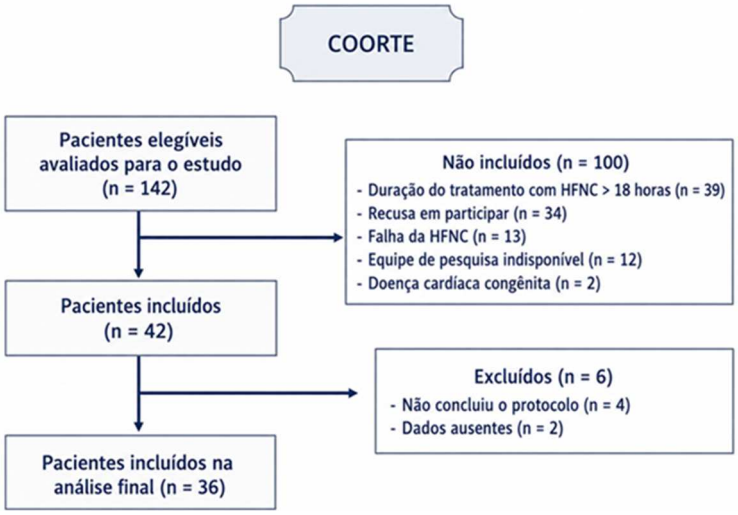


Figura 3. Fluxograma de inclusão dos pacientes

Dos 36 pacientes avaliados, 52,8% eram do sexo masculino, com média de idade de 5,9 meses e peso médio de 7,1 kg. 32 pacientes (88,9%) foram submetidos à triagem viral, sendo os agentes mais frequentes o VSR (55,6%) e o rinovírus (30,6%). O tempo médio de utilização da CNAF foi de 54,9 horas. O tempo médio de internação em UTIP foi de 4,1 dias e o de internação hospitalar, de 5,6 dias. As características demográficas e clínicas dos pacientes na íntegra estão descritas na tabela 1.

Tabela 1. Descrição demográfica, características clínicas e utilização do cateter nasal de alto fluxo

	Frequências e Medidas
Sexo - n (%)	
Masculino	19 (52,8)
Feminino	17 (47,2)
Idade (meses)	5,9 (4,0)*
Peso (kg)	7,1 (2,1)*
Tempo de internação hospitalar (dias)	5,6 (2,5)*
Tempo de internação UTI (dias)	4,1 (1,8)*
Triagem viral n (%)	
Sim	32 (88,9)
Triagem viral por tipo - n (%)	
VSR	20 (55,6)
Rinovírus	11 (30,6)
Enterovírus	7 (19,4)
Metapneumovírus	3 (8,3)
Adenovírus	1 (2,8)
Parainfluenza 3	1 (2,8)
Bocavírus	1 (2,8)
Triagem negativa	1 (2,8)
Tempo de utilização CAF (horas)	54,9 (25,3)*
Desfecho pós retirada da CNAF - n (%)	
Falha	5 (13,9)*
Sucesso	31 (86,1)*
Se sucesso - n (%)	
Ar ambiente	24 (77,4)*
Oxigenoterapia convencional	7 (22,6)*
Se falha - n (%)	
VNI	5 (13,9)*
VMI	0*

*Os variáveis numérica estão apresentadas por média e desvio-padrão. VSR: Vírus sincicial respiratório. CAF: Cateter nasal de alto fluxo. CNAF: Cateter nasal de alto fluxo. VNI: Ventilação não invasiva. VMI: Ventilação mecânica invasiva. n=36.

A FR e FC apresentou valor médio semelhante entre os fluxos avaliados. A FR média variou de 50 a 54 incursões por minuto, sendo menor no fluxo 2,0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, e maior no fluxo 1,0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. A FC média variou de 136 bpm no fluxo 0,5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ a 141 bpm no fluxo 2,0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. A $SatO_2$ apresentou comportamento semelhante ao das demais variáveis, com média entre 95,77% e 96,4%, sendo o menor valor observado no fluxo 1,5 $L \cdot kg^{-1}$ (95%) e o maior no fluxo de 2,0 $L \cdot kg^{-1}$ (96%).

4.1 Escore de Muñoz

O escore total de Muñoz apresentou redução gradativa com o aumento da taxa de fluxo, sendo de 2,67 no fluxo de 0,5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ e 1,66 no fluxo de

2,0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Quanto à classificação do escore de Muñoz, observou-se predomínio de desconforto respiratório leve a partir do fluxo de 1,0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ e maior proporção de pacientes classificados com desconforto moderado (27,8%) no fluxo de 0,5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Na avaliação detalhada de cada item do escore de Muñoz, observa-se que os itens de maiores modificações com o aumento da taxa de fluxo foram aqueles relacionados ao esforço respiratório.

No item "tiragem intercostal", 55,6% dos pacientes estavam na pontuação máxima do escore, enquanto apenas 8% apresentaram pontuação 0 no fluxo de 0,5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Uma melhora considerável foi observada neste item com o aumento de taxa de fluxo para 2,0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, pois, nessa condição, apenas 8,6% dos pacientes estavam na pontuação máximo do escore, enquanto 22,9% alcançaram pontuação zero.

O mesmo padrão de alteração foi observado no item "dissociação toracoabdominal", no qual 77,8% dos pacientes pontuaram zero no fluxo de 0,5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, em comparação a 97,1% na taxa de fluxo de 2,0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$.

Batimento de asa de nariz, sibilo expiratório, cianose e nível de consciência apresentaram pouca variação em relação à alteração na vigência dos diferentes fluxos. No que diz respeito ao sibilo expiratório, mais de 71% dos pacientes não apresentaram esse achado em todos os fluxos avaliados. Quanto à cianose, mais de 60% dos pacientes não apresentaram o sinal clínico, sendo a maior proporção de cianose em ar ambiente observada no fluxo de 0,5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (33,3%), assim como nível de consciência, que se manteve sem alteração em mais de 85% da amostra. Os dados detalhados referentes a esses achados clínicos encontram-se apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Características clínicas por fluxo escore Muñoz

	Fluxo 0,5	Fluxo 1,0	Fluxo 1,5	Fluxo 2,0
Tiragem intercostal - n (%)				
Nenhuma	3 (8,3)	3 (8,6)	5 (14,3)	8 (22,9)
Intercostal	13 (36,1)	20 (57,1)	19 (54,3)	24 (68,6)
Intercostal e esternal	20 (55,6)	12 (34,3)	11 (31,4)	3 (8,6)
Sem informação	0	1	1	1
Dissociação tóraco-abdominal - n (%)				
Não	28 (77,8)	33 (94,3)	32 (91,4)	34 (97,1)
Moderada	7 (19,4)	1 (2,9)	3 (8,6)	0 (0,0)
Alta	1 (2,8)	1 (2,9)	0 (0,0)	1 (2,9)
Sem informação	0	1	1	1
Batimento asa - n (%)				
Não	31 (86,1)	33 (94,3)	32 (91,4)	32 (91,4)
Suave	3 (8,3)	0 (0,0)	3 (8,6)	2 (5,7)
Severa	2 (5,6)	2 (5,7)	0 (0)	1 (2,9)
Sem informação	0	1	1	1
Sibilo expiratório - n (%)				
Não	27 (75,0)	28 (80,0)	25 (71,4)	28 (80,0)
Na ausculta	7 (19,4)	6 (17,1)	9 (25,7)	7 (20,0)
Sim	2 (5,6)	1 (2,9)	1 (2,9)	0 (0,0)
Sem informação	0	1	1	1
Cianose - n (%)				
Não (> 92)	24 (66,7)	26 (74,3)	23 (65,7)	24 (68,6)
Em ar ambiente (< 92)	12 (33,3)	8 (22,9)	11 (31,4)	11 (31,4)
Com FiO2 > 0,4 (< 92)	0 (0,0)	1 (2,9)	1 (2,9)	0 (0,0)
Sem informação	0	1	1	1
Nível de consciência - n (%)				
Não	32 (88,9)	30 (85,7)	32 (91,4)	32 (91,4)
Depressão/inquietação	4 (11,1)	3 (8,6)	3 (8,6)	2 (5,7)
Letargia/inquietação	0 (0,0)	2 (5,7)	0 (0,0)	1 (2,9)
Sem informação	0	1	1	1
Escore Muñoz total				
Média	2,67	2,17	2,11	1,66
Classificação escore de Muñoz – n (%)				
Ausência de desconforto	1 (2,8)	1 (2,9)	3 (8,6)	5 (14,3)
Desconforto leve	24 (66,7)	29 (82,9)	28 (80,0)	28 (80,0)
Desconforto moderado	10 (27,8)	4 (11,4)	4 (11,4)	1 (2,9)
Desconforto grave	1 (2,8)	1 (2,9)	0 (0,0)	1 (2,9)
Sem informação	0	1	1	1

FiO2: Fração inspirada de oxigênio. n=36.

A evolução dos valores do escore de Muñoz nas 4 taxas de fluxo avaliadas apresentou redução significativa com o aumento da taxa de fluxo, porém, sem impacto clínico relevante. A associação entre o escore total de Muñoz e o fluxo CNAF foi avaliada por meio de GEE, sendo observada associação estatisticamente significativa, com coeficiente de correlação intraindivíduo elevado (0,8), de acordo com a figura 4 e a tabela 3.

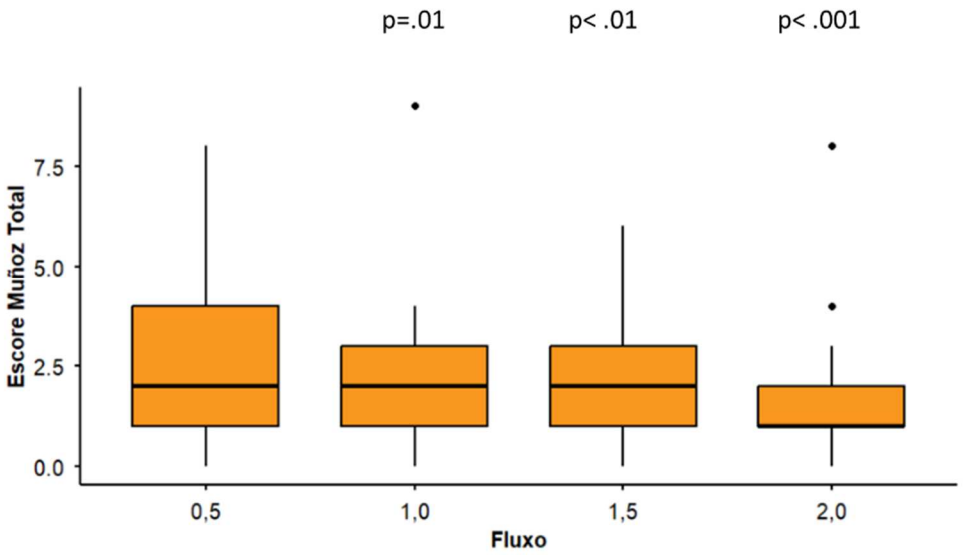


Figura 4. Variação do escore clínico de desconforto respiratório sob diferentes taxas de cateter nasal de alto fluxo

Tabela 3. Escore total de Muñoz por fluxo cateter nasal de alto fluxo e associação

Fluxo	Média estimada do escore total Muñoz (IC 95%)	Razão estimada na média do escore total de Muñoz	Valor-p
0,5	2,67 (2,15; 3,30)	referência	referência
1,0	2,20 (1,73; 2,78)	0,824	0,014
1,5	2,13 (1,72; 2,64)	0,801	0,005
2,0	1,68 (1,26; 2,24)	0,631	< 0,001

4.2 Escore Wood Downes modificado

O M-WCAS apresentou pouca variação, com 2,5 no fluxo de 0,5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ e de 1,9 no fluxo de 2,0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, caracterizando, em todos os fluxos, desconforto leve.

Na avaliação detalhada de cada item do escore, o item “uso de musculatura acessória” foi o que apresentou maior variação entre os fluxos, sendo que, na taxa de fluxo de 0,5, 33% dos pacientes apresentavam pontuação máxima do escore, enquanto apenas 8,6% dos pacientes na taxa de fluxo de 2,0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Os itens “saturação de oxigênio” e “murmúrios vesiculares” apresentaram pouca variação com o aumento da taxa de fluxo, de acordo com a tabela 4.

Tabela 4. Características clínicas do escore de Wood Downes modificado por fluxo

	Fluxo 0,5	**Fluxo 1,0**	**Fluxo 1,5**	**Fluxo 2,0**
Saturação O2 - n (%)				
>= 95% em AA	3 (8,3)	3 (8,6)	3 (8,6)	4 (11,4)
90 - 94% em AA	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
> 90% com FiO2 > 0,21	33 (91,7)	31 (88,6)	32 (91,4)	31 (88,6)
< 90% com FiO2 > 0,21	0 (0,0)	1 (2,9)	0 (0,0)	0 (0,0)
Sem informação	0	1	1	1
Murmúrios vesiculares - n (%)				
Normal	36 (100,0)	35 (100,0)	35 (100,0)	35 (100,0)
Levemente assimétrico	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Muito assimétrico	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Diminuído ou abolido	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Sem informação	0	1	1	1
Sibilos - n (%)				
Ausente	27 (75,0)	27 (77,1)	25 (71,4)	28 (80,0)
Leve	3 (8,3)	1 (2,9)	4 (11,4)	3 (8,6)
Moderada	4 (11,1)	5 (14,3)	5 (14,3)	2 (5,7)
Grave	2 (5,6)	2 (5,7)	1 (2,9)	2 (5,7)
Sem informação	0	1	1	1
Musculatura acessória - n (%)				
Ausente	2 (5,6)	4 (11,4)	4 (11,4)	9 (25,7)
Leve	8 (22,2)	6 (17,1)	13 (37,1)	8 (22,9)
Moderada	14 (38,9)	21 (60,0)	9 (25,7)	15 (42,9)
Grave	12 (33,3)	4 (11,0)	9 (25,7)	3 (8,6)
Sem informação	0	1	1	1
Nível de consciência - n (%)				
Normal	31 (86,1)	31 (88,6)	32 (91,4)	32 (91,4)
Agitado quando estimulado	1 (2,8)	2 (5,7)	2 (5,7)	0 (0,0)
Deprimido ou agitado	4 (11,1)	2 (5,7)	1 (2,9)	3 (8,6)
Muito deprimido	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Sem informação	0	1	1	1
M-WCAS				
Média	2,5	2,2	2,2	1,9
n; sem informação	36; 0	35; 1	35; 1	35; 1

AA: Ar ambiente: Fração inspirada de oxigênio. M-WCAS: Escore de Wood Downes modificado.

A evolução dos valores de M-WCAS nas 4 taxas de fluxo avaliadas apresentou redução significativa com o aumento da taxa de fluxo, porém, sem impacto clínico relevante. A associação entre o valor total de M-WCAS e a taxa de fluxo de CNAF evidenciou efeito significativo do fluxo sobre o escore, com coeficiente de correlação intraindivíduo de moderado a alto (0,712), de acordo com a figura 5 e tabela 5.

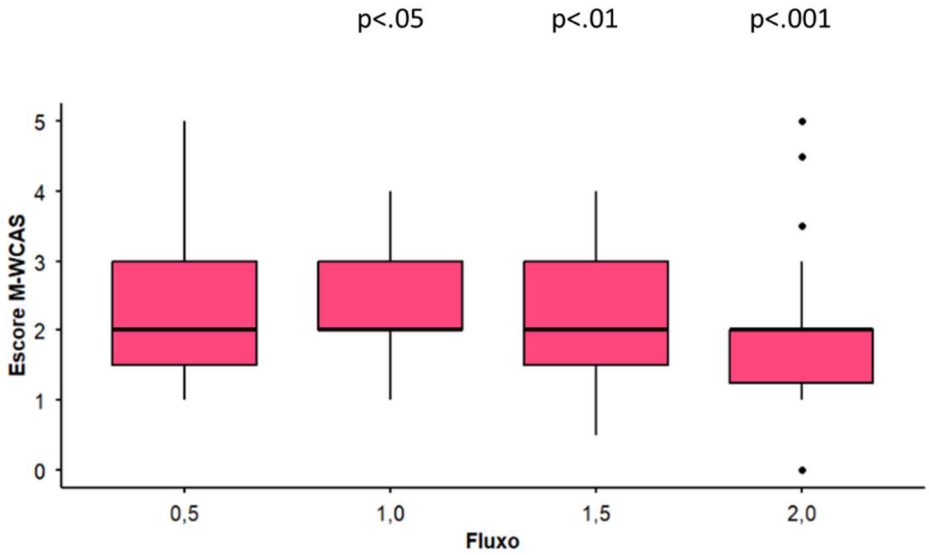


Figura 5. Variação do escore clínico de desconforto respiratório sob diferentes taxas de cateter nasal de alto fluxo

Tabela 5. Escore de Wood Downes modificado por fluxo cateter nasal de alto fluxo e associação

Fluxo	Média estimada de M-WCAS (IC 95%)	Alteração estimada na média de M-WCAS	Valor-p
0,5	2,47 (2,13; 2,81)	Referência	referência
1,0	2,24 (1,98; 2,50)	-0,230	0,032
1,5	2,19 (1,89; 2,49)	-0,279	0,012
2,0	1,93 (1,58; 2,27)	-0,544	< 0,001

M-WCAS: Escore de Wood Downes modificado.

4.4 Fração de espessamento do diafragma

Por meio da US, foram mensuradas as espessuras do diafragma nos momentos inspiratórios e expiratórios e, a partir dessas medidas, foi calculada a FEdi% para cada fluxo avaliado, como demonstrado na tabela 6.

Tabela 6. Espessura de inspiração e de expiração do diafragma em ultrassonografia por fluxo

	Fluxo 0,5	Fluxo 1,0	Fluxo 1,5	Fluxo 2,0
Einsp				
Média (DP)	0,26* (0,07)	0,25* (0,07)	0,24* (0,07)	0,26* (0,07)
Eexp				
Média	0,18*(0,05)	0,2* (0,06)	0,18* (0,05)	0,19* (0,05)
Fração de Espessamento (FEdi%)				
Mediana	37**	27**	29**	33**
1º; 3º quartil	27; 60**	17; 39**	19; 39**	22; 46**

*Os valores da Einsp/Eexp são apresentados por média e DP. **Valores da FEdi% são representados por mediana e intervalo interquartil. Einsp: Espessura obtida ao final da inspiração. Eexp: Espessura obtida ao final da expiração.

As médias estimadas da FEdi% demonstraram maior atividade diafragmática na taxa de fluxo de referência de 0,5 L·kg⁻¹·min⁻¹ (FEdi% = 42%), com redução acentuada nas taxas de fluxo intermediárias (30% em 1,0 L·kg⁻¹·min⁻¹ e 1,5 L·kg⁻¹·min⁻¹; p=0,001) e recuperação parcial em 2,0 L·kg⁻¹·min⁻¹ (35%; p = 0,01), de acordo com a figura 6 e tabela 6.

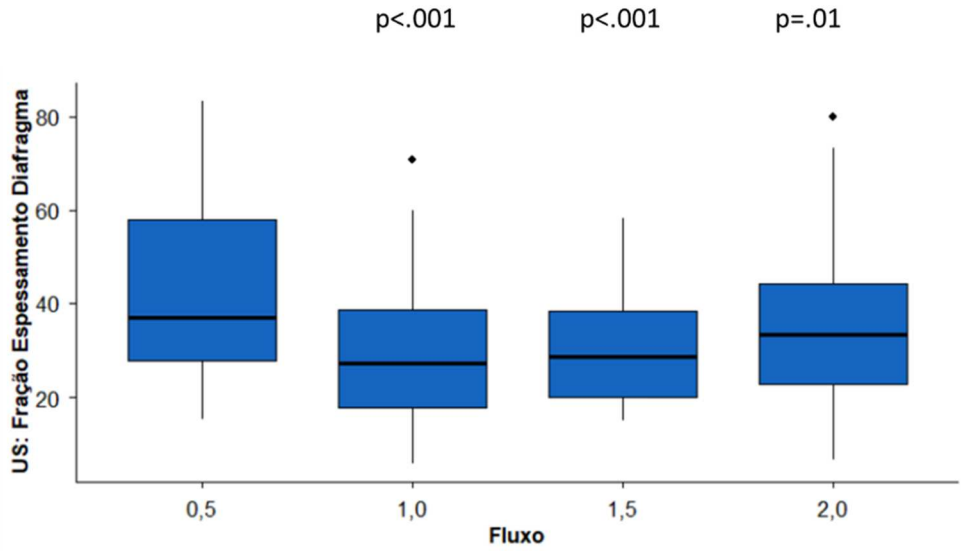


Figura 6. Variação da fração de espessamento do diafragma avaliada por ultrassonografia em diferentes taxas de fluxo de cateter nasal de alto fluxo

Na tabela 7 foi avaliada a associação entre a FEdi% e o fluxo de CNAF. Observou-se redução significativa da fração de espessamento nos fluxos 1,0 L·kg⁻¹·min⁻¹, 1,5 L·kg⁻¹·min⁻¹ e 2,0 L·kg⁻¹·min⁻¹, em comparação ao fluxo de 0,5 L·kg⁻¹·min⁻¹, sendo as maiores reduções observadas nos fluxos de 1,0 L·kg⁻¹·min⁻¹ e 1,5 L·kg⁻¹·min⁻¹. O coeficiente de correlação intraindivíduo foi moderado, com valor de 0,41.

Tabela 7. Fração de espessamento do diafragma por fluxo cateter nasal de alto fluxo e associação

Fluxo	Média estimada do espessamento do diafragma (IC 95%)	Alteração estimada na média do espessamento do diafragma	Valor-p
0,5	42,43 (35,67; 49,20)	referência	referência
1,0	30,32 (25,21; 35,42)	-12,114	< 0,001
1,5	30,00 (26,40; 33,60)	-12,432	< 0,001
2,0	36,03 (30,16; 41,89)	-6,406	0,019

4.4 Análise de associação

Com o objetivo de avaliar a associação entre os escores de Muñoz e M-WCAS na mensuração do desconforto respiratório, foi analisada a associação entre a classificação de Muñoz e o M-WCAS. Na avaliação do escore de Muñoz como variável categórica e do M-WCAS como variável numérica, observou-se associação estatisticamente significativa entre as medidas, com aumento progressivo do M-WCAS, conforme a elevação da classificação de Muñoz. Em comparação ao grupo de referência (Muñoz = 0), pacientes clasificados como Muñoz 1, 2 e 3 apresentaram aumentos médios de 0,768, 1,802 e 2,505 pontos no M-WCAS, respectivamente (valor-p<0,001 para todas as comparações), de acordo com a tabela 8. O coeficiente de correlação intraindivíduo foi moderado, com valor de 0,582.

Tabela 8. Escore de Wood Downes modificado por classificação de Muñoz e associação

Classificação de Muñoz	Média estimada de M-WCAS (IC 95%)	Alteração estimada na média de M-WCAS	Valor-p
Ausência de desconforto	1,31 (1,01; 1,62)	referência	referência
Desconforto leve	2,08 (1,88; 2,28)	0,768	< 0,001
Desconforto moderado	3,12 (2,70; 3,54)	1,802	< 0,001
Desconforto grave	3,82 (3,58; 4,06)	2,505	< 0,001

M-WCAS: *Escore de* Wood Downes modificado.

Na avaliação de ambos os escores como variáveis numéricas, foram elaborados gráficos de dispersão entre os escores de Muñoz e M-WCAS, entre o escore total de Muñoz e a FEdi%, bem como entre o M-WCAS e a FEdi%. Assim, observou-se tendência de aumento do escore total de Muñoz à medida que o M-WCAS se eleva, o que sugere associação positiva entre os escores. O coeficiente de correlação linear de Pearson entre as duas variáveis foi de 0,747 (Figura 7A).

Na comparação entre o escore total de Muñoz e a FEdi%, bem como entre o M-WCAS e a FEdi%, não se observou associação visual tão evidente quanto aquela identificada entre os 2 escores. O coeficiente de correlação linear entre o escore total de Muñoz e a FEdi% foi de 0,011 (Figura 7B), enquanto o coeficiente de correlação entre o M-WCAS e a FEdi% foi de 0,005 (Figura 7C).

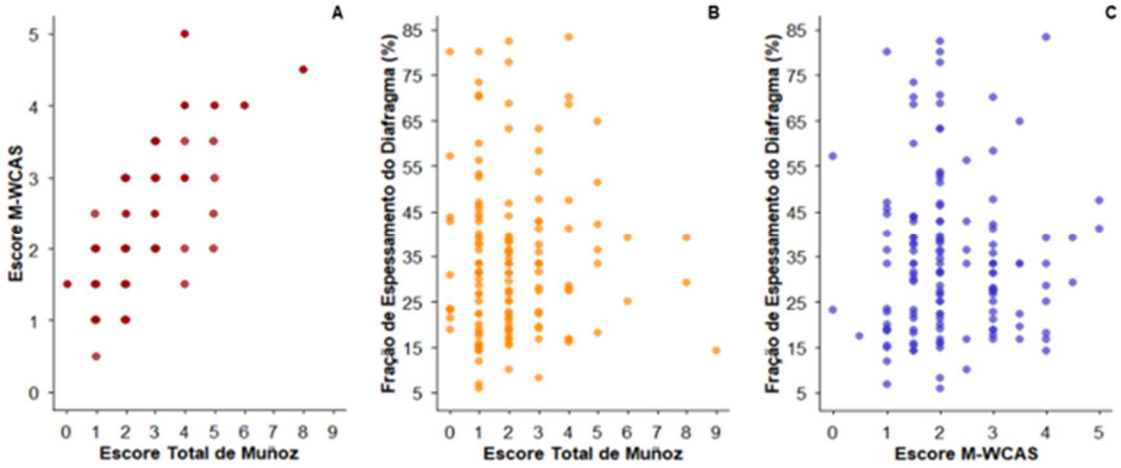


Figura 7. Análise de correlação entre os escores clínicos de desconforto respiratório e a fração de espessamento do diafragma avaliada por ultrassonografia

4.5 Artigo submetido

O artigo foi submetido para publicação no período científico Intensive and Critical Care Nursing, ISSN: 0964-3397. Fator de impacto: 5.1. Classificação Qualis-CAPES: A1 (Apêndice 3).

5 DISCUSSÃO

Neste estudo, observou-se que diferentes taxas de fluxo da CNAF influenciaram significativamente os escores clínicos de desconforto respiratório e a FEdi% em lactentes com bronquiolite. Houve redução progressiva dos escores de Muñoz e M-WCAS, bem como da FEdi%, com o aumento das taxas de fluxo, o que sugere melhora clínica do desconforto respiratório durante o suporte com CNAF. Além disso, foi identificada associação positiva entre os 2 escores clínicos, o que demonstra comportamento semelhante na avaliação da gravidade respiratória. Entretanto, não foi observada correlação entre os escores clínicos e a FEdi% avaliada por US, sugerindo que essas ferramentas possam refletir dimensões distintas do esforço respiratório.

Enquanto os escores clínicos contemplam manifestações globais da doença, incluindo oxigenação, ausculta pulmonar e estado neurológico, a US diafragmática parece representar de forma mais específica a atividade muscular respiratória.[11,56] No presente estudo observou-se efeito significativo das diferentes taxas de fluxo da CNAF sobre os escores clínicos avaliados, com maiores pontuações associadas aos menores fluxos, além de uma associação positiva entre os escores de Muñoz e M-WCAS. Esses achados reforçam que ambos os instrumentos apresentam comportamento semelhante na avaliação do desconforto respiratório em lactentes com bronquiolite.

Em uma revisão sistemática que avaliou 32 escores clínicos para bronquiolite, demonstraram importante heterogeneidade entre as escalas disponíveis, tanto em relação aos parâmetros utilizados, quanto à capacidade discriminativa e à validade clínica, e apenas 6 escalas apresentaram melhores propriedades psicométricas, entre elas a Wood-Downes e o M-WCAS.[12] A FR, sibilos e retrações foram os itens mais frequentemente utilizados.[12] Contudo, neste estudo, a FR e a presença de sibilos apresentaram pouca variação entre os diferentes fluxos avaliados, enquanto os itens relacionados ao esforço respiratório, especialmente retrações e uso de musculatura acessória, foram os que mais contribuíram para a modificação dos escores, o que pode impactar na pontuação final e influenciar em sua interpretação.

No estudo de validação do M-WCAS para lactentes com bronquiolite, foi observado que pontuações mais elevadas estavam associadas à maior necessidade de admissão em terapia intensiva, especialmente em pacientes classificados com escore

moderado a grave, ou seja, acima de 4 pontos.[33] Neste estudo, apesar de ter sido observada redução estatisticamente significativa do M-WCAS com o aumento do fluxo da CNAF, os valores médios permaneceram entre 1 e 3 pontos em todas as fases avaliadas, caracterizando predominantemente desconforto respiratório leve.

Dessa forma, embora a análise estatística tenha demonstrado associação entre fluxo e escore clínico, a magnitude dessa diferença parece apresentar relevância clínica limitada. Esse achado pode ser explicado pelo perfil da população estudada, composta majoritariamente por lactentes com menor gravidade clínica e baixa taxa de falha da CNAF, o que reduz a variabilidade dos escores e possivelmente limita sua capacidade discriminativa para detectar mudanças clínicas mais expressivas relacionadas ao suporte ventilatório.

Diversas ferramentas de pontuação clínica têm sido propostas para avaliação da bronquiolite; porém, sua capacidade preditiva permanece incerta, não havendo evidência de superioridade entre elas na identificação de casos mais graves. Essa limitação está relacionada, em parte, à escassez de escores construídos de forma robusta e à ausência de grandes estudos prospectivos de validação em diferentes contextos clínicos.[67,68]

Em consonância com esses achados, uma revisão sistemática recente evidenciou ampla variabilidade entre os escores utilizados na avaliação de infecções por VSR, tanto em seus componentes, quanto na forma de aplicação e validade. Embora alguns instrumentos possam auxiliar no monitoramento da evolução clínica e na tomada de decisões terapêuticas, a maioria ainda carece de padronização, confiabilidade, reprodutibilidade e adequada capacidade preditiva em distintas populações e cenários assistenciais.[69]

Além disso, foi observado neste estudo que os escores não são compostos apenas por componentes que refletem o esforço muscular, como nível de consciência e cianose, os quais podem ser influenciados por outros aspectos clínicos. Da mesma forma, um outro estudo demonstrou baixa concordância entre diferentes escores de bronquiolite, o que sugere que, apesar de alguns instrumentos apresentarem maior sensibilidade ou melhor concordância interavaliador, nenhum deles demonstrou precisão ideal.[68]

Estudos sugerem que um escore combinado, que integre parâmetros clínicos e ultrassonográficos, pode ser um preditor confiável para direcionar o suporte respiratório em pacientes com bronquiolite.[70,71] Apesar de não ter sido foco do presente

estudo, a US pulmonar tem surgido em alguns trabalhos como ferramenta para avaliar a gravidade clínica, nortear o escalonamento de suporte respiratório e prever desfechos clínicos em crianças com bronquiolite.[28,70,71]

Alguns estudos exploraram o papel potencial da função diafragmática em lactentes com bronquiolite.[17,49,58,72-74] Portanto, até onde se sabe, este é o primeiro estudo a analisar a variação da FEdi% do diafragma e 4 diferentes taxas de fluxos da CNAF. Os resultados demonstraram redução significativa da FEdi% nos fluxos de 1,0; 1,5 e 2,0 L/kg/min em comparação ao fluxo de 0,5 L/kg/min, sendo as maiores reduções observadas nos fluxos de 1,0 e 1,5 L/kg/min.

Esses achados sugerem que o aumento do fluxo da CNAF esteve associado à redução da atividade contrátil diafragmática, e possivelmente reflete na diminuição do trabalho respiratório promovida pelo suporte respiratório. Esse comportamento é coerente com os mecanismos fisiológicos atribuídos à CNAF, incluindo redução da resistência das vias aéreas, geração de pressão positiva expiratória e lavagem do espaço morto nasofaríngeo.[31]

Nesse contexto, os valores de FEdi% observadas neste estudo variaram entre 27% e 37%, em uma população com média de idade de 5,9 meses. Esses valores foram semelhantes aos descritos em outros cenários pediátricos. Em lactentes saudáveis entre 0 e 6 meses, foi descrita FEdi% média de aproximadamente 25%,[53] enquanto lactentes após extubação que necessitaram de VNI apresentaram média de FEdi% em torno de 30%.[52] Dessa forma, apesar de a bronquiolite representar uma condição de aumento do trabalho respiratório, os achados sugerem que a FEdi% permaneceu dentro de uma faixa funcional relativamente preservada, possivelmente relacionada ao predomínio de casos leves e moderados, bem como ao fato de o suporte ventilatório com CNAF ter sido adequado para a amostra estudada.

Entretanto, a interpretação da FEdi% diafragmática em lactentes com bronquiolite ainda permanece desafiadora. Estudos prévios sugerem que valores reduzidos de FEdi% estão associados à maior gravidade clínica.[17,49] Um estudo observou tendência a menores valores de FEdi% em lactentes com quadros graves da doença, inclusive com maior necessidade do uso de suporte ventilatório com CNAF, embora sem significância estatística.[17] Resultados semelhantes foram observados por Curinha et al., que encontraram aumento progressivo da FEdi% associado à melhora ultrassonográfica pulmonar e à resolução clínica global.[74] Estes resultados podem

sugerir a presença de disfunção diafragmática causada pela hiperinsuflação característica do padrão obstrutivo da bronquiolite.

Por outro lada um estudo demonstrou que a FEdi% não diferiu entre os graus de gravidade da bronquiolite avaliados por escores clínicos, mas observaram redução de parâmetros ultrassonográficos diafragmáticos, como EI, EE, inclinação inspiratória (IS), excursão diafragmática, tempo inspiratório/expiratório e tempo expiratório em crianças com bronquiolite. O mesmo foi observado após duas horas de suporte respiratório, sugerindo diminuição do trabalho respiratório promovido pela terapia com CNAF. Além disso, apenas o IS apresentou correlação positiva com a FR, o escore clínico *Modified Respiratory Distress Assessment Instrument*, escore ultrassonográfico de bronquiolite e tempo de internação hospitalar, indicando que maiores valores desse parâmetro estiveram associados à maior gravidade clínica.[56]

De forma semelhante, um estudo demonstrou a correlação entre parâmetros ultrassonográficos diafragmáticos, incluindo FEdi%, EI e EE, com o escore clínico de Wood-Downes e o tempo de internação hospitalar, sugerindo potencial utilidade dessa ferramenta na avaliação da gravidade da bronquiolite.[73]

Apesar disso, não se observou correlação significativa entre a FEdi% e os escores clínicos utilizados para avaliação da gravidade respiratória, o que pode ser parcialmente explicado pelo fato de os itens que compõem esses escores não serem exclusivos da avaliação do esforço muscular.[56,68,72]

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Embora tenha sido conduzido em centro único, foi o primeiro estudo a ser realizado exclusivamente em lactentes com bronquiolite internados em UTIP, segundo o levantamento da literatura realizado pelos autores.

A predominância de lactentes com desconforto respiratório leve, assim como o tamanho amostral, pode ter limitado a detecção de associações mais robustas entre os parâmetros avaliados. Reconhece-se também a dificuldade inerente à avaliação da variabilidade respiração a respiração em lactentes; entretanto, para minimizar esse viés, as medidas foram realizadas apenas após a obtenção de padrão respiratório tranquilo e regular, utilizando-se a média de pelo menos 3 ciclos respiratórios durante a análise ultrassonográfica.

Embora estudos adicionais sejam necessários, os resultados sugerem que a US diafragmática representa uma ferramenta inovadora e promissora no contexto de UTIP, com potencial para auxiliar na avaliação respiratória funcional e na

tomada de decisão relacionada ao escalonamento do suporte ventilatório em lactentes com bronquiolite. Destaca-se, ainda, a FEdi% como uma medida objetiva do esforço muscular respiratório, aspecto que pode não ser adequadamente contemplado pelos escores clínicos, devido às suas limitações psicométricas, conforme detalhado anteriormente, o que pode influenciar a adequada avaliação do escalonamento de suporte respiratório nessa população.

6 CONCLUSÕES

1. Observou-se correlação fraca entre a fração de espessamento do diafragma e os escores clínicos, o que pode refletir diferenças nos critérios avaliados por essas medidas. Essa discrepância pode ser explicada pelo fato de que os escores clínicos incorporam parâmetros adicionais, como cianose, nível de consciência e achados da ausculta pulmonar, de modo que suas variações nem sempre estão diretamente relacionadas às alterações do esforço respiratório propriamente dito;

2. Houve correlação moderada entre os dois escores clínicos, indicando que, embora utilizem critérios parcialmente distintos, apresentam consistência e concordância na avaliação do desconforto respiratório;

3. Nossos resultados demonstraram que a fração de espessamento do diafragma e os escores clínicos foram capazes de detectar alterações no esforço respiratório durante a titulação do cateter nasal de alto fluxo. Entretanto, a fração de espessamento do diafragma mostrou-se uma medida mais específica da atividade muscular respiratória, possibilitando ajustes mais precisos das taxas de fluxo do cateter nasal de alto fluxo. Por outro lado, os escores clínicos apresentaram limitada relevância clínica para orientar essas decisões, uma vez que exibiram pouca variação entre as diferentes taxas de fluxo avaliadas.

7 REFERÊNCIAS

1. Pedraza DF, Araujo EM, Pedraza DF, Araujo EM. Internações das crianças brasileiras menores de cinco anos: revisão sistemática da literatura. Epidemiol Serv Saude. 2017;26(1):169–82.

2. Dendir G, Awoke N, Alemu A, Sintayhu A, Eanga S, Teshome M, et al. Factors Associated with the Outcome of a Pediatric Patients Admitted to Intensive Care Unit in Resource-Limited Setup: Cross-Sectional Study. Pediatric Health Med Ther. 2023;14:71–9.

3. Nonoyama ML, Kukreti V, Papaconstantinou E, D'cruz RR. Assessing physical and respiratory distress in children with bronchiolitis admitted to a community hospital emergency department: A retrospective chart review. Can J Respir Ther. 2019;55:16–20.

4. Franklin D, Dalziel S, Schlapbach LJ, Babl FE, Oakley E, Craig SS, et al.; PARIS and PREDICT. Early high flow nasal cannula therapy in bronchiolitis, a prospective randomised control trial (protocol): A Paediatric Acute Respiratory Intervention Study (PARIS). BMC Pediatr. 2015;15(1):183.

5. Goh CT, Kirby LJ, Schell DN, Egan JR. Humidified high-flow nasal cannula oxygen in bronchiolitis reduces need for invasive ventilation but not intensive care admission. J Paediatr Child Health. 2017;53(9):897–902.

6. Franklin D, Babl FE, Schlapbach LJ, Oakley E, Craig S, Neutze J, et al. A Randomized Trial of High-Flow Oxygen Therapy in Infants with Bronchiolitis. N Engl J Med. 2018;378(12):1121–31.

7. Schibler A, Pham TM, Dunster KR, Foster K, Barlow A, Gibbons K, et al. Reduced intubation rates for infants after introduction of high-flow nasal prong oxygen delivery. Intensive Care Med. 2011;37(5):847–52.

8. Stokes DC. Respiratory failure. Pediatr Rev. 1997;18(10):361–6.

9. Bekhof J, Reimink R, Brand PL. Systematic review: insufficient validation of clinical scores for the assessment of acute dyspnoea in wheezing children. Paediatr Respir Rev. 2014;15(1):98–112.

10. Granda E, Urbano M, Andrés P, Corchete M, Cano A, Velasco R. Comparison of severity scales for acute bronchiolitis in real clinical practice. Eur J Pediatr. 2023;182(4):1619–26.

11. Davies CJ, Waters D, Marshall A. A systematic review of the psychometric properties of bronchiolitis assessment tools. J Adv Nurs. 2017;73(2):286–301.

12. Rodriguez-Martinez CE, Sossa-Briceño MP, Nino G. Systematic review of instruments aimed at evaluating the severity of bronchiolitis. Paediatr Respir Rev. 2018;25:43–57.

13. Fivez T, Hendrickx A, Van Herpe T, Vlasselaers D, Desmet L, Van den Berghe G, et al. An Analysis of Reliability and Accuracy of Muscle Thickness Ultrasonography in Critically Ill Children and Adults. JPEN J Parenter Enteral Nutr. 2016;40(7):944–9.

14. Scholten RR, Pillen S, Verrips A, Zwarts MJ. Quantitative ultrasonography of skeletal muscles in children: normal values. Muscle Nerve. 2003;27(6):693–8.

15. Shi ZH, Vries H, Grooth HJ, Jonkman AH, Zhang Y, Haaksma M, et al. Changes in Respiratory Muscle Thickness during Mechanical Ventilation: Focus on Expiratory Muscles. Anesthesiology. 2021;134(5):748–59.

16. Tuinman PR, Jonkman AH, Dres M, Shi ZH, Goligher EC, Goffi A, et al. Respiratory muscle ultrasonography: methodology, basic and advanced principles and clinical applications in ICU and ED patients-a narrative review. Intensive Care Med. 2020;46(4):594–605.

17. Buonsenso D, Supino MC, Giglioni E, Battaglia M, Mesturino A, Scateni S, et al. Point of care diaphragm ultrasound in infants with bronchiolitis: A prospective study. Pediatr Pulmonol. 2018;53(6):778–86.

18. Panetti B, Bucci I, Di Ludovico A, Pellegrino GM, Di Filippo P, Di Pillo S, et al. Acute Respiratory Failure in Children: A Clinical Update on Diagnosis. Children (Basel). 2024;11(10):1232.

19. Sociedade Brasileira de Pediatria. Insuficiência Respiratória Aguda. Rio de Janeiro: SBP; 2017 [citado 2026 Jul 3]. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.sbp.com.br/fileadmin/user_upload/Terapia_-_Insuficiencia_Respiratoria_Aguda.pdf

20. Piva JP, Garcia PC, Santana JC, Barreto SS. Insuficiência respiratória na criança. J Pediatr (Rio J). 1998;74:99–112.

21. Di Cicco M, Kantar A, Masini B, Nuzzi G, Ragazzo V, Peroni D. Structural and functional development in airways throughout childhood: children are not small adults. Pediatr Pulmonol. 2021;56(1):240–51.

22. Hammer J. Acute respiratory failure in children. Paediatr Respir Rev. 2013;14(2):64–9.

23. American Heart Association. Destaques das diretrizes de RCP e ACE de 2020 da American Heart Association. Dallas: AHA; 2020.

24. Ranjan Das R, Sahu P. Respiratory Syncytial Virus Infection in Children: An Updated Review Respiratory Syncytial Virus Infection in Children: An Updated. Research and Reviews in Pediatrics. 2023;24(2):38–44.

25. American Academy of Pediatrics Subcommittee on Diagnosis and Management of Bronchiolitis. Diagnosis and management of bronchiolitis. Pediatrics. 2006;118(4):1774–93.

26. Zhu G, Xu D, Zhang Y, Wang T, Zhang L, Gu W, et al. Epidemiological characteristics of four common respiratory viral infections in children. Virol J. 2021;18(1):10.

27. Prado SI, Novais MA. Pediatric hospitalizations for bronchiolitis in Brazil: longitudinal characterization and hospital costs. Acta Paul Enferm. 2024;37:eAPE00876.

28. Bobillo-Perez S, Sorribes C, Gebellí P, Lledó N, Castilla M, Ramon M, et al. Lung ultrasound to predict pediatric intensive care admission in infants with bronchiolitis (LUSBRO study). Eur J Pediatr. 2021;180(7):2065–72.

29. Kfouri RA, Sadeck LS. Diretrizes para o manejo da infecção causada pelo vírus sincicial respiratório (VSR) – 2017. Rio de Janeiro: SBP; 2017 [citado 2026 Jul 3]. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.sbp.com.br/fileadmin/user_upload/Diretrizes_manejo_infeccao_causada_VSR2017.pdf

30. Ralston SL, Lieberthal AS, Meissner HC, Alverson BK, Baley JE, Gadomski AM, et al.; American Academy of Pediatrics. Clinical practice guideline: the diagnosis, management, and prevention of bronchiolitis. Pediatrics. 2014;134(5):e1474–502.

31. Armarego M, Forde H, Wills K, Beggs SA. High-flow nasal cannula therapy for infants with bronchiolitis. Cochrane Database Syst Rev. 2024;3(3):CD009609.

32. Muñoz-Bonet JI, Flor-Macián EM, Brines J, Roselló-Millet PM, Cruz Llopis M, López-Prats JL, et al. Predictive factors for the outcome of noninvasive ventilation in pediatric acute respiratory failure. Pediatr Crit Care Med. 2010;11(6):675–80.

33. Duarte-Dorado DM, Madero-Orostegui DS, Rodriguez-Martinez CE, Nino G. Validation of a scale to assess the severity of bronchiolitis in a population of hospitalized infants. J Asthma. 2013;50(10):1056–61.

34. Maya M, Rameshkumar R, Selvan T, Delhikumar CG. High-Flow Nasal Cannula Versus Nasal Prong Bubble Continuous Positive Airway Pressure in Children With Moderate to Severe Acute Bronchiolitis: A Randomized Controlled Trial. Pediatr Crit Care Med. 2024;25(8):748–57.

35. Milési C, Boubal M, Jacquot A, Baleine J, Durand S, Odena MP, et al. High-flow nasal cannula: recommendations for daily practice in pediatrics. Ann Intensive Care. 2014;4(1):29.

36. Nolasco S, Manti S, Leonardi S, Vancheri C, Spicuzza L. High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy: Physiological Mechanisms and Clinical Applications in Children. Front Med (Lausanne). 2022;9:920549.

37. Weiler T, Kamerkar A, Hotz J, Ross PA, Newth CJ, Khemani RG. The Relationship between High Flow Nasal Cannula Flow Rate and Effort of Breathing in Children. J Pediatr. 2017;189:66–71.e3.

38. Milési C, Pierre AF, Deho A, Pouyau R, Liet JM, Guillot C, et al.; GFRUP Respiratory Study Group. A multicenter randomized controlled trial of a 3-L/kg/min versus 2-L/kg/min high-flow nasal cannula flow rate in young infants with severe viral bronchiolitis (TRAMONTANE 2). Intensive Care Med. 2018;44(11):1870–8.

39. Totenhofer R, Luck L, Wilkes L. Point of care ultrasound use by Registered Nurses and Nurse Practitioners in clinical practice: an integrative review. Collegian. 2021;28(4):456–63.

40. Sun J, Li Q, Wu X, Wang X, Liu D. Nurse-performed ultrasound: a new weapon against COVID-19. Crit Care. 2020;24(1):430.

41. van Loon FH, Buise MP, Claassen JJ, Dierick-van Daele AT, Bouwman AR. Comparison of ultrasound guidance with palpation and direct visualisation for peripheral vein cannulation in adult patients: a systematic review and meta-analysis. Br J Anaesth. 2018;121(2):358–66.

42. Poggi C, Palavecino M. Ultrasound principles and instrumentation. Surg Open Sci. 2024;18:123–8.

43. Peixoto GC, Lira RA, Alves ND, Silva AR. Bases Físicas da Formação da Imagem Ultrassonográfica. Acta Vet Brasilica. 2010;4(1):15–24.

44. Moran CM, Thomson AJ. Preclinical Ultrasound Imaging—A Review of Techniques and Imaging Applications. Front Phys (Lausanne). 2020;8:124.

45. Lee W, Roh Y. Ultrasonic transducers for medical diagnostic imaging. Biomed Eng Lett.

2017;7(2):91–7.

46. Dres M, Similowski T, Goligher EC, Pham T, Sergenyuk L, Telias I, et al. Dyspnoea and respiratory muscle ultrasound to predict extubation failure. Eur Respir J. 2021;58(5):2100002.

47. Weber MD, Lim JK, Glau C, Conlon T, James R, Lee JH. A narrative review of diaphragmatic ultrasound in pediatric critical care. Pediatr Pulmonol. 2021;56(8):2471–83.

48. Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. Chest. 2009;135(2):391–400.

49. Krishna D, Khera D, Toteja N, Sureka B, Choudhary B, Ganakumar VM, et al. Point-of-Care Thoracic Ultrasound in Children with Bronchiolitis. Indian J Pediatr. 2022;89(11):1079–85.

50. Vadivelu S, Khera D, Choudhary B, Toteja N, Sureka B, Singh K, et al. Evaluation of Diaphragmatic Thickness and Dysfunction by Ultrasonography in Mechanically Ventilated Children for Assessment of Extubation Success. Indian Pediatr. 2023;60(3):212–6.

51. Xue Y, Zhang Z, Sheng CQ, Li YM, Jia FY. The predictive value of diaphragm ultrasound for weaning outcomes in critically ill children. BMC Pulm Med. 2019;19(1):270.

52. Valverde Montoro D, García Soler P, Hernández Yuste A, Camacho Alonso JM. Ultrasound assessment of ventilator-induced diaphragmatic dysfunction in mechanically ventilated pediatric patients. Paediatr Respir Rev. 2021;40:58–64.

53. Duyndam A, Smit J, Heunks L, Molinger J, IJland M, van Rosmalen J, et al. Reference values of diaphragmatic dimensions in healthy children aged 0-8 years. Eur J Pediatr. 2023;182(6):2577–89.

54. Rath KA, Bonomo JB, Ballman K. Point-of-Care Ultrasonography for Advanced Practice Providers: A Training Initiative. J Nurse Pract. 2023;19(2):104435.

55. Brasil. Resolução COFEN n. 679, de 20 de agosto de 2021. Aprova a normatização da realização de ultrassonografia à beira do leito e no ambiente pré-hospitalar por enfermeiro. Brasília (DF): Diário Oficial da União; 2021 Ago 24; Seção 1.

56. Şık N, Çitlenbik H, Öztürk A, Yılmaz D, Duman M. Point of care diaphragm ultrasound in acute bronchiolitis: A measurable tool to predict the clinical, sonographic severity of the disease, and outcomes. Pediatr Pulmonol. 2021;56(5):1053–9.

57. Arslan G, Besci T, Duman M. Point of care diaphragm ultrasound in mechanically ventilated children: A predictive tool to detect extubation failure. Pediatr Pulmonol. 2022;57(6):1432–9.

58. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP; STROBE Initiative. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. J Clin Epidemiol. 2008;61(4):344–9.

59. Harris PA, Taylor R, Thielke R, Payne J, Gonzalez N, Conde JG. Research electronic data capture (REDCap)—a metadata-driven methodology and workflow process for providing translational research informatics support. J Biomed Inform. 2009;42(2):377–81.

60. Slater A, Shann F, Pearson G; Paediatric Index of Mortality (PIM) Study Group. PIM2: a revised version of the Paediatric Index of Mortality. Intensive Care Med. 2003;29(2):278–85.

61. Cangiani LM, Nakashima ER, Gonçalves TAM, Pires OC, Bagatini A, editors. Atlas de

técnicas de bloqueios regionais 3a. ed. Rio de Janeiro: SBA; 2013.

62. Agresti A. An Introduction to Categorical Data Analysis Hoboken. New Jersey: JohnWiley & Sons, Inc; 2007.

63. Paula GA. Modelos de regressão com apoio computacional. São Paulo: USP; 2004.

64. Faraway JJ. Extending the linear model with R: generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models. New York: Chapman and Hall/CRC; 2016.

65. Number Cruncher Statistical System Statistical Software. PASS 2026 Power analysis and sample size software. Kaysville: NCSS; 2026 [cited 2026 July 3]. Available from: ncss.com/software/pass

66. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing, versão 4.1.2. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2021 [cited 2026 Jul 3]. Available from: https://www.R-project.org/

67. Sheikh Z, Potter E, Li Y, Cohen RA, Dos Santos G, Bont L, et al.; PROMISE Investigators. Validity of Clinical Severity Scores for Respiratory Syncytial Virus: A Systematic Review. J Infect Dis. 2024;229(Suppl 1):S8–17.

68. Rivas-Juesas C, Rius Peris JM, García AL, Madramany AA, Peris MG, Álvarez LV, et al. A comparison of two clinical scores for bronchiolitis. A multicentre and prospective study conducted in hospitalised infants. Allergol Immunopathol (Madr). 2018;46(1):15–23.

69. Liguoro I, Patui M, Vidoni M, Pilotto C, Cogo P, Martini G. Comparison of the sensitivity and specificity of bronchiolitis severity scores in infants: a systematic review and meta-analysis. Respir Med. 2025;242:108111.

70. Thabet F, Zayani S, Haddad N, Daya A, Nasrallah CB, Chouchane S. Prognostic Role of Lung-Ultrasound Score in Acute Bronchiolitis Patients Treated With High Flow Nasal Cannula: A Prospective Study. Pediatr Pulmonol. 2025;60(1):e27432.

71. Zayani S, Thabet F, Daya A, Betbout O, Cyrine B, Chouchane C, et al. Extended vs. concise lung ultrasound scores to predict the need for respiratory support in bronchiolitis: a prospective observational study. Eur J Pediatr. 2025;184(6):357.

72. Tomà P, Granata C, Sperandeo M. Diaphragm ultrasound in infants with bronchiolitis. Pediatr Pulmonol. 2018;53(9):1177–8.

73. El-Samea MZ, Abdel-Razik AM, Saad MA, Eltomey MA, Hamza MB. Evaluation of Diaphragmatic Ultrasonography in Infants with Acute Bronchiolitis. J Adv Med Med Res. 2023;35(4):8–15.

74. Curinha F, Fernandes A, Pinto C, Dionísio MT. Thoracic Ultrasound in Pediatric Intensive Care: A Valuable Tool for Children with Acute Bronchiolitis. Acta Med Port. 2026;39(4):271–80.

Abstract

Introduction: Although respiratory distress in infants with bronchiolitis receiving high-flow nasal cannula therapy is traditionally assessed using clinical respiratory distress scores, diaphragmatic ultrasonography has emerged as a promising objective tool for quantifying respiratory effort. **Purposes:** To evaluate the correlation between two clinical respiratory distress scores and the diaphragmatic thickening fraction measured by ultrasonography in infants with bronchiolitis using a high-flow nasal cannula therapy. **Methods:** A prospective physiological clinical study was conducted including infants with bronchiolitis receiving high-flow nasal cannula therapy therapy. Participants were subjected to four high-flow nasal cannula therapy flow rates applied in randomized order, each maintained for 5 minutes: 0.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (baseline), 1.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, 1.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, and 2.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Two respiratory distress scores, the Muñoz Score and the Modified Wood-Downes Clinical Asthma Score, were assessed, and diaphragmatic thickening fraction was evaluated using ultrasonography at the end of the last minute of each flow rate. **Results:** Thirty-six patients were included, with a mean age of 6 months, and 52% were male. The Muñoz score showed a statistically significant reduction at all flow rates compared to 0.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, although the magnitude of change was not clinically meaningful (2.67 versus 1.68; p=0.001). Similar findings were observed for the Modified Wood-Downes Clinical Asthma Score (2.47 versus 1.93; p=0.001). The diaphragmatic thickening fraction was highest at 0.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ rate (42%), decreased significantly at 1.0 and 1.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (30%; p=0.001), and partially increased at 2.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (35%; p=0.01). Correlation analysis showed no association between diaphragmatic thickening fraction and the clinical scores (Muñoz: r=0.011; Modified Wood-Downes Clinical Asthma Score: r=0.005). Conversely, a moderate correlation was observed between the two clinical scores (r=0.747). **Conclusions:** Both diaphragmatic thickening fraction and the clinical respiratory distress scores detected changes during high-flow nasal cannula therapy flow titration; however, only diaphragmatic thickening fraction demonstrated greater sensitivity in distinguishing the physiological response to different flow rates, thereby supporting the identification of the optimal high-flow nasal cannula therapy flow. The clinical scores, although statistically significant, showed low clinical relevance for this purpose. These findings suggest that diaphragmatic ultrasound is a more specific tool for assessing respiratory effort and may support more accurate

decision-making regarding high-flow nasal cannula therapy flow titration and escalation of respiratory support.

Keywords: Bronchiolitis; Work of Breathing; Ultrasonography

Apêndices

Apêndice 1. Instrumento de coleta de dados: Correlação entre a fração de espessamento do diafragma e escore de desconforto respiratório em lactentes com bronquiolite em uso de cateter nasal de alto fluxo

Etiqueta do paciente

Ficha de acompanhamento: CNAF/US

Idade:_____ Peso: _____ estatura:_____
perímetro tórax: _____ tamanho cinta:_____
PIM 2:_____

TEMPO de INTERNAÇÃO

Data da internação hospitalar:___/___/___
Data da alta hospitalar:___/___/___
Data da internação UTI:___/___/___
Data da alta UTI:___/___/___

TEMPO de CNAF

Data da instalação:___/___/___ Hora da instalação:_____

Data da realização TIE: ___/___/___ Hora da realização TIE: _____

Data da retirada:___/___/___ Hora da retirada:_____

Desfecho: ( ) SUCESSO ( ) Ar ambiente ( ) O2 conv
( ) FALHA ( ) VNI ( ) VMI

Triagem viral: _____

1: VRS

2: Influenza A

3: Influenza B

4: Parainfluenza 1

5: Parainfluenza 2

6: Parainfluenza 3

7: Adenovírus

8: Rinovírus

9: Enterovirus

10: COVID-19

Aparelho: ( ) Vapotherm ( ) Optiflow Junior ( ) airvo

	pré	1	2	3	4	Final
Taxa de Fluxo						
Fluxo CNAF						
SpO_2						
FiO_2						
FR						
FC						
tiragem intercostal						
dissociação toraco/abdominal						
batimento asa						
sibilo expiratório						
cianose						
nível de consciência						
Total escore 1						
SpO2						
Murmúrio Vesicular						
Sibilos						
Uso musc acessória						
Nível consciência						
Total escore 2						

Apêndice 2. Documento institucional tipo Procedimento para avaliação muscular periférica com ultrassom

Título: #Título#

Processo: #Cadeia de Valor#

1. Objetivo

- Sistematizar o uso do Ultrassom muscular periférico no Einstein;
- Padronizar o método de avalição muscular com ultrassom;
- Acompanhar variações estruturais e volumétricas da muscularidade do paciente;
- Facilitar o planejamento terapêutico do paciente por meio de medidas objetivas da muscularidade
- Definir e direcionar por meio desta documentação o uso da Ultrassonografia muscular para avaliação de evolução de massa muscular e fraqueza adquirida durante a internação hospitalar e/ou processo de reabilitação;

2. Definições

- Ultrassonografia (US): A ultrassonografia para avaliação muscular é um método não invasivo, seguro e reprodutível, que pode ser utilizado na beira do leito por profissionais previamente capacitados, e tem como principal característica uma boa acurácia na medida do músculo;
- Ecogenicidade: informação acerca da composição muscular através da análise de escalas de cinza vistas ao ultrassom: músculos com aumento da ecogenicidade são mais homogêneos e com pior qualidade, e vice-versa;
- Espessura: valor matemático para a quantificação da massa muscular;
- Fração de espessamento: cálculo matemático para quantificar a contração muscular, baseado na espessura durante as fases inspiratória e expiratória dos músculos que participam da respiração;

- Mobilidade: mensuração do deslocamento do diafragma durante a fase inspiratória;
- Índice STAR (Sonographic Thigh Adjustment Ratio) – fórmula descrita como auxílio para detecção de sarcopenia, da qual são utilizados a medida anterior da espessura do músculo quadríceps e o índice de massa corpórea do paciente;
- Muscularidade: refere-se à qualidade, volume e definição dos músculos de um corpo.

3. Indicação e contraindicação

Indicação:

- Pacientes críticos que comumente evoluem com perda de musculatura respiratória e periférica decorrente de inúmeros fatores, tais quais como quadro séptico, uso de ventilação mecânica, imobilização, falência orgânica, síndrome da resposta inflamatória sistêmica (SIRS), uso de corticosteroides, entre outros, dos quais podem alterar sua evolução clínica, com consequente prejuízo no status funcional e desfechos.
- Pacientes com um ou mais dos seguintes fatores de risco para desenvolvimento de fraqueza muscular e/ou declínio funcional como: sepse e choque séptico; hemodiálise contínua; ventilação mecânica > 24 horas; uso de bloqueador neuromuscular; politrauma; delirium; uso de dispositivos de assistência circulatória;
- Pacientes cuja pontuação na Escala de Força Muscular do Medical Research Council (MRC-SS) inferior a 48 (MRC < 48) é o critério clínico padrão para o diagnóstico de Fraqueza Adquirida na UTI (FAUTI).
- Pacientes com presença de patologias prévias que apresentem fatores de risco para perda de massa muscular ou fraqueza. Exemplos: DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica), Pré operatórios de transplantes de órgãos sólidos em pacientes adultos, além de Insuficiência cardíaca congestiva, pacientes com doenças neuromusculares, pacientes com diagnóstico de doenças oncológicas para pacientes adultos e pediátricos.
- Pacientes com indicações pontuais que necessitem de avaliações como, por exemplo, fraqueza adquirida, desmame difícil e/ou prolongado e marcação de

ponto motor. Neste caso, o Fisioterapeuta poderá ser acionado a qualquer momento pela equipe assistencial multiprofissional.

- Acompanhar o trofismo e qualidade muscular;
- Nortear a conduta fisioterapêutica baseado no diagnóstico cinesiofuncional
- Planejar a forma e intensidade de treinamento muscular;
- Medir as respostas ao tratamento fisioterapêutico;
- Corroborar para minimizar ou mitigar o impacto do imobilismo e de demais fatores de risco para fraqueza sobre o músculo.
- Pacientes em uso de suporte ventilatório como Cânula Nasal de Alto Fluxo (CNAF), Ventilação Não-invasiva e Invasiva para adequação dos parâmetros ventilatórios.

Contraindicação:

- Instabilidade hemodinâmica ou dispositivos que impeçam o correto posicionamento do paciente para a avaliação;
- Lesões de pele ou presença de curativo que contraindiquem o acoplamento do transdutor.

4. Estrutura, equipamento e material

Estrutura:

- Ambiente privativo como leito e salas ambulatoriais que disponha de maca e cama.
- Equipamento:
- Aparelho de ultrassonografia portátil, de acordo com a disponibilidade do setor;
- Transdutor Linear para avaliação de espessura, fração de espessamento e ecogenicidade;
- Transdutor convexo para avaliação da mobilidade do diafragma e velocidade de contração muscular.

Material:

- Gel à base de água;
- Posicionadores e travesseiros se necessário.

5. Orientação pré e pós procedimento

O paciente e seus acompanhantes deverão receber a orientação antes do procedimento sobre:

- A indicação deste procedimento a ser realizado;
- O procedimento a ser realizado.

Após o procedimento o paciente e seus acompanhantes serão orientados sobre:

- Os objetivos identificados de acordo com cada avaliação;
- O planejamento terapêutico

6. Descrição

Pacientes com critérios de indicação e fisioterapia prescrita receberão a avaliação inicial, preferencialmente no primeiro dia de internação, e com seguimento a cada 5 ou 7 dias para reavaliação.

Selecionar o músculo ou grupo muscular a ser avaliado. Como método de avaliação qualitativa e quantitativa, permite avaliar os seguintes grupos musculares:

- Músculo Quadríceps – espessura, área de secção transversa, ecogenicidade, índice STAR (Sonographic Thigh Adjustment Ratio) e Índice contrátil;
- Músculo Tibial Anterior – espessura, área de secção transversa e ecogenicidade;
- Músculo Bíceps Braquial – espessura, área de secção transversa e ecogenicidade;
- Músculo Diafragma – espessura, fração de espessamento, mobilidade, velocidade de contração e ecogenicidade;
- Músculo Paraesternal – espessura, fração de espessamento e ecogenicidade;
- Músculo Reto Abdominal – espessura, fração de espessamento e ecogenicidade;
- Parede lateral abdominal – compreende os músculos oblíquo externo, oblíquo interno e transverso abdominal – espessura, fração de espessamento e ecogenicidade;

Para iniciar o procedimento, posiciona-se o paciente em decúbito dorsal ou lateral, podendo utilizar travesseiros e coxins para melhor conforto e segurança do paciente.

Avaliação do Músculo Quadríceps femoral

Para todas as medidas do músculo quadríceps, padronizar:

- Transdutor: Linear
- Modo: B
- Pre-set: Musculoesquelético ou "Quadríceps". Na ausência destes, o Pre-set Vascular poderá ser utilizado.
- Posicionamento: decúbito dorsal a 30º, membro a ser avaliado estendido e relaxado;
- Considerar realizar a medida no membro dominante. Na ausência da informação, avaliar membro direito. Em caso de assistência circulatória externa (ECMO ou Balão intra-aórtico), realizar a medida em ambos os membros.

Espessura

- Realizar a medida da distância entre a crista ilíaca ântero-superior até a borda superior da patela e com o uso de caneta dermatológica marcar os pontos que correspondem à metade da medida (ponto médio), e ao ponto que corresponde ao último terço do comprimento total (terço distal) - (Figuras 1 e 2); as marcações deverão ser seguidas para as avaliações subsequentes, de forma a garantir a confiabilidade das medidas no mesmo ponto;
- Posicionar o transdutor no plano transversal na face anterior da coxa e, nas marcações pré-definidas, obter as imagens. Atentar para a convexidade maior do osso do fêmur, que deverá estar posicionada centralmente na tela do equipamento;
- As medidas deverão ser realizadas sem pressão para cada ponto estabelecido. Com o caliper do equipamento, a medida compreenderá entre a convexidade do fêmur e a fáscia interna do músculo reto femoral (Figura 3).

Área de Secção Transversa

- No ponto do terço distal, posicionar o transdutor no plano transversal e obter a medida da área transversa do músculo reto femoral (Figura 4). Caso não seja possível obter a medida neste ponto, considerar deslizar o transdutor em sentido caudal até que toda a área do músculo fique visível para a medida (neste caso, realizar a marcação do ponto medido com a caneta dermatológica para medidas e comparações posteriores).

Sonographic Thig Adjusted Ratio (STAR)

- O STAR é um índice onde a massa corporal do indivíduo é considerada para estabelecer um valor normatizado da espessura muscular. Com a mensuração do STAR podemos, desde a primeira avaliação, determinar se o trofismo muscular do paciente encontra-se dentro de uma faixa de normalidade para sua composição corporal. Duas informações são importantes para o cálculo do STAR:
- Obter o valor da espessura do quadríceps em seu ponto médio, conforme descrito anteriormente;
- Dividir o valor da espessura muscular obtido pelo Índice de Massa Corpórea (IMC) do paciente, conforme a fórmula:

$$\text{STAR} = \frac{\text{Espessura do ponto médio do Quadríceps (mm)}}{\text{Índice de Massa Corpórea (IMC)}}$$

Na literatura o STAR é utilizado para auxílio no diagnóstico de sarcopenia e baixa massa muscular. Para a interpretação e aplicabilidade, consideramos que, quanto maior o valor deste índice, melhor será o trofismo muscular do paciente em relação à sua constituição corporal total. Os valores de referência preconizados na literatura são:
Sexo masculino: ≥ 1,4 mm/Kg/m2 / Sexo feminino: ≥ 1,0 mm/Kg/m2.

Índice de Contratilidade

O índice contrátil tem por finalidade determinar a porcentagem de tecido muscular (contrátil) do paciente em relação à espessura total do segmento anterior da coxa. Este índice busca reconhecer a importância da constituição corpórea na saúde músculo esquelética do indivíduo, trazendo dados importantes que auxiliam à detectar quadros de impacto cinesiofuncional como baixa massa magra e/ou obesidade. Para mensuração do índice contrátil devemos:
Obter o valor da espessura do quadríceps em seu ponto médio, conforme descrito anteriormente;

- Obter o valor da espessura de todo eixo anterior da coxa, desde o início da pele até a área de maior convexidade do fêmur (Figura 5);
- Calcular o Índice Contrátil conforme fórmula abaixo:

$$\text{Índice Contrátil} = \frac{\text{Espessura do ponto médio do Quadríceps X 100}}{\text{Espessura do eixo anterior da coxa}}$$

Observação: Para realização da avaliação do músculo quadríceps na população pediátrica, a única avaliação realizada será a da espessura, utilizar:

- Transdutor: Linear
- Modo: B
- Pre-set: Musculoesquelético ou "Quadríceps". Na ausência destes, o Pre-set Vascular poderá ser utilizado.
- Posicionamento: decúbito dorsal a 10-20º, membro a ser avaliado relaxado que a depender da faixa etária pode ser levemente fletido (considerar padrão flexor até 3 meses) e estendido à partir do 4 mês.

A medida muscular periférica será realizada através da coleta de uma imagem da coxa do membro direito do paciente. A imagem será realizada no ponto médio entre crista ilíaca ântero-superior e borda superior da patela. Ambas aquisições serão realizadas sem compressão do transdutor, caracterizada pela menor compressão possível sem comprometer a nitidez da imagem projetada da tela do aparelho (Figura 6).

A espessura do quadriceps femoral pode variar de acordo com a faixa etária:

Faixa etária	Espessura do quadriceps femoral (cm)
Neonatos e lactentes	0,91-1,11
3 a 4 anos	1,61-2,25
6 anos	1,58

Avaliação de Espessura do Músculo Tibial Anterior

Para todas as medidas do músculo tibial, utilizar:

- Transdutor: Linear;
- Modo: B;
- Pre-set: Músculoesquelético. Na ausência destes, o Pre-set Vascular poderá ser utilizado;

- Posicionamento: paciente em decúbito dorsal, com o membro a ser avaliado estendido, relaxado e com o pé em posição neutra;
- Escolher um membro para a avaliação (membro inferior direito, esquerdo ou ambos). Para paciente com dispositivo de assistência externa (Balão intra aórtico ou ECMO) avaliar ambos os membros;
    - Com o uso da fita métrica, realizar a medida da distância entre a linha patelar inferior até o maléolo lateral (Figura 7);
    - Com o uso de caneta dermatológica marcar o ponto que corresponde ao terço superior da distância;
    - Posicionar o transdutor no plano transversal e, na marcação predefinida, realizar medida sem pressão no ponto estabelecido;
    - Realizar a medida da espessura do músculo, que corresponde entre a linha da membrana interóssea até a linha interna da fáscia muscular (Figura 7).

Avaliação de Espessura do Músculo Bíceps Braquial (incluindo o músculo braquial)

Para todas as medidas do músculo braquial, utilizar:

- Transdutor: Linear;
- Modo: B;
- Pre-set: Músculoesquelético. Na ausência destes, o Pre-set Vascular poderá ser utilizado;
- Posicionamento: paciente em decúbito dorsal, com o membro a ser avaliado estendido e relaxado
- Escolher um membro para a avaliação (membro superior direito, esquerdo ou ambos);
- Marcar o ponto que corresponde a dois terços entre a distância do acrômio da escápula e a prega cubital (Figura 8);
- Posicionar o transdutor no plano transversal e, na marcação predefinida, realizar medida sem pressão no ponto estabelecido;
- Realizar a medida da espessura do músculo, que corresponde entre o úmero e a fáscia do músculo bíceps braquial (Figura 9).

Ecogenicidade

A ecogenicidade é uma medida conhecida de qualidade muscular (quanto mais homogêneo o músculo, pior sua qualidade). Esta será descrita inicialmente pelo avaliador através de inspeção visual feita no momento do exame muscular no ponto médio do quadríceps (marcação feita para avaliação de espessura). Como base de referência para determinação da ecogenicidade será usada a escala Heckmatt modificada, determinando o grau de ecogenicidade de 1 a 4 conforme descrito:

Grau 1 - Ecogenicidade normal em mais de 90% do tecido muscular, com distinção da ecogenicidade óssea;

Grau 2 - Aumento da ecogenicidade em 10-50% do tecido muscular, mas mantendo áreas de músculo normal e a ecogenicidade óssea preservada;

Grau 3 - Aumento marcante na ecogenicidade de 50-90% do tecido muscular com redução na distinção ecográfica entre osso e músculo;

Grau 4 - Aumento muito forte da ecogenicidade em > 90% do tecido com total perda da ecogenicidade óssea;

Exemplos dos graus da Ecogenicidade pela escala Heckmatt estão exemplificados na Figura 10

Para fins acadêmico-científicos, poderão ser utilizados softwares de análise de imagem para a quantificação objetiva da ecogenicidade por meio da análise das escalas de cinza, como, por exemplo, o software ImageJ®.

Avaliação do Músculo Diafragma

Espessura e fração de espessamento

Para as medidas de espessura e fração de espessamento diafragmático, utilizar:

- Transdutor: Linear;
- Modo: B para visualização do músculo; modo M para mensuração;
- Pre-set: Músculoesquelético. Na ausência deste, o Pre-set Vascular poderá ser utilizado;
- Posicionamento: paciente em decúbito dorsal a 30º;
- Preferencialmente, realizar a medida em diafragma direito. Porém, caso suspeita de lesão diafragmática de qualquer origem, realizar a medida em ambas as cúpulas.

Para a avaliação da espessura e fração de espessamento, o transdutor linear deve ser posicionado transversal às costelas na linha axilar anterior entre o 7º, 8º e 9º espaço

intercostal, na região da zona de aposição do diafragma, entre as linhas axilar anterior e média (Figura 11)

Uma estrutura muscular trilaminar será identificada pelo avaliador pelo modo B (Figura 12) e, através do caliper do aparelho, deverá ser feita a medida entre as linhas parietal e peritoneal utilizando o modo M ao final da inspiração e ao final da expiração, respectivamente (Figura 13). O valor da espessura muscular será o encontrado ao final da fase expiratória, quando o músculo diafragma está na sua porção máxima de relaxamento; para o cálculo da fração de espessamento, utilizar a fórmula: ((Espessura ao final da inspiração - espessura ao final da expiração) / espessura ao final da expiração) x 100. Valores abaixo de 20% devem ser sinalizados como possível disfunção diafragmática, a depender do contexto da avaliação. Todas as medidas devem ser obtidas em respiração tranquila, sem participação ativa do paciente, exceto nos casos de esforço involuntário.

Mobilidade

Para a avaliação da mobilidade e velocidade de contração, o transdutor convexo deve ser posicionado na região subcostal, ao nível da linha clavicular média, em sentido póstero-lateral (Figura 14). Uma linha hiperecogênica vista pelo Modo B delimitando o fígado a direita ou o baço a esquerda, será a identificação ultrassonográfica do diafragma. A partir desta, a imagem do deslocamento diafragmático será identificada em modo M. A medida da mobilidade deverá ser mensurada pelo caliper do aparelho, sendo este o deslocamento vertical durante a fase inspiratória (Figura 15). Segundo a literatura vigente, os valores de normalidade variam de 2 a 10 centímetros, de acordo com a profundidade da inspiração (volume corrente ou capacidade pulmonar total). Valores abaixo de 2 centímetros devem ser sinalizados como possível disfunção do diafragma. Para análise de predição de sucesso de desmame, é considerado o valor mínimo de 1cm.

Para a medida de velocidade de contração, o operador deve obter o tempo inspiratório e a mobilidade, sendo a fórmula: (valor da mobilidade em centímetros / tempo inspiratório em segundos) – Figura 15. São considerados valores de normalidade medidas próximos a 1,3 cm/s.

Avaliação do Diafragma em pacientes pediátricos

Espessura do Diafragma e Fração de Espessamento (FEdi%)

Para as medidas de espessura e fração de espessamento diafragmático, utilizar:

- Transdutor: Linear tipo hockey stick (“botinha”) para lactentes e transdutor linear convencional para crianças acima de 2 anos; (Figura 16 A e B)
- Modo: B para visualização do músculo; modo M para mensuração;
- Pre-set: Diafragma. Na ausência deste, o Pre-set Muscular poderá ser utilizado;
- Posicionar o decúbito adequado. Lactentes: decúbito dorsal de 10 a 20º
- Posicionar o transdutor no hemidiafragma direito localizado entre as linhas axilar anterior e axilar média entre o tudinal ao eixo), entre 7 e 10 espaço intercostal, na zona de aposição diafragmática. (Figura 17 A e B).

O Modo B deverá ser utilizado para identificar o diafragma e, em seguida, Modo M deverá utilizado para avaliar a espessura e visualizar o movimento diafragmático durante as fases do ciclo respiratório. O diafragma pode ser identificado como uma faixa muscular hipoecoica entre duas linhas paralelas das membranas pleural e peritoneal. (Figura 17 C)

No modo M, o diafragma deverá ser visualizado como uma linha ecogênica movendo-se livremente durante a inspiração e a expiração. Nas fases do ciclo respiratório, realiza-se as medidas da espessura obtida ao final da inspiração (Einsp) e espessura obtida ao final da expiração (Eexp). (Figura 17 C)

Para a medida da espessura isoladamente, deve ser considerado a medida ao final da expiração.

Para a medida de fração de espessamento do diafragma (FEdi%) , utilizamos a fórmula: **(Einsp – Eexp) /Eexp) x 100),** sendo Eins = espessura obtida ao final da inspiração e Eexp = espessura obtida ao final da expiração.

A FEdi% pode variar por faixa etária, em crianças saudáveis pode-se considerar os valores abaixo:

	0- 6 meses	7 meses - 1ano	2 a 4anos	5 a 8 anos
Einsp(mm)	2.07	2.09	1.69	1.72
Eexp (mm)	1.64	1.67	1.38	1.42
FEdi (%	25.4	25.2	22.8	21.3

Mobilidade para população pediátrica

A medida de mobilidade diafragmática na população pediátrica será realizada da seguinte forma:

- Transdutor convexo
- Modo: B para visualização do músculo; modo M para mensuração;
- Pre-set: Diafragma. Na ausência deste, o Pre-set Abdominal poderá ser utilizado;
- Posicionar o decúbito adequado. Lactentes: decúbito dorsal de 10 a 20º
- Posicionar o transdutor na via subcostal direita, na linha clavicular média dirigindo-se perpendicularmente à região dorsal e cefálica, com o feixe do ultrassom atingindo o terço posterior do diafragma (Figura 18).

A mobilidade do diafragma em crianças saudáveis pode ter variação de acordo com a faixa etária, podendo variar de 0,64 a 2,8cm.

Faixa etária (anos)	Mobilidade do diafragma (cm)
0-1 ano	0.94
1-3 anos	0.97
3-6 anos	1.66
6-12 anos	2.14
12-18 anos	2.80

Avaliação do Músculo Intercostal

A musculatura intercostal deverá ser avaliada quando o paciente apresentar esforço respiratório, com o objetivo de mensurar a atividade de músculos acessórios, ou ainda quando houver fraqueza do diafragma e/ou falha no processo de desmame ventilatório. O paciente deve ser posicionado em decúbito dorsal de 30 a 45º. O lado de avaliação será preferencialmente em hemicorpo direito. Para avaliação, utilizar o transdutor linear na posição transversal aos arcos costais, entre o 2º e 3º arcos costais, a 3 a 5 cm do esterno (Figura 19) O valor da espessura muscular será o encontrado ao final da fase expiratória, quando o músculo paraesternal está na sua porção máxima de relaxamento; para o cálculo da fração de espessamento, utilizar a fórmula: ((Espessura ao final da inspiração - espessura ao final da expiração) / espessura ao final da expiração) x 100 (Figura 20). De acordo com a literatura, valores de fração de espessamento acima de

10% representam aumento da atividade de musculatura acessória inspiratória, podendo ou não estar associada a fraqueza da musculatura diafragmática.

Avaliação do Músculo Reto Abdominal

A avaliação do músculo reto abdominal deve ser realizada para acompanhamento da espessura do músculo com o objetivo da avaliação de trofismo e/ou na presença de atividade expiratória em que seja necessária a quantificação do esforço pela fração de espessamento, em situações de esforço respiratório com uso de músculos acessórios, fraqueza da tosse ou redução do pico de fluxo de tosse.

O paciente deverá ser posicionado em decúbito dorsal de 0 a 20º. O lado de avaliação será preferencialmente em hemicorpo direito, porém a avaliação bilateral é desejável. O transdutor linear deverá ser posicionado transversalmente à parede torácica, aproximadamente a 2-3 cm acima da cicatriz umbilical, e a 2-3 cm da linha média (Figura 21) O valor da espessura muscular será o encontrado ao final da fase inspiratória, quando o músculo paraesternal está na sua porção máxima de relaxamento (Figura 22); Para o cálculo da fração de espessamento, utilizar a fórmula: ((Espessura ao final da expiração - espessura ao final da inspiração) / espessura ao final da inspiração) x 100.

Avaliação da Parede Lateral Abdominal (músculos oblíquos e transverso)

Assim como o músculo reto abdominal, a musculatura lateral apresenta papel importante como músculos acessórios, importantes na expiração forçada, e adjuvantes na inspiração (músculo transverso). Da mesma maneira, deve ser realizada sua avaliação nas situações em que houver aumento do trabalho respiratório, especialmente com atividade de músculos acessórios, em situações de desmame difícil, fraqueza da tosse ou redução do pico de fluxo de tosse.

O paciente deverá ser posicionado em decúbito dorsal de 0 a 20º. O lado de avaliação será preferencialmente em hemicorpo direito, porém a avaliação bilateral é desejável. O transdutor linear deverá ser posicionado em formato de “meia lua” na linha axilar anterior, entre a crista ilíaca e o bordo inferior das costelas (Figura 23). Será visualizado 3 porções musculares distintas separadas pelas fáscias, sendo superficialmente o músculo obliquo externo, depois o músculo oblíquo externo e profundamente o músculo transverso (Figura 24). Este grupo muscular pode ser medido separadamente ou em conjunto, de acordo com o propósito do avaliador. Para mensuração da espessura, realizar a medida na fase inspiratória, e para o cálculo da fração de espessamento, utilizar a fórmula:

((Espessura ao final da expiração - espessura ao final da inspiração) / espessura ao final da inspiração) x 100.

- Ao término da avaliação compartilhar com o paciente, a equipe multiprofissional e familiares os resultados obtidos, bem como o plano terapêutico estabelecido;
- Evoluir os achados no prontuário eletrônico;
- Avaliar no 1º dia e a cada 5 dias, ou conforme a necessidade de avaliação;
- Registrar Handgrip e Balanço Hídrico;
- Avaliar ambos os membros.

Avaliação dos músculos reto abdominal e parede lateral abdominal (músculos oblíquos e transverso) na população pediátrica

Para as medidas de espessura do reto abdominal utilizamos o transdutor linear posicionado 2 cm a direita e 2 cm acima da cicatriz umbilical (Figura 25 E e F). O oblíquo externo, oblíquio interno e transverso podem ser identificados como três camadas paralelas, geralmente melhor visualizado na linha axilar anterior, a meio caminho entre a borda inferior da caixa torácica e da crista ilíaca (Figura 25 C e D).

A janela será obtida em MODO B, e a medida realizada em MODO M. Para a medida de fração de espessamento dos músculos abdominais, utilizaremos a fórmula **((Eexp – Eisnp) /Einsp) x 100), sendo Eins = espessura obtida ao final da inspiração e Eex = espessura obtida ao final da expiração.**

Medidas da espessura dos músculos abdominais em crianças em ventilação mecânica:

	Medição basal (mm)
Obliquio externo	0.9
Obliquio interno	1.3
Transverso	1.2
Reto abdominal	1.9
Total de musculos abdominais expiratorios (OE+OI+TA)	4.2

7. Responsabilidades

Este procedimento aplica-se aos fisioterapeutas e demais profissionais de saúde que participem do processo de cuidados aos pacientes que necessitem de avaliação por ultrassom muscular no Einstein, considerando ainda, que cada profissional deve exercer as atividades consoante as determinações da Lei do Exercício Profissional e de seu Conselho de Classe. Todos os profissionais devem estar cientes sobre a responsabilidade no cumprimento das orientações e diretrizes desse documento, agindo com zelo e diligência, prezando pela segurança do paciente, os interesses e Missão do Einstein, cumprindo, notadamente em relação ao atendimento de fisioterapia, o que segue:

Médico:

- Avaliar o paciente e prescrever a fisioterapia

Fisioterapeuta:

- Avaliação do paciente;
- Realizar o procedimento;
- Estabelecer o plano de tratamento;
- Inserir o plano de tratamento no prontuário eletrônico do paciente;
- Fornecer as orientações necessárias para a equipe de enfermagem, pacientes e familiares

8. Pontos críticos e/ou riscos

Pontos Críticos

Os profissionais da equipe de fisioterapia devem *conhecer, manter vigilância e dedicar atenção prioritária* aos ***cuidados e pontos de atenção***, pois eles configuram os ***PONTOS CRÍTICOS*** do procedimento de *Avaliação Muscular Periférica com Ultrassom;*
As falhas ou inobservância dos pontos críticos, podem comprometer a eficácia do tratamento e propiciar a ocorrência de eventos adversos e riscos ao paciente.
Visando garantir a segurança do paciente, o procedimento Avaliação Muscular Periférica por Ultrassom, requer que sejam rigorosamente observados e monitorados pela equipe de fisioterapia os seguintes Pontos Críticos:

- Manter atenção sobre dispositivos, tubos, sondas e catéteres;
- Manter atenção sobre a condição da pele do paciente;
- Atentar para medida com e sem pressão muscular;
- Manter atenção sobre cooperação e colaboração do paciente.

Riscos

Os ***RISCOS***, que correspondem às situações de vulnerabilidade e possibilidade de que um evento adverso ou indesejado ocorra no processo de Avaliação Muscular Periférico com Ultrassom, são decorrentes das falhas de atenção, negligência ou descumprimento dos "Pontos Críticos", pelos profissionais que realizam este procedimento;

O procedimento de fisioterapia em Avaliação Muscular Periférica com Ultrassom envolve *RISCOS* que estão intrinsicamente associados aos *PONTOS CRÍTICOS* e, se não forem devidamente controlados, podem ocasionar danos e eventos adversos.

- Risco da saída acidental de dispositivos
- Risco de realizar o procedimento sobre cateteres ou curativos no local da mensuração;
- Risco de ocasionar ou piorar lesões de pele no local da mensuração;
- Risco de obter resultados equivocados por excesso de pressão no transdutor;
- Risco de realizar o procedimento sem o consentimento dos pacientes.

9. Padrão de prática

Equipe de Fisioterapeutas capacitada do Grupo de Suporte em Ultrassonografia.

10. Periodicidade de treinamento

Treinamento específico com curso de capacitação e validação, a ser realizado uma única vez (mandatório para os avaliadores)

11. Registros da qualidade

- Evoluir no campo "notas de evolução da fisioterapia" no Cerner os valores obtidos após o procedimento
- Registros realizados no prontuário eletrônico (Prescrição, Plano Terapêutico, Plano Educacional, Atividades e Intervenções; Anotações e Evoluções do fisioterapeuta);

- Registros de riscos ou eventos no Sistema de Notificação Aprendizado e Segurança (SINAPSE).

12. Indicadores de desempenho

Não se aplica.

13. Anexos

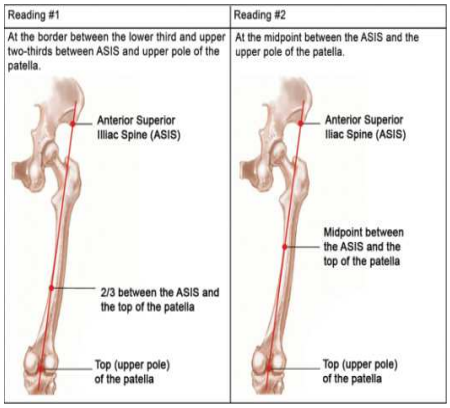


Figura 1: Pontos anatômicos para avaliação de espessura do músculo quadríceps - Ponto médio e terço inferior entre a crista ilíaca ântero-superior e a borda superior da patela.



Figura 2: Pontos anatômicos marcados com caneta dermatológica, de acordo com as medidas obtidas (Figura 1)

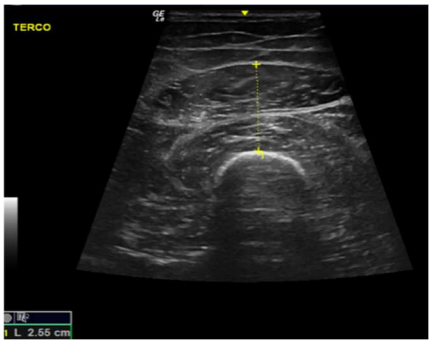


Figura 3: Aparência ultrassonográfica da medida de espessura do músculo quadríceps. Considerar como pontos a maior convexidade do osso do fêmur e a borda da fáscia interna do músculo reto femoral

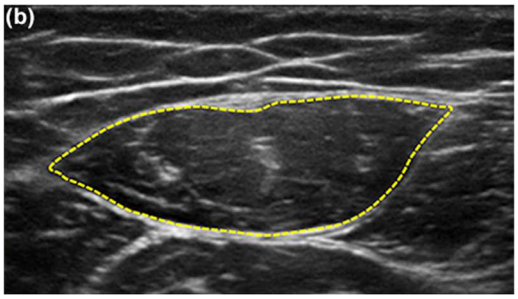


Figura 4: Aparência ultrassonográfica da medida de área de secção transversa do músculo reto femoral.

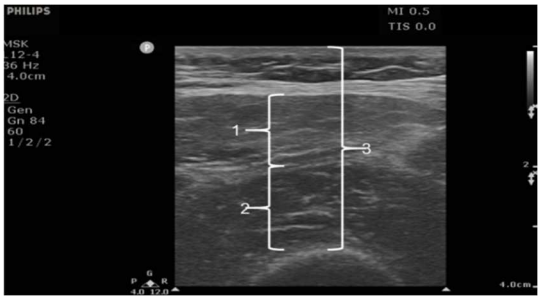


Figura 5: Medidas necessárias para o cálculo do índice de contratilidade: o colchete maior mostra a medida total da face anterior (musculo e tecido subcutâneo) e o colchete menor mostra medida muscular do quadríceps



Figura 6: Avaliação da espessura do quadríceps femoral na criança: Primeira imagem: posição do transdutor linear na metade da medida entre a crista ilíaca ântero-superior e a borda superior da patela. Segunda imagem: modo B mostra 1 - reto femoral, 2 - vasto intermédio, 3 - vasto medial e 4 - vasto lateral. A espessura do quadríceps é medida ao longo de uma linha que parte do fêmur até a fáscia do reto femoral.

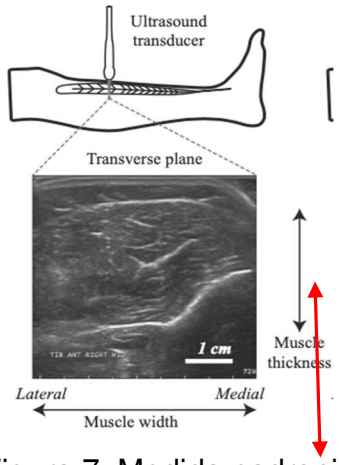


Figura 7: Medida padronizada para avaliação do músculo tibial anterior: considerar o terço superior da distância entre a linha patelar inferior e o maléolo lateral. A medida da espessura será entre a fáscia interna do músculo e o periósteo (seta vermelha)

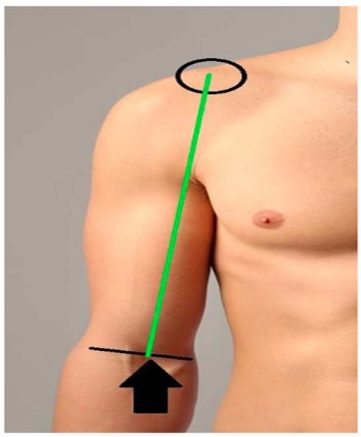


Figura 8: Medida padronizada para avaliação do músculo bíceps braquial: considerar o terço superior da medida entre o acrômio da escápula e a prega cubital.

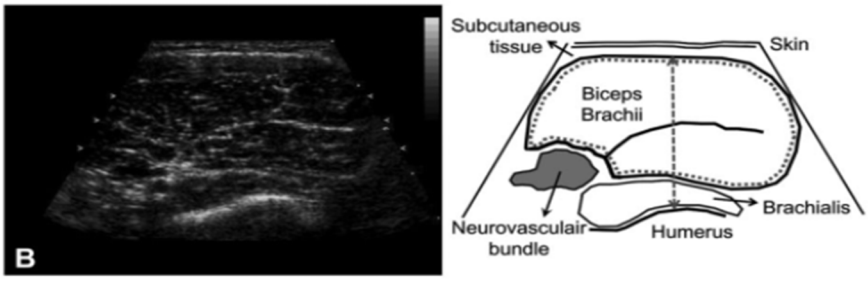


Figura 9: Medida da espessura do músculo braquial

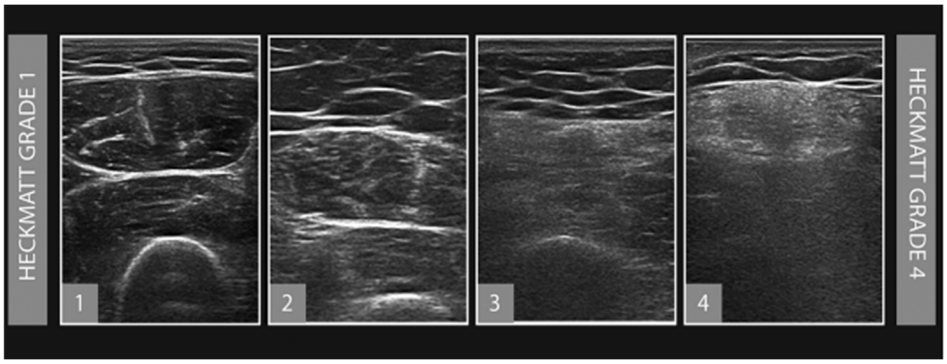


Figura 10: Escala de Heckmatt modificada para avaliação visual da Ecogenicidade Muscular (Grau 1 a 4).



Figura 11: Posicionamento anatômico para avaliação da espessura e fração de espessamento diafragmático: zona de aposição, entre o 8º, 9º e 10º espaço intercostal, na linha axilar anterior

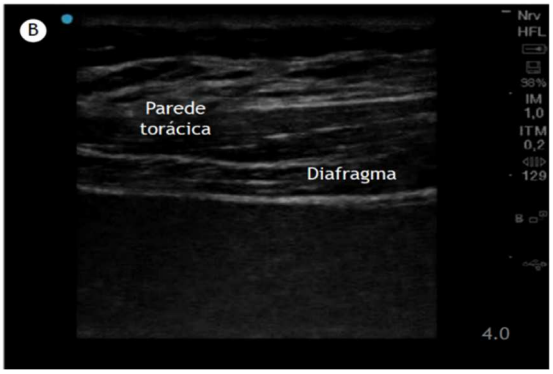


Figura 12: Aparência ultrassonográfica da espessura do diafragma vista no Modo B

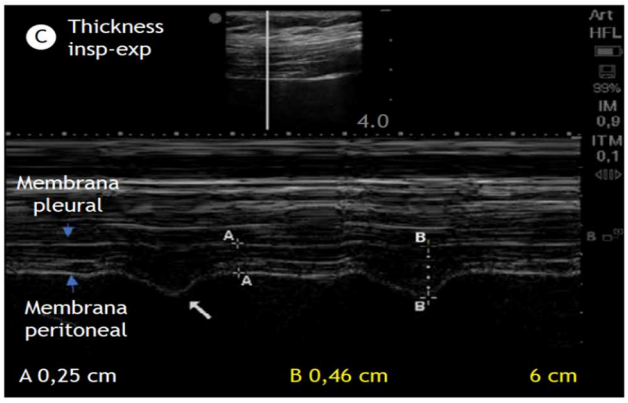


Figura 13: Medida da espessura do diafragma no Modo M: distância A-A (espessura na fase expiratória; distância B-B (espessura na fase inspiratória).

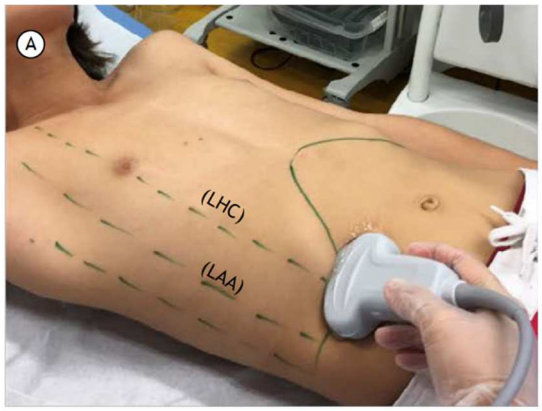


Figura 14: Ponto anatômico para avaliação da mobilidade diafragmática. O transdutor convexo deve ser posicionado subcostal ao nível da linha hemiclavicular (LHC)

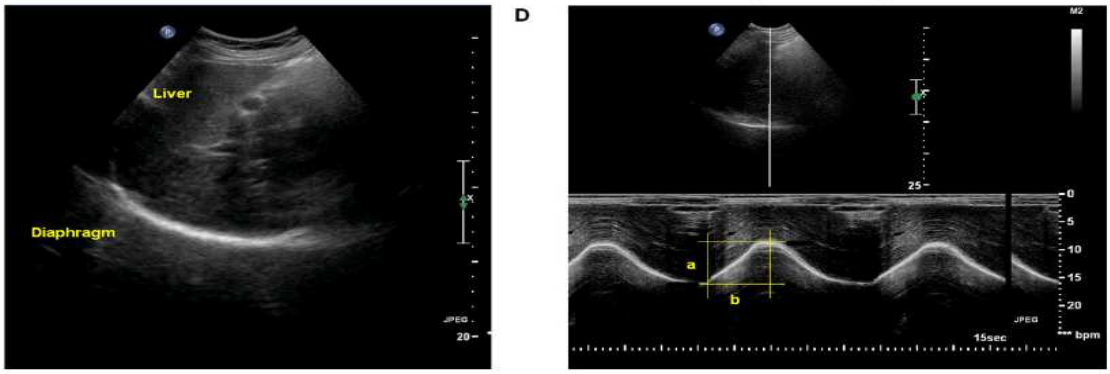


Figura 15: Mobilidade do diafragma: acima em modo B, mostrando a linha do diafragma (hiperecóica) delimitando o fígado. Abaixo, medida em modo M: o valor de “a” representa a mobilidade diafragmática (em cm), e o valor “b” representa o tempo inspiratório (em segundo). A medida da velocidade de contração será o valor de a/b (cm/s).

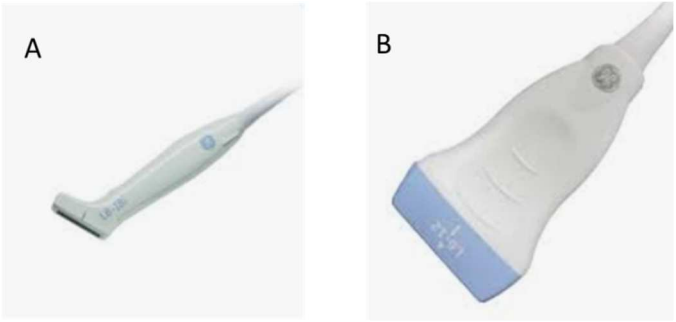


Figura 16: Modelos de transdutores lineares utilizados para a população pediátrica. Transdutor linear tipo hockey stick (‘botinha”) (A) e linear (B).

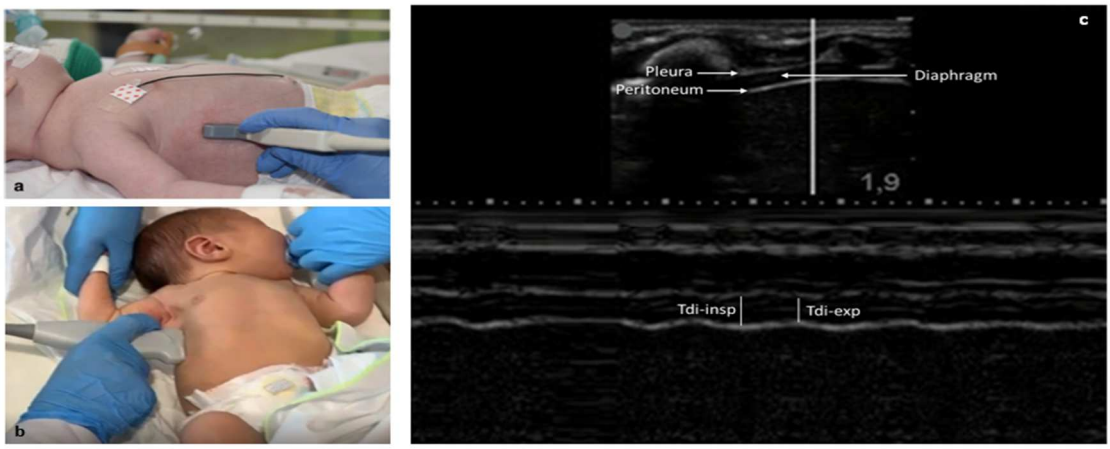


Figura 17: Posicionamento do transdutor no hemidiafragma direito localizado entre as linhas axilar anterior e axilar média entre o entre 7 e 10 espaço intercostal, na zona de aposição diafragmática (A e B). Acima, a identificação do diafragma no Modo B, entre a

pleura e o peritonio. Abaixo em modo M, demonstrando as fases do ciclo respiratório, e as medidas da espessura obtida ao final da inspiração (Einsp) e espessura obtida ao final da expiração (Eexp) (C).

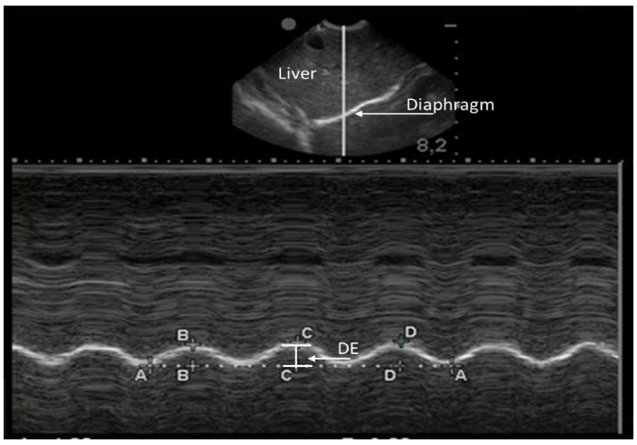


Figura 18: Avaliação da mobilidade diafragmática: acima, no modo B, a janela hepática pode ser identificada, e a linha hiperecoica representa o diafragma. Abaixo, a imagem em modo M permite a visualização dos ciclos respiratórios, sendo possível medir a mobilidade da cúpula diafragmática direita.

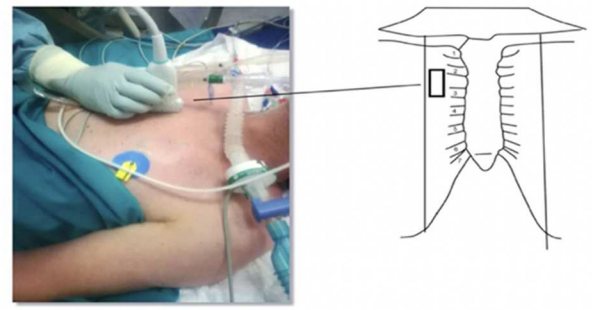


Figura 19: Ponto anatômico para mensuração da espessura e fração de espessamento dos músculos paraesternais, entre o 2º e 3º arcos costais, a 3-5 cm do manúbrio do esterno.

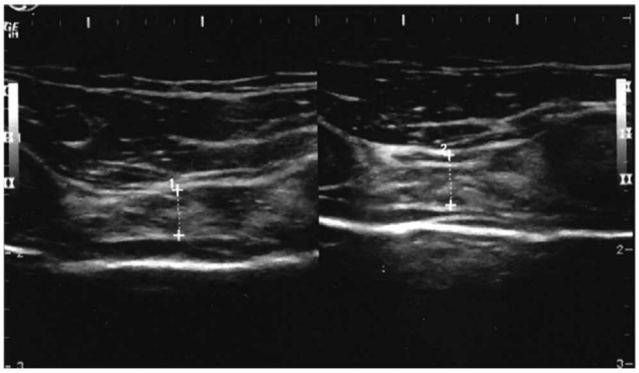


Figura 20: aparência ultrassonográfica do músculo paraesternal. A medida deve ser realizada entre as linhas (fáscias) na fase inspiratória e expiratória.



Figura 21: Posição anatômica para avaliação do músculo reto abdominal: utilizar 2-3 cm da cicatriz umbilical e 2-3 cm da linha média.

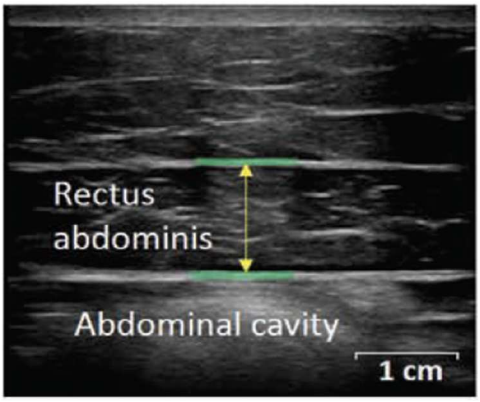


Figura 22: Aparência ultrassonográfica do músculo reto abdominal. A medida deverá ser realizada entre as fáscias (seta)



Figura 23: Posicionamento anatômico para mensuração dos músculos da parede lateral do abdomen. Utilizar transdutor transverso em formato de “meia lua”, na linha axilar anterior, entre a crista ilíaca e o bordo inferior das costelas.

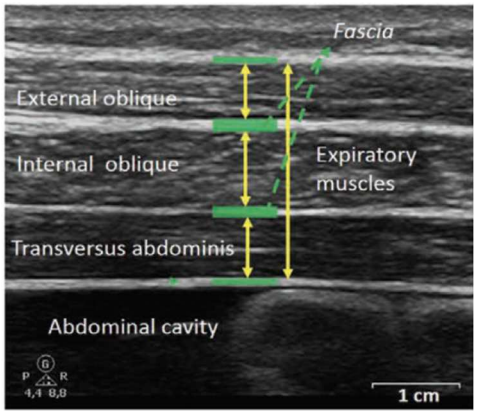


Figura 24: Aparência ultrassonográfica da parede lateral abdominal. Em ordem, serão visualizados os músculos oblíquo externo, oblíquo interno e transverso, respectivamente. Conforme a figura, a medida pode ser feita separadamente ou o grupo muscular, excluindo as fáscias.

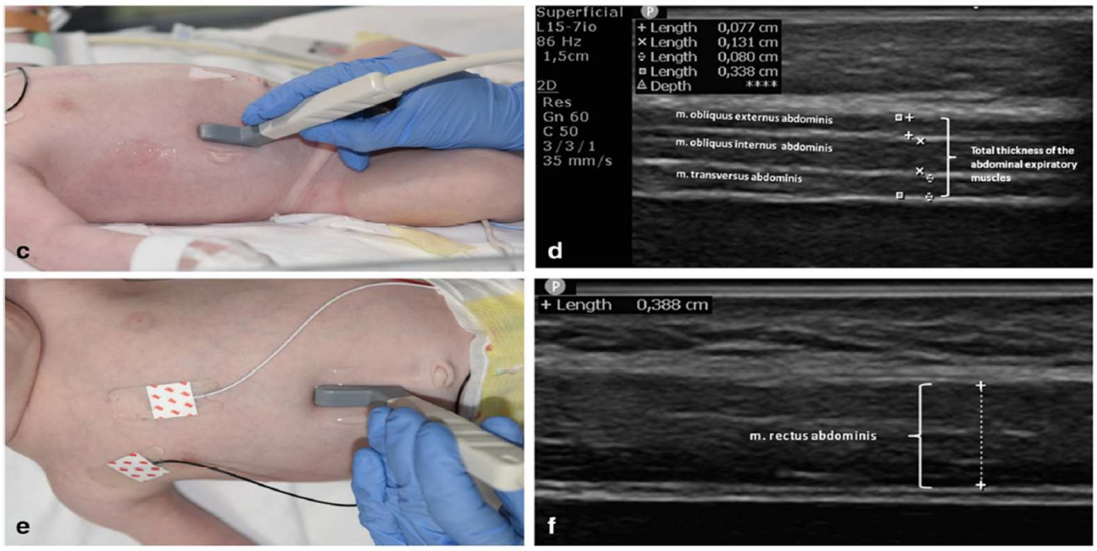


Figura 25: Posicionamento ultrassonográfico e medidas da espessura dos 3 músculos abdominais (m. oblíquo externo do abdome, m. oblíquo interno do abdome, m. transverso do abdome), separadamente e em conjunto (c, d); e do m. reto abdominal (e, f) com um transdutor linear de 7–15 MHz.

14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arts IM, Pillen S, Schelhaas HJ, Overeem S, Zwarts MJ. Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. Muscle Nerve. 2010 Jan;41(1):32-41. doi: 10.1002/mus.21458. PMID: 19722256.

Bertini, G, Elia S, Dani C. Using Ultrasound to examine muscle mass in preterm infants at term-equivalent age. European Journal of Pediatrics (2021) 180:461- 468

Campbell et al., Muscle Wating and energy Balance n Critical Illness. Clin Nutr 1995; 62:533

Connoly et al., Ultrasound for the assessmente of peripheral skeletal muscle architeture in critical Ilness: a sistematic review. Crit Care Med 2015; 43: 897-905

Duyndam A, Smit J, Heunks L, Molinger J, IJland M, van Rosmalen J, et al. Reference values of diaphragmatic dimensions in healthy children aged 0–8 years. Eur J Pediatr. 2023 Jun 1;182(6):2577–89.

Epelman M, Navarro OM, Daneman A, Miller SF. M-mode sonography of diaphragmatic motion: Description of technique and experience in 278 pediatric patients. Pediatr Radiol. 2005 Jul;35(7):661–7

Fan et al., Na Official American Thoracic Society Clinical Practice Guideline: The diagnosis of Intensive Care Unit Acquired Weakness in Adults. Am J Resp Care 2014; 190: 1437-1446

Fivez, T., Hendrickx, A., Van Herpe, T., Vlasselaers, D., Desmet, L., Van den Berghe, G. and Mesotten, D. (2016), An Analysis of Reliability and Accuracy of Muscle Thickness Ultrasonography in Critically Ill Children and Adults. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 40: 944-949

Gijsbertse K, Goselink R, Lassche S, Nillesen M, Sprengers A, Verdonschot N, van Alfen N, de Korte C. Ultrasound Imaging of Muscle Contraction of the Tibialis Anterior in Patients with Facioscapulohumeral Dystrophy. Ultrasound Med Biol. 2017 Nov;43(11):2537-2545. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2017.06.016. Epub 2017 Jul 29. PMID: 28764967

Glau CL, Lin EE, Conlon TW, Himebauch AS, Keim GP, Nishisaki A. Ultrasound assessment of diaphragm thickness, contractility, and strain in healthy pediatric patients. Pediatr Pulmonol. 2024 Feb;59(2):433-441.

Jain A, Sankar J, Kabra SK, Jat KR, Jana M, Lodha R. Evaluation of Changes in Quadriceps Femoris Muscle in Critically Ill Children Using Ultrasonography. Indian J Pediatr. 2023 Jun;90(6):541-547.

IJland MM, Lemson J, van der Hoeven JG, Heunks LMA. The impact of critical illness on the expiratory muscles and the diaphragm assessed by ultrasound in mechanical ventilated children. Ann Intensive Care. 2020 Aug 27;10(1):115. doi: 10.1186/s13613-020-00731-2.

Kara M, Kaymak B, Ata AM, Özkal Ö, Kara Ö, Baki A, Şengül Ayçiçek G, Topuz S, Karahan S, Soylu AR, Çakır B, Halil M, Özçakar L. STAR-Sonographic Thigh Adjustment

Ratio: A Golden Formula for the Diagnosis of Sarcopenia. Am J Phys Med Rehabil. 2020 Oct;99(10):902-908

Krishna D, Khera D, Toteja N, Sureka B, Choudhary B, Ganakumar VM, et al. Point-of-Care Thoracic Ultrasound in Children with Bronchiolitis. Indian J Pediatr. 2022 Nov 1;89(11):1079–85

Lichteinstein DA Monitorização da Mecanica Respiratoria pela Ultrassonografia Pulmonar. In: Monitorização Respiratória em UTI; Terzi RGG, Beraldo MA, Calderon LGMB.2ª ed. São Paulo: Editora Atheneu 2015

Lima et al., Reliability of the rectus femoris muscle cross-sectional área measurement by ultrasonography. Clin Physiol Funct Imaging 2012; 32: 221-226

Maynard-Paquette AC, Poirier C, Chartrand-Lefebvre C, Dubé BP. Ultrasound Evaluation of the Quadriceps Muscle Contractile Index in Patients with Stable Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Relationships with Clinical Symptoms, Disease Severity and Diaphragm Contractility. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2020 Jan 9;15:79-88

Moreta MC, Fleet A, Reebye R, McKernan G, Berger M, Farag J, Munin MC. Reliability and Validity of the Modified Heckmatt Scale in Evaluating Muscle Changes With Ultrasound in Spasticity. Arch Rehabil Res Clin Transl. 2020 Jul 1;2(4):100071

Matamis D, Soilemezi E, Tsagourias M, Akoumianaki E, Dimassi S, Boroli F, et al. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. Intensive Care Medicine. 2013. p. 801–10

Nogueira IC, Costa MFL, Cruz BMS, Magalaes CBA, Colaço MAXP. Ultrassonografia pulmonar e pletismografia em unidade de terapia intensiva. In: Associação Brasileira de Fisioterapia Cardiorrespiratoria e Fisioterapia em Terapia Intensiva; Martins JA, Andrade FMD, Beraldo MA, organizadores. PROFISIO: Ciclo 6. Porto Alegre: Artmed Panamericana; 2016. P11-58 (Sistema de Educação Continuada a Distância, v.4)

Parry et al., Ultrasonography in the intensive care setting can be used to detect changes in the quality and quantity of muscle and is related to muscle strength function. Journal of Crit Care 2015; 30:1151

Pasta et all., Sonography of the quadriceps muscle: examination technique, normal anatomy and traumatic lesions. Journal of Ultrasound 2010; 13: 76-84

Perkisas S, Bastijns S, Baudry S, Bauer J, Beaudart C, Beckwée D, Cruz-Jentoft A, Gasowski J, Hobbelen H, Jager-Wittenaar H, Kasiukiewicz A, Landi F, Małek M, Marco E, Martone AM, de Miguel AM, Piotrowicz K, Sanchez E, Sanchez-Rodriguez D, Scafoglieri A, Vandewoude M, Verhoeven V, Wojszel ZB, De Cock AM. Application of

ultrasound for muscle assessment in sarcopenia: 2020 SARCUS update. Eur Geriatr Med. 2021 Feb;12(1):45-59. doi: 10.1007/s41999-020-00433-9. Epub 2021 Jan 2. PMID: 33387359

Tillquist et al., Bedside ultrasound is a practical and reliable measurement tool for assessing quadríceps muscle layer thickness. JPEN 2014; 38:886-890

Vanpel et al. Assessment of Limb Muscle in Critically Ill Patients: A Sistematic Review.Crit Care Med 2014; 42: 701-711

15. Documentos relacionados

Procedimento para Mobilização Precoce Adulto

16. Histórico DE REVISÕES

#Histórico de Revisões#

Apêndice 3. Artigo submetido para publicação ao periódico cientifico: Intensive and Critical Care Nursing

Intensive & Critical Care Nursing

Correlation between diaphragm thickening fraction and respiratory distress score un infants with bronchiolitis using high flow nasal cannula

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Article Type:	Research Article
Keywords:	Bronchiolitis, Work of breathing, Ultrasound, Clinical score, pediatric
Corresponding Author:	Milena Siciliano Nascimento, Ph.D Hospital Israelita Albert Einstein São Paulo, São Paulo BRAZIL
First Author:	Graziele G P C Domingues
Order of Authors:	Graziele G P C Domingues
	Patricia A L Silva, MSc
	Priscila M de Souza
	Cintia de Cassia Cintra, MSc
	Cristiane do Prado, PhD
	Simone Brandi, PhD
	Milena Siciliano Nascimento, Ph.D
Abstract:	Background: Although the assessment of respiratory distress in infants with bronchiolitis using high-flow nasal cannula is traditionally performed using clinical scores, diaphragmatic ultrasound emerges as an objective and promising tool to measure the work of breathing. Objective: To evaluate the correlation between two respiratory distress scores and the diaphragm thickening fraction (DTF%) assessed by ultrasound (US) in infants with bronchiolitis under High-Flow Nasal Cannula (HFNC). Methods: A prospective study involving infants subjected to four HFNC flow rates applied in a randomized order (5 minutes each): 0.5 (reference), 1.0, 1.5, and 2.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. At the end of the last minute for each rate, the Muñoz and Modified Wood-Downes (M-WCAS) scores were evaluated, in addition to the DTF% using US. Results: Thirty-six patients were included (mean age: 6 months; 52% male). Compared to the 0.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ rate, the Muñoz and M-WCAS scores decreased significantly, but without relevant clinical variation (2.67 vs. 1.68 and 2.47 vs. 1.93, respectively; p=0.001 for both). The DTF% was highest at 0.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (42%), decreased significantly at the 1.0 and 1.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ rates (30%; p=0.001), and showed a partial increase at 2.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (35%; p=0.01). There was no correlation between the DTF% and the clinical scores (Muñoz: r=0.011; M-WCAS: r=0.005); however, a moderate correlation was observed between the two clinical scores (r=0.747). Conclusion: Although both the clinical scores and the DTF% detected changes during HFNC titration, only the DTF% sensitively differentiated the physiological response. The clinical scores, despite being statistically significant, showed low clinical relevance for this purpose. Diaphragmatic US stands out as a more specific tool for measuring respiratory effort, guiding more precise decisions in the titration of ventilatory support.
Opposed Reviewers:	

Sao Paulo, May 24 2026

Dear Editor,

On behalf of all authors, I am submitting the enclosed manuscript for possible publication in **Intensive and Critical Care Nursing.**

This manuscript has not been published previously, is not under consideration elsewhere, and will not be submitted elsewhere while under consideration by your journal. All authors are responsible for the reported research and have participated in the concept and design of the study, analysis and interpretation of data, drafting or revising of the manuscript, and have approved the final version submitted.

Bronchiolitis is one of the main causes of hospitalization in infants and may progress with significant respiratory distress requiring ventilatory support in pediatric intensive care units. High-flow nasal cannula (HFNC) therapy has been increasingly used to reduce respiratory effort and improve oxygenation. Although clinical respiratory distress scores are commonly used for ventilatory support escalation, diaphragmatic ultrasound has emerged as a promising tool for assessing respiratory effort.

In the manuscript entitled **"Correlation between diaphragm thickening fraction and respiratory distress Score un infants with bronchiolitis using high flow nasal cannula"** we evaluated the correlation between two respiratory distress scores and diaphragmatic thickening fraction (DTF%) assessed by ultrasound in infants with bronchiolitis receiving HFNC therapy. Our findings demonstrated that both diaphragmatic ultrasound and clinical scores detected changes during HFNC flow titration; however, diaphragmatic thickening fraction was more sensitive in identifying physiological responses and may contribute to more accurate decisions regarding flow titration and ventilatory support escalation. Furthermore, no correlation was observed between diaphragmatic thickening fraction and clinical scores, highlighting the potential complementary role of diaphragmatic ultrasound in respiratory assessment.

We believe this study contributes important evidence regarding bedside respiratory monitoring in pediatric critical care and reinforces the applicability of diaphragmatic ultrasound as a clinically relevant tool in infants with bronchiolitis.

Thank you for considering our manuscript for publication in your journal.

Sincerely,

Milena Siciliano Nascimento

Correlation between diaphragm thickening fraction and respiratory distress score un infants with bronchiolitis using high flow nasal cannula

Graziele G P C Domingues[1], Patrícia A. L. Silva [1], Priscila Monteiro de Souza [2], Cintia de Cássia Cintra [1], Cristiane do Prado PhD [1], Simone Brandi PhD [3], Milena S. Nascimento PhD [3]

1. Departamento Materno-infantil, Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo, Brazil
2. Corpo Discente da Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein, São Paulo, Brazil
3. Departamento de Práticas Assistenciais, Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo, Brazil

Authors' contributions

All the authors made the conception and design of the study, or acquisition of data, or analysis and interpretation of data, drafting the article or revising it critically for important intellectual content and final approval of the version to be submitted.

***Corresponding author:** MILENA SICILIANO NASCIMENTO
Departamento de Práticas Assistenciais
Hospital Israelita Albert Einstein
Avenue Albert Einstein, 627-701
ZIP code: 05651-901
Telephone: 55 – 11 – 21518242
São Paulo – SP/Brazil
milenasn@einstein.br

Statements and Declarations

Conflict of interest: The authors declare no competing interests.

Funding: This study received funding from the Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)
Clinical Trial: NCT06376487

ABSTRACT

Background: Although the assessment of respiratory distress in infants with bronchiolitis using high-flow nasal cannula is traditionally performed using clinical scores, diaphragmatic ultrasound emerges as an objective and promising tool to measure the work of breathing. **Objective:** To evaluate the correlation between two respiratory distress scores and the diaphragm thickening fraction (DTF%) assessed by ultrasound (US) in infants with bronchiolitis under High-Flow Nasal Cannula (HFNC). **Methods:** A prospective study involving infants subjected to four HFNC flow rates applied in a randomized order (5 minutes each): 0.5 (reference), 1.0, 1.5, and 2.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. At the end of the last minute for each rate, the Muñoz and Modified Wood-Downes (M-WCAS) scores were evaluated, in addition to the DTF% using US. **Results:** Thirty-six patients were included (mean age: 6 months; 52% male). Compared to the 0.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ rate, the Muñoz and M-WCAS scores decreased significantly, but without relevant clinical variation (2.67 vs. 1.68 and 2.47 vs. 1.93, respectively; p=0.001 for both). The DTF% was highest at 0.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (42%), decreased significantly at the 1.0 and 1.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ rates (30%; p=0.001), and showed a partial increase at 2.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (35%; p=0.01). There was no correlation between the DTF% and the clinical scores (Muñoz: r=0.011; M-WCAS: r=0.005); however, a moderate correlation was observed between the two clinical scores (r=0.747). **Conclusion:** Although both the clinical scores and the DTF% detected changes during HFNC titration, only the DTF% sensitively differentiated the physiological response. The clinical scores, despite being statistically significant, showed low clinical relevance for this purpose. Diaphragmatic US stands out as a more specific tool for measuring respiratory effort, guiding more precise decisions in the titration of ventilatory support.

Keywords: Bronchiolitis, Work of breathing, Ultrasound

INTRODUCTION

The use of high-flow nasal cannula (HFNC) has emerged as a preferred therapy for infants hospitalized in Pediatric Intensive Care Units (PICU) with bronchiolitis, and it has been associated with several benefits, including improvements in mucociliary clearance, optimization of oxygenation, and reduction in respiratory rate. Furthermore, it has been demonstrated that HFNC decreases respiratory effort and reduces the need for more invasive interventions, such as orotracheal intubation. (1,2)

Thus, the evaluation of infants using HFNC must be frequent and preferably based on objective criteria. (1,3) Respiratory distress can be observed through suprasternal, intercostal, subdiaphragmatic, and sternal retractions; nasal flaring, grunting, use of abdominal muscles, and use of accessory muscles, primarily the sternocleidomastoid. This is in addition to markers of peripheral oxygen saturation (SpO2) and fraction of inspired oxygen (FiO2), which directly reflect oxygenation. (4) However, because isolated clinical signs do not correlate well with the degree of dyspnea in cases of respiratory distress, clinical severity scoring systems comprising a combination of clinical signs and symptoms have been developed. Clinical scoring scales can be easily implemented, although they still present limitations related to validity and reliability. (5–8) Because these scores contain components that do not exclusively reflect muscular effort—such as the level of consciousness and cyanosis, which can be influenced by other clinical aspects—they may not offer optimal precision in their assessment. (9)

Therefore, another method for evaluating the work of breathing that has been introduced is ultrasound (US), which has been widely adopted for muscle assessment in critically ill patients due to its advantages, such as being non-invasive, painless, fast, and easy to apply at the bedside; moreover, it is recognized for its high reproducibility and sensitivity. (10,11) The assessment of the diaphragm and, more recently, the abdominal muscles (especially in infants, in whom active expiration is frequently observed) can play an important role in understanding respiratory distress and in adjusting ventilatory support to improve distress and muscle work. (12,13) The evaluation of objective and easily measurable parameters contributes to a more precise analysis of the child's clinical condition. In this context, measuring the diaphragm thickening fraction in children receiving respiratory support can assist in the early identification of the need to adjust ventilatory support, favoring the stabilization of the respiratory condition and contributing to better outcomes throughout hospitalization. (11,13)

The introduction of US as a complementary tool in evaluating the work of breathing represents a promising advance, offering objective parameters that can improve risk stratification and clinical decision-making. On the other hand, difficulties regarding equipment and staff training can pose a challenge to its widespread use, keeping distress scores as the primary option for evaluating these patients. This study aims to evaluate the correlation between two respiratory distress scores and the diaphragm thickening fraction assessed by US in infants with bronchiolitis using HFNC.

METHODS

Study Design and Setting

A prospective clinical study was conducted in the Pediatric Intensive Care Unit (PICU) of a private hospital from April 2024 to December 2025. This is a quaternary-level hospital with 18 PICU beds and an average of 1,300 admissions per year, 350 of which are bronchiolitis cases. The average high-flow nasal cannula (HFNC) utilization rate in this population is 27%. This study followed the Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) guidelines for observational studies.

Population of Interest and Eligibility

Infants under 2 years of age diagnosed with bronchiolitis and with an indication for HFNC use for less than 18 hours were eligible for the study. Exclusion criteria consisted of infants who, for any reason (intense crying, clinical decompensation, or parental request), were unable to complete the entire protocol; patients with chronic lung diseases (including a previous diagnosis of severe bronchopulmonary dysplasia); patients with congenital heart disease; and patients with upper airway malformations.

Ethical Aspects

This study was submitted to and approved by the Research Ethics Committee of the institution where it was conducted, Ethical approval number 6.875.490. The study was carried out in accordance with national and international resolutions, as outlined in Resolution No. 466 of December 12, 2012, and the Declaration of Helsinki, including all its subsequent revisions and amendments. Prior contact was made, and authorization was obtained from the manager of the Maternal and Child Department to conduct the study.

Protocol

Patients were positioned in an elevated supine position (10 to 20 degrees), and evaluations were performed at four HFNC flow rates applied in a randomized order, each maintained for 5 minutes: 0.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (reference), 1.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, 1.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, and 2.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Two respiratory distress scores were applied: the Muñoz Score (ranging from 0 to 10) and the Modified Wood-Downes Score (M-WCAS, ranging from 0 to 12). Additionally, the diaphragm thickening fraction (TFdi%) was evaluated using ultrasound (US) at the end of the final minute of each flow rate. To facilitate proper positioning and ultrasound image capture, distraction and interaction strategies such as music, toys, screens, and pacifiers were utilized. For infants who did not cooperate during the US examination, the protocol was initiated after they fell asleep.

Demographic variables were collected, including age, sex, Pediatric Index of Mortality 2 (PIM2) score, and viral screening (when requested as part of the admission routine). (14) Clinical variables included heart rate (HR) and peripheral oxygen saturation (SpO2). Finally, to evaluate respiratory distress, the respiratory distress score described by Muñoz-Bonet JI and the modified Wood-Downes score (M-WCAS) were used. (15,16) Both the distress scores and the respiratory rate (RR), HR, and SpO2 were assessed at the end of the 5-minute period for each flow rate.

For diaphragmatic evaluation, the right hemidiaphragm was assessed using a linear transducer (8–13 MHz) positioned between the anterior and mid-axillary lines, within the 7th to 10th intercostal spaces at the zone of diaphragmatic apposition. (17,18) Images were obtained by two previously trained examiners using a GE Versana Active® ultrasound system (São Paulo, Brazil). Two-dimensional mode (B-mode) was used to identify the diaphragm, followed by M-mode to measure thickness and visualize diaphragmatic movement. In M-mode, the diaphragm was visualized as an echogenic line moving freely during inspiration and expiration. To measure the diaphragm thickening fraction (TFdi%), the formula ((Tinsp - Texp) / Texp) x 100 was used, where *Tinsp* is the thickness at the end of inspiration and *Texp* is the thickness at the end of expiration. All measurements were performed over three respiratory cycles, and the final value was the average of these three measurements. (Figure 1)

Data Analysis

Categorical variables were described using absolute and relative frequencies, while numerical variables were expressed as means, standard deviations, medians,

quartiles, and minimum and maximum values. The distribution of numerical variables was evaluated using box plots and the Shapiro-Wilk normality test. (19) Pearson's correlation coefficient was used to analyze the linear correlation between quantitative variables. Measurements obtained across the different phases were analyzed using generalized estimating equations (GEE) models, accounting for the correlation between repeated measures within the same participant. Estimated values, 95% confidence intervals (CI), and significance values (*p*-values) were reported. A normal distribution was assumed for the M-WCAS scores and the diaphragm thickening fraction, whereas the total Muñoz score was analyzed using a Poisson distribution. The relationship between changes in the diaphragm thickening fraction and respiratory distress scores was also evaluated. All statistical analyses were performed using R software, with a significance level set at 5%. (20)

RESULTS

The patient inclusion flowchart is shown in Figure 2. 42 patients were included, and 6 patients were excluded: 4 because they were unable to complete the protocol due to excessive crying and 2 due to loss of ultrasound data.

Thirty-six patients were evaluated and subjected to four high-flow nasal cannula (HFNC) flow rates applied in a randomized order, each maintained for 5 minutes: 0.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (reference), 1.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, 1.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, and 2.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. The demographic and clinical characteristics of patients are described in Table 1.

Respiratory rate (RR) and heart rate (HR) showed similar mean values across the evaluated flow rates. The mean RR ranged from 50 to 54 breaths per minute, being lowest at the 2.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ flow rate and highest at the 1.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ flow rate. The mean HR ranged from 136 bpm at the 0.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ flow rate to 141 bpm at the 2.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ flow rate. Oxygen saturation exhibited the same trend as the other variables regarding similarity, presenting means between 95% and 96%; the lowest value was observed at the 1.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ flow rate (95%), and the highest at the 2.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ flow rate (96%).

The progression of values for both the Muñoz score and the M-WCAS across the four evaluated flow rates showed a significant reduction as the flow rate increased (Figures 3A and 3B); however, this reduction had no significant clinical impact. A statistically significant association was observed between the total Muñoz score and the

HFNC flow rate, with a high intra-subject correlation coefficient of 0.8, and a moderate-to-high coefficient of 0.712 for the M-WCAS.

The estimated means of the TFdi% demonstrated greater diaphragmatic activity at the reference flow rate of 0.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (TFdi% = 42%), with a marked reduction at intermediate flow rates (30% at 1.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ and 1.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$; $p = 0.001$) and a partial recovery at 2.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (35%; $p = 0.01$) (Figure 4). The association between the diaphragm thickening fraction and the HFNC flow rate was also evaluated, yielding a moderate intra-subject correlation coefficient of 0.41.

When evaluating the association between the Muñoz and M-WCAS scores, as well as between each clinical score and the TFdi%, an upward trend was observed in the total Muñoz score as the M-WCAS score increased. This suggests a positive association behavior between the two scores, with a Pearson linear correlation coefficient of 0.747 between these variables (Figure 5A). In the comparison between the total Muñoz score and the TFdi%, as well as between the M-WCAS score and the diaphragm thickening fraction, the visual association was not as evident as the one identified between the two clinical scores. The linear correlation coefficient between the total Muñoz score and the TFdi% was 0.011 (Figure 5B), and between the M-WCAS score and the diaphragm thickening fraction, it was 0.005 (Figure 5C).

DISCUSSION

In this study, it was observed that different flow rates of the high-flow nasal cannula (HFNC) significantly influenced the clinical respiratory distress scores and the diaphragm thickening fraction (TFdi%) in infants with bronchiolitis. There was a progressive reduction in the Muñoz and M-WCAS scores, as well as in the TFdi%, with increasing flow rates, suggesting a clinical improvement in respiratory distress during HFNC support. Furthermore, a positive association was identified between the two clinical scores, demonstrating similar behavior in assessing respiratory severity. However, no correlation was observed between the clinical scores and the TFdi% assessed by ultrasound, suggesting that these tools may reflect distinct dimensions of respiratory effort.

While clinical scores encompass global manifestations of the disease, including oxygenation, pulmonary auscultation, and neurological status, diaphragmatic ultrasound appears to represent respiratory muscle activity more specifically.(7,21) In our study, a

significant effect of the different HFNC flow rates on the evaluated clinical scores was observed, with higher scores associated with lower flows, along with a positive association between the Muñoz and M-WCAS scores. These findings reinforce that both instruments exhibit similar behavior in evaluating respiratory distress in infants with bronchiolitis. Rodriguez-Martinez et al., in a systematic review evaluating 32 clinical scores for bronchiolitis, demonstrated significant heterogeneity among the available scales regarding both the parameters used and their discriminative capacity and clinical validity; only six scales demonstrated better psychometric properties, among them the Wood-Downes and M-WCAS scores. (8)

Respiratory rate, wheezing, and retractions were the most frequently used items;(8) however, in our population, respiratory rate and the presence of wheezing showed little variation among the different evaluated flows. Conversely, items related to respiratory effort, especially retractions and the use of accessory muscles, contributed the most to modifying the scores, which can impact the final score and influence its interpretation.

In the validation study of the M-WCAS for infants with bronchiolitis, Duarte-Dourado et al. observed that higher scores were associated with a greater need for intensive care admission, especially in patients classified with a moderate to severe score (i.e., above 4 points).(16) In our study, despite observing a statistically significant reduction in the M-WCAS score with increasing HFNC flow, the mean values remained between 1 and 3 points across all evaluated phases, characterizing predominantly mild respiratory distress. Thus, although the statistical analysis demonstrated an association between flow and clinical score, the magnitude of this difference appears to have limited clinical relevance. This finding can be explained by the profile of the studied population, which was composed mostly of infants with lower clinical severity and a low HFNC failure rate. This reduces the variability of the scores and possibly limits their discriminative capacity to detect more expressive clinical changes related to ventilatory support.

Several clinical scoring tools have been proposed for evaluating bronchiolitis; however, their predictive capacity remains uncertain, with no evidence of superiority among them in identifying more severe cases. This limitation is partly related to the scarcity of robustly constructed scores and the absence of large prospective validation studies in different clinical contexts. (6,22) Corroborating these findings, a recent systematic review highlighted wide variability among the scores used to evaluate RSV infections, both in their components and in their application and validity. Although some

instruments can assist in monitoring clinical evolution and therapeutic decision-making, most still lack standardization, reliability, reproducibility, and adequate predictive capacity across different populations and healthcare settings.(23) Furthermore, we observed that the scores are composed of components that do not solely reflect muscular effort, such as the level of consciousness and cyanosis, which can be influenced by other clinical aspects. Similarly, Rivas-Juesas et al. demonstrated low agreement among different bronchiolitis scores, suggesting that, although some instruments show greater sensitivity or better inter-rater agreement, none demonstrated ideal accuracy.(9) Studies suggest that a combined score, integrating clinical and ultrasound parameters, may be a reliable predictor to guide respiratory support in patients with bronchiolitis.(24,25) Although not the focus of our study, lung ultrasound (US) has emerged in some studies as a tool to assess clinical severity, guide the escalation of respiratory support, and predict clinical outcomes in children with bronchiolitis.(24–26)

Some studies have explored the potential role of diaphragmatic function in infants with bronchiolitis. (21,24,25,27–30) To our knowledge, this is the first study to analyze the variation in diaphragmatic TFdi% across four different HFNC flow rates. Our results demonstrated a significant reduction in TFdi% at flows of 1.0, 1.5, and 2.0 L/kg/min compared to the 0.5 L/kg/min flow, with the greatest reductions observed at the 1.0 and 1.5 L/kg/min flows. These findings suggest that the increase in HFNC flow was associated with a reduction in diaphragmatic contractile activity, possibly reflecting a decrease in the work of breathing promoted by respiratory support. This behavior is consistent with the physiological mechanisms attributed to HFNC, including the reduction of airway resistance, the generation of positive expiratory pressure, and the washout of nasopharyngeal dead space. (31)

In this context, the TFdi% values observed in our study ranged between 27% and 37% in a population with a mean age of 5.9 months. These values were similar to those described in other pediatric settings. In healthy infants between 0 and 6 months, a mean TFdi% of approximately 25% has been reported, (32) while infants requiring non-invasive ventilation post-extubation exhibited a mean TFdi% of around 30%. (33)

Thus, although bronchiolitis represents a condition of increased work of breathing, our findings suggest that the TFdi% remained within a relatively preserved functional range. This is possibly related to the predominance of mild and moderate cases, but it also indicates that the HFNC ventilatory support was adequate for the sample studied.

However, interpreting diaphragmatic TFdi% in infants with bronchiolitis remains challenging. Previous studies suggest that reduced TFdi% values are associated with greater clinical severity.(24,27,29) Buonsenso et al. observed a trend toward lower TFdi% values in infants with severe disease, including a greater need for HFNC ventilatory support, although without statistical significance.(27) Similar results were observed by Curinha et al., who found a progressive increase in TFdi% associated with pulmonary ultrasound improvement and overall clinical resolution.(25) These results may suggest the presence of diaphragmatic dysfunction caused by hyperinflation, which is characteristic of the obstructive pattern of bronchiolitis.

On the other hand, Sik et al. demonstrated that TFdi% did not differ across degrees of bronchiolitis severity assessed by clinical scores, but they did observe a reduction in diaphragmatic ultrasound parameters. The same was observed after two hours of respiratory support, suggesting a decrease in the work of breathing promoted by HFNC therapy. Similarly, El-Samea et al. demonstrated a correlation between diaphragmatic ultrasound parameters, the Wood-Downes clinical score, and the length of hospital stay, suggesting the potential utility of this tool in assessing bronchiolitis severity. (24)

Despite this, we did not observe a significant correlation between TFdi% and the clinical scores used to assess respiratory severity. This can be partially explained by the fact that the items comprising the clinical scores are not exclusive to the assessment of muscular effort. (6,21,23)

LIMITATIONS

This study presents some limitations that must be considered when interpreting the results. Although conducted at a single center, it is, to our knowledge, the first study performed exclusively in infants with bronchiolitis admitted to a pediatric intensive care unit. The predominance of infants with mild respiratory distress, as well as the sample size, may have limited the detection of more robust associations between the evaluated parameters. We also acknowledge the inherent difficulty in assessing breath-by-breath variability in infants; however, to minimize this bias, measurements were taken only after a calm and regular breathing pattern was achieved, using the average of at least three respiratory cycles during the ultrasound analysis.

Although further studies are necessary, our results suggest that diaphragmatic ultrasound represents an innovative and promising tool in the pediatric intensive care

setting, with the potential to assist in functional respiratory assessment and decision-making related to the escalation of ventilatory support in infants with bronchiolitis. Furthermore, we highlight TFdi% as an objective measure of respiratory muscle effort—an aspect that may not be adequately captured by clinical scores due to their previously detailed psychometric limitations, which can subsequently influence the appropriate evaluation of respiratory support escalation in this population.

CONCLUSION

Our results demonstrated that both TFdi% and clinical scores detected changes in respiratory effort during HFNC titration. However, TFdi% provided a more specific assessment of diaphragmatic effort, enabling more precise flow adjustment, whereas clinical scores showed limited variation across flow rates and were less useful for guiding these decisions. The moderate correlation between the clinical scores indicates consistency despite differences in their components. In contrast, the weak correlation between TFdi% and clinical scores likely reflects the broader range of parameters included in clinical assessments, such as cyanosis, level of consciousness, and pulmonary auscultation, which are not directly related to respiratory effort. These findings suggest that diaphragmatic ultrasound is a promising tool for optimizing HFNC therapy and supporting decisions regarding escalation of respiratory support.

REFERENCES

1. Goh CT, Kirby LJ, Schell DN, Egan JR. Humidified high-flow nasal cannula oxygen in bronchiolitis reduces need for invasive ventilation but not intensive care admission. J Paediatr Child Health. 2017 Sep 1;53(9):897–902. doi:10.1111/jpc.13564 PubMed PMID: 28544665.
2. Franklin D, Babl FE, Schlapbach LJ, Oakley E, Craig S, Neutze J, et al. A Randomized Trial of High-Flow Oxygen Therapy in Infants with Bronchiolitis. New England Journal of Medicine. 2018 Mar 22;378(12):1121–31. doi:10.1056/nejmoa1714855 PubMed PMID: 29562151.
3. Schibler A, Pham TMT, Dunster KR, Foster K, Barlow A, Gibbons K, et al. Reduced intubation rates for infants after introduction of high-flow nasal prong oxygen

delivery. Intensive Care Med. 2011 May;37(5):847–52. doi:10.1007/s00134-011-2177-5 PubMed PMID: 21369809.

4. Stokes DC. Consultation with the Specialist: Respiratory Failure. Pediatr Rev 1997;18(10):361-366 doi:101542/pir18-10-361.
5. Bekhof J, Reimink R, Brand PLP. Systematic review: Insufficient validation of clinical scores for the assessment of acute dyspnoea in wheezing children. Paediatric Respiratory Reviews. 2014. p. 98–112. doi:10.1016/j.prrv.2013.08.004 PubMed PMID: 24120749.
6. Granda E, Urbano M, Andrés P, Corchete M, Cano A, Velasco R. Comparison of severity scales for acute bronchiolitis in real clinical practice. Eur J Pediatr. 2023 Apr 1;182(4):1619–26. doi:10.1007/s00431-023-04840-5 PubMed PMID: 36702906.
7. Davies CJ, Waters D, Marshall A. A systematic review of the psychometric properties of bronchiolitis assessment tools. Journal of Advanced Nursing. Blackwell Publishing Ltd; 2017. p. 286–301. doi:10.1111/jan.13098 PubMed PMID: 27509019.
8. Rodriguez-Martinez CE, Sossa-Briceño MP, Nino G. Systematic review of instruments aimed at evaluating the severity of bronchiolitis. Paediatric Respiratory Reviews. W.B. Saunders Ltd; 2018. p. 43–57. doi:10.1016/j.prrv.2016.12.006 PubMed PMID: 28258885.
9. Rivas-Juesas C, Rius Peris JM, García AL, Madramany AA, Peris MG, Álvarez L V., et al. A comparison of two clinical scores for bronchiolitis. A multicentre and prospective study conducted in hospitalised infants. Allergol Immunopathol (Madr). 2018 Jan 1;46(1):15–23. doi:10.1016/j.aller.2017.01.012 PubMed PMID: 28629673.
10. Fivez T, Hendrickx A, Van Herpe T, Vlasselaers D, Desmet L, Van Den Berghe G, et al. An Analysis of Reliability and Accuracy of Muscle Thickness Ultrasonography in Critically Ill Children and Adults. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition. 2016 Sep 1;40(7):944–9. doi:10.1177/0148607115575033 PubMed PMID: 25754437.
11. Scholten RR, Pillen S, Verrips A, Zwarts MJ. Quantitative ultrasonography of skeletal muscles in children: Normal values. Muscle Nerve. 2003 Jun 1;27(6):693–8. doi:10.1002/mus.10384 PubMed PMID: 12766980.
12. Shi. Mechanical Ventilation Affects Expiratory Muscles. anesthesiology [Internet]. 2021. Available from: http://journals.lww.com/anesthesiology

13. Tuinman PR, Jonkman AH, Dres M, Shi ZH, Goligher EC, Goffi A, et al. Respiratory muscle ultrasonography: methodology, basic and advanced principles and clinical applications in ICU and ED patients—a narrative review. Intensive Care Medicine. Springer; 2020. p. 594–605. doi:10.1007/s00134-019-05892-8 PubMed PMID: 31938825.
14. Slater A, Shann F, Pearson G. PIM2: A revised version of the Paediatric Index of Mortality. Intensive Care Med. 2003 Feb 1;29(2):278–85. doi:10.1007/s00134-002-1601-2 PubMed PMID: 12541154.
15. Bonet JIM, Flor-Macián E, Brines J, Millet PMR, Llopis MC, Prats JLL, et al. Predictive factors for the outcome of noninvasive ventilation in pediatric acute respiratory failure. Pediatric Critical Care Medicine. 2010;11(6):675–80. doi:10.1097/PCC.0b013e3181d8e303 PubMed PMID: 20308933.
16. Duarte-Dorado DM, Madero-Orostegui DS, Rodriguez-Martinez CE, Nino G. Validation of a scale to assess the severity of bronchiolitis in a population of hospitalized infants. Journal of Asthma. 2013 Dec;50(10):1056–61. doi:10.3109/02770903.2013.834504 PubMed PMID: 24000783.
17. Matamis D, Soilemezi E, Tsagourias M, Akoumianaki E, Dimassi S, Boroli F, et al. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. Intensive Care Medicine. 2013. p. 801–10. doi:10.1007/s00134-013-2823-1 PubMed PMID: 23344830.
18. Epelman M, Navarro OM, Daneman A, Miller SF. M-mode sonography of diaphragmatic motion: Description of technique and experience in 278 pediatric patients. Pediatr Radiol. 2005 Jul;35(7):661–7. doi:10.1007/s00247-005-1433-7 PubMed PMID: 15776227.
19. Agresti A. An Introduction to Categorical Data Analysis Hoboken. New Jersey: JohnWiley & Sons, Inc. 2007.
20. Paula GA. Modelos de regressão com apoio computacional . IME-USP. 2004.
21. Şık N, Çitlenbik H, Öztürk A, Yılmaz D, Duman M. Point of care diaphragm ultrasound in acute bronchiolitis: A measurable tool to predict the clinical, sonographic severity of the disease, and outcomes. Pediatr Pulmonol. 2021 May 1;56(5):1053–9. doi:10.1002/ppul.25268 PubMed PMID: 33442908.
22. Liguoro I, Patui M, Vidoni M, Pilotto C, Cogo P, Martini G. Comparison of the sensitivity and specificity of bronchiolitis severity scores in infants: a systematic

review and meta-analysis. Respiratory Medicine. W.B. Saunders Ltd; 2025. doi:10.1016/j.rmed.2025.108111 PubMed PMID: 40268061.

23. Sheikh Z, Potter E, Li Y, Cohen RA, Santos G Dos, Bont L, et al. Validity of Clinical Severity Scores for Respiratory Syncytial Virus: A Systematic Review. Journal of Infectious Diseases. 2024 Mar 15;229:S8–17. doi:10.1093/infdis/jiad436 PubMed PMID: 37797314.
24. El-Samea MZA, Abdel-Razik AM, Saad MA, Eltomey MA, Hamza MB. Evaluation of Diaphragmatic Ultrasonography in Infants with Acute Bronchiolitis. J Adv Med Med Res. 2023 Feb 10;8–15. doi:10.9734/jammr/2023/v35i44958
25. Curinha F, Fernandes A, Pinto C, Dionísio MT. Thoracic Ultrasound in Pediatric Intensive Care: A Valuable Tool for Children with Acute Bronchiolitis. Acta Med Port. 2026 Apr 1;39(4):271–80. doi:10.20344/amp.24309
26. Bobillo-Perez S, Sorribes C, Gebellí P, Lledó N, Castilla M, Ramon M, et al. Lung ultrasound to predict pediatric intensive care admission in infants with bronchiolitis (LUSBRO study) [Internet]. doi:10.1007/s00431-021-03978-4/Published
27. Buonsenso D, Supino MC, Giglioni E, Battaglia M, Mesturino A, Scateni S, et al. Point of care diaphragm ultrasound in infants with bronchiolitis: A prospective study. Pediatr Pulmonol. 2018 Jun 1;53(6):778–86. doi:10.1002/ppul.23993 PubMed PMID: 29578644.
28. Tomà P, Granata C, Sperandeo M. Diaphragm ultrasound in infants with bronchiolitis. Pediatric Pulmonology. John Wiley and Sons Inc.; 2018. p. 1177–8. doi:10.1002/ppul.24060 PubMed PMID: 29806248.
29. Krishna D, Khera D, Toteja N, Sureka B, Choudhary B, Ganakumar VM, et al. Point-of-Care Thoracic Ultrasound in Children with Bronchiolitis. Indian J Pediatr. 2022 Nov 1;89(11):1079–85. doi:10.1007/s12098-022-04117-z PubMed PMID: 35438475.
30. Nascimento M, Domingues GGPC, Silva PAL, De Souza PM, Souza TS, Vale LAPA, et al. Correlation Between Diaphragm Thickening Fraction and Respiratory Distress Score un Infants With Bronchiolitis Using High Flow Nasal Cannula [Internet]. Available from: www.atsjournals.org
31. Armarego M, Forde H, Wills K, Beggs SA. High-flow nasal cannula therapy for infants with bronchiolitis. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2024 Mar 20;2024(3). doi:10.1002/14651858.CD009609.pub3 PubMed PMID: 38506440.

32. Duyndam A, Smit J, Heunks L, Molinger J, IJland M, van Rosmalen J, et al. Reference values of diaphragmatic dimensions in healthy children aged 0–8 years. Eur J Pediatr. 2023 Jun 1;182(6):2577–89. doi:10.1007/s00431-023-04920-6 PubMed PMID: 36939879.
33. Valverde Montoro D, García Soler P, Hernández Yuste A, Camacho Alonso JM. Ultrasound assessment of ventilator-induced diaphragmatic dysfunction in mechanically ventilated pediatric patients. Paediatric Respiratory Reviews. W.B. Saunders Ltd; 2021. p. 58–64. doi:10.1016/j.prrv.2020.12.002 PubMed PMID: 33744085.

FIGURE LEGENDS

Figure 1: Transducer positioning on the right hemidiaphragm, located between the anterior and mid-axillary lines within the 7th to 10th intercostal spaces, in the zone of diaphragmatic apposition (A and B). Figure C shows the ultrasound image, identifying the diaphragm in B-mode, between the pleura and the peritoneum. In M-mode, it demonstrates the phases of the respiratory cycle and the measurements of the thickness obtained at the end of inspiration (Tinsp) and the thickness obtained at the end of expiration (Texp). To measure the diaphragm thickening fraction (TFdi%), we used the formula ((Tinsp – Texp) / Texp) x 100, where Tinsp = thickness obtained at the end of inspiration and Texp = thickness obtained at the end of expiration.

Figure 2. Study flow diagram. Of the 142 patients assessed for eligibility, 42 met the inclusion criteria and were enrolled in the study. One hundred patients were not included due to HFNC duration >18 hours (n = 39), refusal to participate (n = 34), HFNC failure (n = 13), research team unavailability (n = 12), or congenital heart disease (n = 2). Six patients were subsequently excluded because they did not complete the study protocol (n = 4) or due to missing data (n = 2), resulting in a final analysis of 36 patients.

Figure 3: Variation in clinical respiratory distress scores under different flow rates of [mn2] High-Flow Nasal Cannula (HFNC). (A) Muñoz Score and (B) M-WCAS at flows of 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. The boxes represent the interquartile range with the median indicated by the solid horizontal line. The whiskers extend to the lower and upper non-outlier limits, and the dots represent outliers. The *p*-

values indicate the comparison of each rate with the baseline flow (0.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). The increase in flow resulted in a reduction of both scores, with a more progressive drop in (A) and a more discrete variation in (B).

Figure 4: Variation in the Diaphragm Thickening Fraction (TFdi%) evaluated by ultrasound at different High-Flow Nasal Cannula (HFNC) flow rates. The box plots demonstrate the TFdi% at flow rates of 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. The boxes represent the interquartile range with the median indicated by the solid horizontal line. The whiskers extend to the lower and upper non-outlier limits, and the dots represent outliers. The *p*-values indicate statistical significance when comparing each flow rate to the baseline reference flow (0.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). A marked reduction was observed at intermediate flow rates (30% at 1.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ and 1.5 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), with a partial recovery at 2.0 $L \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (35%).

Figure 5: Correlation analysis between clinical respiratory distress scores and the diaphragm thickening fraction evaluated by ultrasound. Scatter plots demonstrating the relationship between the evaluated parameters. (A) Positive association between the Total Muñoz Score and the Modified Wood-Downes Score (M-WCAS). (B) Correlation between the Total Muñoz Score and the Diaphragm Thickening Fraction (TFdi%). (C) Correlation between the M-WCAS and the Diaphragm Thickening Fraction (TFdi%). No correlation was observed between the clinical scores and the TFdi%.

Figure 1

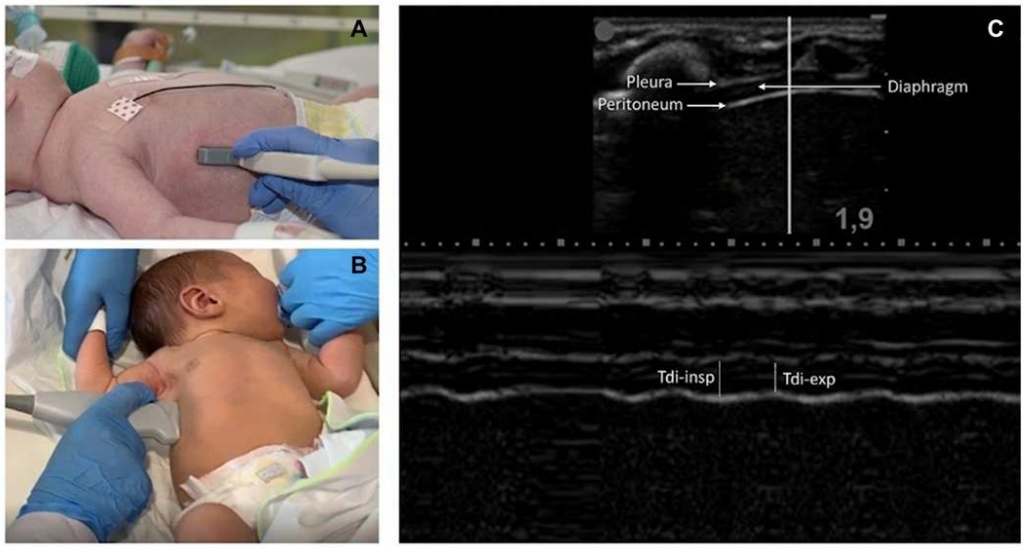


Figure 2

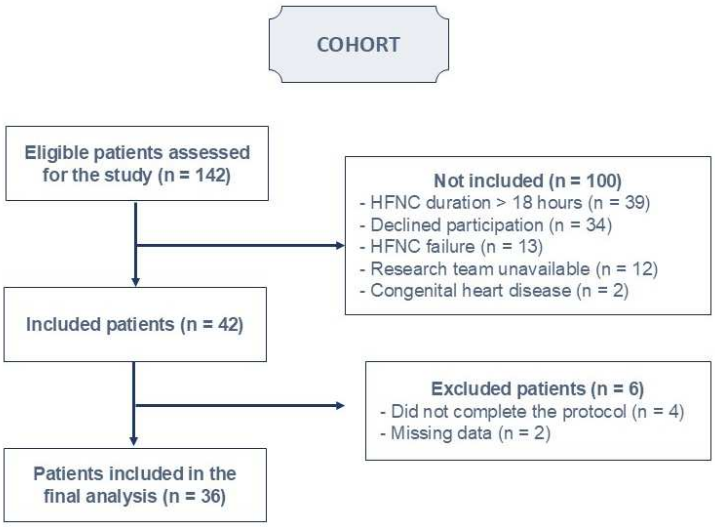


Figure 3

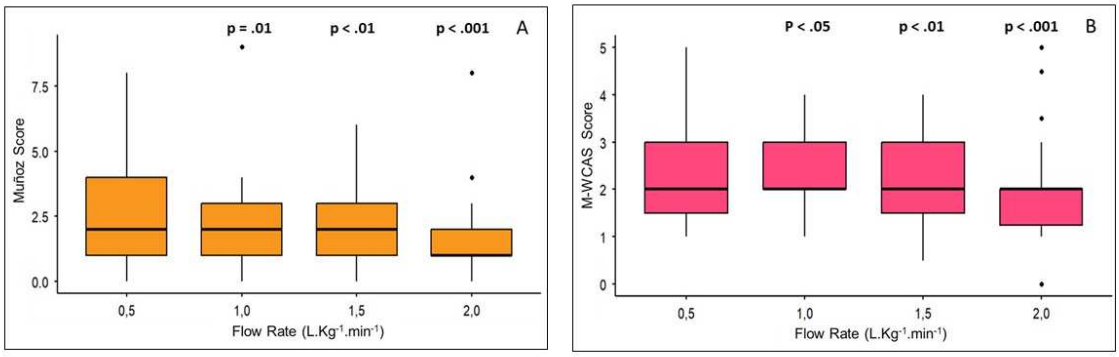


Figure 4

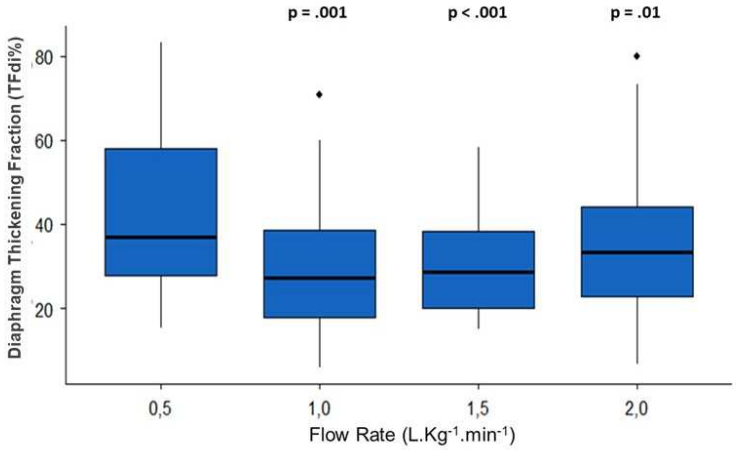


Figure 5

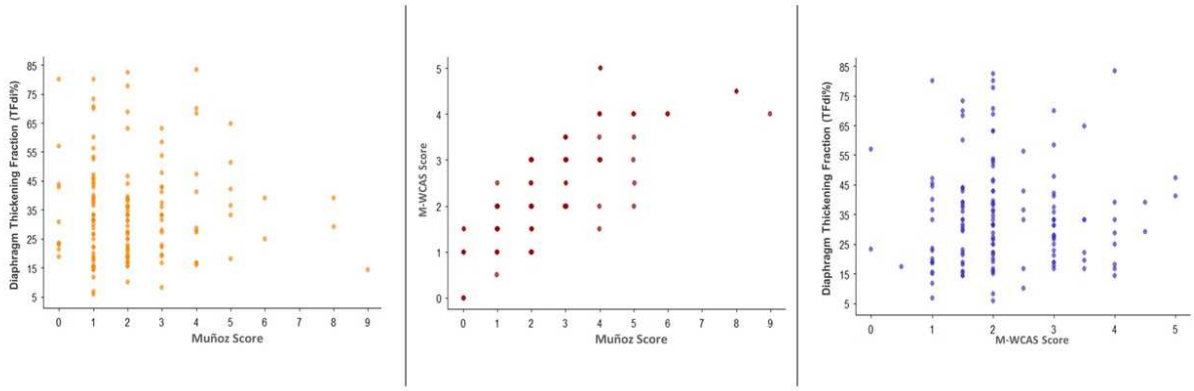


Table 1. Demographic description, clinical characteristics and use of HFNC

Variables	n= 36
Sex - n (%)	
Male	19 (52,8)
Female	17 (47,2)
Age (month)	5,9 (4,0)*
Weight (kg)	7,1 (2,1)*
Length of hospital stay (days)	5,6 (2,5)*
Length of ICU stay (days)	4,1 (1,8)*
Viral screening n (%)	
Yes	32 (88,9)
Viral screening by type - n (%)	
RSV	20 (55,6)
Rhinovirus	11 (30,6)
Enterovirus	7 (19,4)
Metapneumovírus	3 (8,3)
Adenovirus	1 (2,8)
Parainfluenza 3	1 (2,8)
Bocavírus	1 (2,8)
Negative screening	1 (2,8)
HFNC time (hours)	54,9 (25,3)*
Post-CAF withdrawal outcome - n (%)	
Failure	5 (13,9)*

Success	31 (86,1)*
If success - n (%)	
Ambient air	24 (77,4)*
Conventional oxygen therapy	7 (22,6)*
If Failure - n (%)	
NIV	5 (13,9)*
IMV	0*

HFNC: High flow nasal cannula; ICU: Intensive care unit; RSV: Respiratory Syncytial virus; NIV: Noninvasive ventilation; IMV: Invasive mechanical ventilation

* Numerical variables are presented as mean and standard deviation.

Declaration of Interest Statement:

All authors declare no competing interests

Ethical Statement

This study was submitted to and approved by the Research Ethics Committee of the institution where it was conducted, Ethical approval number 6.875.490. The study was carried out in accordance with national and international resolutions, as outlined in Resolution No. 466 of December 12, 2012, and the Declaration of Helsinki, including all its subsequent revisions and amendments. Prior contact was made, and authorization was obtained from the manager of the Maternal and Child Department to conduct the study

STROBE Statement—checklist of items that should be included in reports of observational studies

	Item No	Recommendation	Page No
Title and abstract	1	(*a*) Indicate the study's design with a commonly used term in the title or the abstract	Title page and abstract

		(*b*) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found	yes
Introduction			
Background/rationale	2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported	1,2
Objectives	3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses	2
Methods			
Study design	4	Present key elements of study design early in the paper	2
Setting	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection	2,3
Participants	6	(*a*) *Cohort study*—Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants. Describe methods of follow-up *Case-control study*—Give the eligibility criteria, and the sources and methods of case ascertainment and control selection. Give the rationale for the choice of cases and controls *Cross-sectional study*—Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants	3
		(*b*) *Cohort study*—For matched studies, give matching criteria and number of exposed and unexposed	

		Case-control study—For matched studies, give matching criteria and the number of controls per case	
Variables	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable	4
Data sources/ measurement	8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement). Describe comparability of assessment methods if there is more than one group	3,4
Bias	9	Describe any efforts to address potential sources of bias	4,11,12
Study size	10	Explain how the study size was arrived at	5
Quantitative variables	11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were chosen and why	5
Statistical methods	12	(*a*) Describe all statistical methods, including those used to control for confounding	5
		(*b*) Describe any methods used to examine subgroups and interactions	5
		(*c*) Explain how missing data were addressed	5,6
		(*d*) *Cohort study*—If applicable, explain how loss to follow-up was addressed *Case-control study*—If applicable, explain how matching of cases and controls was addressed	

		Cross-sectional study—If applicable, describe analytical methods taking account of sampling strategy	
		(*e*) Describe any sensitivity analyses	

Results

Participants	13*	(a) Report numbers of individuals at each stage of study—eg numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included in the study, completing follow-up, and analysed	5,6
		(b) Give reasons for non-participation at each stage	5,6
		(c) Consider use of a flow diagram	5, 17 (Figure2)
Descriptive data	14*	(a) Give characteristics of study participants (eg demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders	6 (table 1)
		(b) Indicate number of participants with missing data for each variable of interest	5,6
		(c) *Cohort study*—Summarise follow-up time (eg, average and total amount)	
Outcome data	15*	*Cohort study*—Report numbers of outcome events or summary measures over time	6
		Case-control study—Report numbers in each exposure category, or summary measures of exposure	
		Cross-sectional study—Report numbers of outcome events or summary measures	
Main results	16	(*a*) Give unadjusted estimates and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (eg, 95% confidence interval). Make clear which confounders were adjusted for and why they were included	5,7

		(*b*) Report category boundaries when continuous variables were categorized	
		(*c*) If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period	
Other analyses	17	Report other analyses done—eg analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses	
Discussion			
Key results	18	Summarise key results with reference to study objectives	7 -12
Limitations	19	Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision. Discuss both direction and magnitude of any potential bias	11,12
Interpretation	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence	7-12
Generalisability	21	Discuss the generalisability (external validity) of the study results	11,12
Other information			
Funding	22	Give the source of funding and the role of the funders for the present study and, if applicable, for the original study on which the present article is based	Title page

*Give information separately for cases and controls in case-control studies and, if applicable, for exposed and unexposed groups in cohort and cross-sectional studies.