

INCIDÊNCIA E FATORES DE RISCO ASSOCIADOS À FALHA NA VENTILAÇÃO NÃO INVASIVA EM PACIENTES PEDIÁTRICOS

INCIDENCE AND RISK FACTORS ASSOCIATED WITH NONINVASIVE VENTILATION FAILURE IN PEDIATRIC PATIENTS

Gláucia Zuleide Stumm¹ , Vagner Reinaldo Zingalli Bueno Pereira² , Jonas Michel Wolf³ , Elisângela Bianchi Furlin¹ , Janaína Turcatto⁴ , Marcelo de Oliveira Saldanha⁵ , Caroline Dani⁶ , Luiz Alberto Forgiarini Junior⁷ 

RESUMO

Introdução: O suporte ventilatório é usado para o tratamento de pacientes com insuficiência respiratória aguda (IRpA) ou crônica agudizada. A ventilação não-invasiva (VNI) na IRpA pediátrica é amplamente usada em bebês prematuros e crianças, porém até a data atual os estudos têm sido escassos. Portanto, o objetivo do presente estudo foi determinar os fatores de risco associados à falha na VNI em uma unidade de terapia intensiva pediátrica.

Métodos: Coorte retrospectiva a partir de prontuários de pacientes admitidos na unidade de terapia intensiva (UTI) Pediátrica de um Hospital de Caxias do Sul, entre maio de 2017 e outubro de 2019, que utilizaram VNI.

Resultados: A incidência de falha na VNI foi de 33%. Asma (RR = 1,36; IC95% = 1,08-1,72), uso de VNI em pacientes pós-extubação (RR = 1,97; IC95% = 1,17-3,29), uso contínuo da VNI (RR = 2,44; IC95% = 1,18-5,05), encerramento à noite (RR = 2,52; IC95% = 1,53-4,14), modalidade final ventilação mandatória intermitente sincronizada (SIMV) (RR = 4,20; IC95% = 2,20-7,90), pressão expiratória positiva final (PEEP) no início da ventilação ($6,8 \pm 1,1$; $p < 0,01$) e fração inspiratória de O_2 (FIO₂) final ($53,10 \pm 18,50$; $p < 0,01$) foram associados à falha. Adicionalmente, a pressão arterial sistólica (PAS) inicial ($118,68 \pm 18,68$ mmHg; $p = 0,02$), a frequência respiratória inicial (FR) ($47,69 \pm 14,76$; $p = 0,28$) e final ($47,54 \pm 14,76$; $p < 0,01$) foram associados a falha.

Conclusão: A modalidade ventilatória final SIMV, demonstra ser o melhor preditor de risco de falha, seguido do turno em que a VNI é finalizada, onde à noite existe maior risco de falha. Além disso, foram preditores de falha, porém com menor robustez, a pressão positiva inspiratória (PIP) final e a FR final.

Palavras-chave: *Fatores de risco; Ventilação mecânica não invasiva; Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica; Insuficiência ventilatória; Ventilação mecânica; Ventilação por pressão positiva*

ABSTRACT

Introduction: Ventilatory support is used for the treatment of patients with acutely chronic or acute respiratory failure (ARF). Noninvasive ventilation (NIV) in pediatric ARF is widely used in preterm infants and children, but studies to date have been limited. Therefore, the aim of the present study was to determine the risk factors associated with NIV failure in a pediatric intensive care unit.

Methods: This retrospective cohort study was based on medical records of patients admitted to the pediatric intensive care unit of a hospital in Caxias do Sul, southern Brazil, between May 2017 and October 2019, who used NIV.

Results: The incidence of NIV failure was 33%. Asthma (relative risk [RR] = 1.36; 95% confidence interval [CI] = 1.08-1.72), post-extubation use of NIV (RR = 1.97; 95% CI = 1.17-3.29), continuous use of NIV (RR = 2.44; 95% CI = 1.18-5.05),

Clin Biomed Res. 2022;42(1):7-15

1 Departamento de Fisioterapia na Unidade Terapia Intensiva, Hospital Geral de Caxias do Sul. Caxias do Sul, RS, Brasil.

2 Departamento de Enfermagem na Unidade Terapia Intensiva, Hospital Geral de Caxias do Sul. Caxias do Sul, RS, Brasil.

3 Departamento de Gerência Médica, Escritório de Gestão da Prática Clínica e Valor em Saúde, Hospital Moínhos de Vento. Porto Alegre, RS, Brasil.

4 Departamento de Fisioterapia Intensiva Pediátrica, Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, RS, Brasil

5 Departamento de Medicina Intensiva Pediátrica, Hospital Materno Infantil Presidente Vargas. Porto Alegre, RS, Brasil.

6 Programa de Pós-Graduação em Farmacologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brasil.

7 Departamento de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva, Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Porto Alegre, RS, Brasil.

Autor correspondente:

Jonas Michel Wolf
jonasmwolf@gmail.com
Departamento de Gerência Médica,
Escritório de Gestão da Prática
Clínica e Valor em Saúde,
Hospital Moínhos de Vento
Rua Tiradentes, 333
90560-030, Porto Alegre, RS, Brasil.

completion at night (RR = 2.52; 95% CI = 1.53-4.14), final mode synchronized intermittent mandatory ventilation (SIMV) (RR = 4.20; 95% CI = 2.20-7.90), positive end-expiratory pressure at the beginning of ventilation (6.8 ± 1.1 ; $p < 0.01$), and final fraction of inspired oxygen (53.10 ± 18.50 ; $p < 0.01$) were associated with failure. Additionally, initial systolic blood pressure (118.68 ± 18.68 mmHg; $p = 0.02$), initial respiratory rate (IRR) (47.69 ± 14.76 ; $p = 0.28$), and final respiratory rate (47.54 ± 14.76 ; $p < 0.01$) were associated with failure.

Conclusion: The final ventilatory mode SIMV proves to be the best failure risk predictor, followed by the shift in which NIV is completed, as there is a greater risk of failure at night. In addition, final positive inspiratory pressure and final respiratory rate were less robust predictors of failure.

Keywords: Risk factors; Noninvasive mechanical ventilation; Pediatric intensive care unit; Ventilatory failure; Mechanical ventilation; Positive pressure ventilation

INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica visa substituir total ou parcialmente a ventilação espontânea do paciente, podendo ocorrer de forma invasiva (VMI) através de tubo endotraqueal (IET) ou traqueostomia (TQT), ou de forma não invasiva (VNI) através de uma interface paciente ventilador. Define-se como suporte ventilatório o tratamento de pacientes com insuficiência respiratória aguda (IRpA) ou crônica agudizada^{1,2}.

A IRpA é uma síndrome grave, desenvolvida agudamente, sendo uma das condições mais comuns na terapia intensiva pediátrica. É secundária a diversas doenças e é definida como a incapacidade do sistema respiratório em atender às demandas do organismo por oxigênio e/ou manter a eliminação adequada do dióxido de carbono produzido, gerando assim a hipoxemia e/ou a hipercapnia^{3,4}.

Em 2016, todos os dias, 15 mil crianças morreram antes de completar cinco anos de vida. A prematuridade é a causa de morte mais prevalente, seguida pelas infecções respiratórias agudas que frequentemente estão associadas à insuficiência respiratória⁵.

O tratamento da IRpA consiste em solucionar a causa de base. Até que isto ocorra, o suporte ventilatório pode ser necessário. Desta forma, a VNI pode ser empregada precocemente, assim que os sinais clínicos de insuficiência respiratória se desenvolvem, evitando a necessidade de VMI e suas complicações⁶⁻⁸.

A VNI reduz o risco de pneumonia associada ao ventilador, mantém a possibilidade de comunicação com o paciente e não requer sedação profunda⁹. Ademais, diminui a utilização de recursos e evita complicações associadas à intubação, tanto precoces quanto tardias, incluindo hipotensão, trauma das vias aéreas superiores, parada cardíaca, laringoespasma, disfunção das cordas vocais pós-extubação⁶⁻⁸.

A VNI na IRpA pediátrica é interessante, mas, embora seja usada em bebês prematuros¹⁰ e em crianças, até a data atual as pesquisas são escassas: estudos retrospectivos^{11,12} e séries de

casos representam a maior parte do conhecimento disponível^{13,14}, e apenas poucos estudos randomizados foram publicados^{15,16}. O objetivo do presente estudo foi determinar os fatores de risco associados à falha na ventilação não invasiva em uma unidade de terapia intensiva pediátrica.

MÉTODOS

Estudo de coorte retrospectivo, realizado em um Hospital Universitário situado na cidade de Caxias do Sul. Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Metodista IPA, protocolo nº 3.313.798.

Foram incluídos todos os pacientes admitidos na Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica (UTI-P), no período compreendido entre maio de 2017 a outubro de 2019, que utilizaram VNI durante a internação e que tinham idade entre 29 dias a ≤ 12 anos. Foram excluídos os pacientes usuários de VNI em domicílio, ou que iniciaram o suporte ventilatório em outra unidade que não a UTI-P. A falha na VNI foi definida pela necessidade de intubação a partir da instituição da VNI até 48 horas após sua descontinuação.

Os dados foram coletados retrospectivamente por meio da análise de prontuários arquivados no Sistema de Gestão em Saúde (Tasy. Philips) a partir dos registros da equipe da UTI. Para a coleta de dados, utilizou-se um questionário elaborado com informações sociodemográficas (sexo e idade) e clínicas (diagnóstico, comorbidades, motivo da VNI, turno de encerramento, forma de uso, interface, modalidade, parâmetros ventilatórios e sinais vitais), conforme descrito previamente¹⁶⁻¹⁹. As variáveis modalidade ventilatória, parâmetros ventilatórios e sinais vitais foram coletadas conforme o registro do momento da aplicação de VNI e do último registro anterior a retirada da VNI independente de ser por descontinuidade devido a falha para indicação de VMI ou sucesso com suspensão da terapêutica.

Os equipamentos utilizados para aplicação de VNI tratavam-se de ventiladores com ramo duplo utilizados também para VMI, sem módulo específico para VNI. As modalidades utilizadas foram: *Continuus positive airway pressure* (CPAP) onde os parâmetros ventilatórios instituídos são a pressão expiratória positiva final (PEEP) que permanece constante durante todo o ciclo ventilatório e fração inspiratória de O₂ (FiO₂); Ventilação por pressão de suporte (PSV) são instituídas PEEP, FiO₂, sensibilidade (valor mínimo a qual o paciente precisa vencer para disparar um ciclo inspiratório) e pressão de suporte inspiratório (PS) que oferta uma pressão adicional a cada vez que a sensibilidade pré-estabelecida é vencida pelo paciente; Ventilação mandatória intermitente sincronizada (SIMV) além de todos os parâmetros já citados, são instituídos a frequência respiratória (FR) que garante uma FR mínima com ciclos garantidos onde é entregue uma pressão inspiratória controlada (PC).

APEEP soma-se a PC na modalidade SIMV ou a PS na modalidade PSV gerando a pressão inspiratória de pico (PIP) que é maior pressão atingida na ventilação. Ciclos gerados por uma FR determinada definem-se como controlados e ciclos gerados por disparo do paciente ao atingir a sensibilidade são definidos como espontâneos, e isto é o que determina o grau de assistência ofertado ao paciente.

A aplicação de VNI, bem como a modalidade e parâmetros ventilatórios instituídos eram definidos pela equipe de plantão no momento conforme avaliação clínica e critérios de indicação ou contraindicação sugeridos

na literatura atual, não tendo esta pesquisa qualquer influência sobre decisões relativas ao uso de VNI.

Os dados foram analisados no software IBM SPSS®, versão 23.0 e no R studio. Para dados contínuos, a normalidade foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, com correção Lilliefors. O Teste t de student para amostras independentes foi utilizado para avaliar possíveis diferenças entre os valores médios nos grupos em estudo. As variáveis quantitativas não paramétricas foram apresentadas como mediana e intervalo interquartil (IQR), sendo os valores de *p* obtidos pelo teste U de *Mann-Whitney*. As análises bivariadas foram realizadas para avaliar a associação entre variáveis categóricas e o desfecho, o risco relativo bruto, bem como o respectivo intervalo de confiança de 95% (IC 95%). Frequências absolutas e relativas foram estimadas para os dados categórico através do teste qui-quadrado de Pearson ou teste exato de Fisher, conforme apropriado. Valores de *p* < 0,20, foram inseridos na análise multivariada^{20,21}. No modelo multivariado final, realizado pela regressão de Poisson, foram considerados significativos os valores de *p* < 0,05.

RESULTADOS

Um total de 113 prontuários foram selecionados para o estudo. A incidência de falha na VNI foi de 33% (IC: 0,25-0,42). Entre as modalidades ventilatórias utilizadas no início da VNI, o CPAP teve maior incidência de falha (45,5%), seguido do SIMV (33,0%) e do PSV (23,0%) (Figura 1), mas sem diferença significativa (*p* = 0,38).

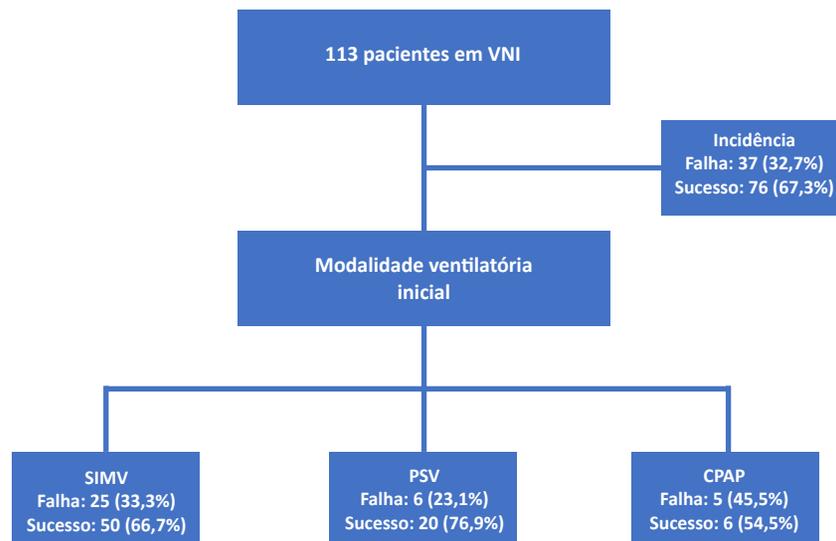


Figura 1: Incidência de falha, e incidência de falha conforme a modalidade ventilatória inicial.

VNI: Ventilação não invasiva; SIMV: Ventilação mandatória intermitente sincronizada; PSV: Ventilação por pressão de suporte; CPAP: *Continuus positive airway pressure*.

O peso médio em kg no grupo de falha foi de $9,51 \pm 8,06$ e no grupo de sucesso foi de $10,99 \pm 6,90$ ($p = 0,31$). Adicionalmente, 51% dos pacientes que falharam eram do sexo masculino, porém sem diferença significativa ($p = 0,38$). A incidência de falha foi de 78% nos lactentes, seguida dos pré-escolares (14%), porém não houve diferença significativa (Tabela 1).

O grupo falha apresentou de forma significativa maior tempo de internação hospitalar em comparação com o grupo sucesso (mediana de 38 dias vs 21 dias; $p < 0,01$), assim como maior tempo de internação em UTI (mediana de 20 dias vs 8,5 dias; $p < 0,01$). Além disso, o tempo de VNI foi menor no grupo falha (mediana de 0,8 dia vs 2 dias; $p < 0,01$).

Entre as patologias, crianças com asma apresentaram um risco 36% maior de falhar na VNI (RR = 1,36; IC95% = 1,08-1,72). Todavia, não

houve associações significativas entre falha na VNI e pneumonia, bronquiolite, cardiopatia, neuropatia e prematuridade (Tabela 1). A incidência de falha pós-extubação foi de 17%, com 97% de risco de falhar (RR = 1,97; IC95% = 1,17-3,29), enquanto a disfunção respiratória, com uso de VNI como primeira opção, não apresentou associação com falha (RR = 0,58; IC95% = 0,34-1,05) (Tabela 1).

Foi também testada a hipótese do turno de encerramento da VNI: observou-se que, quando comparado aos demais turnos, a noite apresenta risco significativamente maior de falha (RR = 2,52; IC 95% = 1,53-4,14). Outra variável que apresentou risco significativo de falha foi a utilização de VNI de forma contínua, quando comparada a sua aplicação de forma intermitente (RR = 2,44; IC95% = 1,18-5,05). Já os tipos de interfaces utilizadas como máscara nasal, máscara facial ou pronga não foram associadas à falha na VNI (Tabela 2).

Tabela 1: Fatores de risco associados à falha na ventilação não invasiva.

Variáveis	Desfecho da utilização de VNI ^a				RR (IC 95%)	Valor de p
	Grupo falha (n = 37)		Grupo sucesso (n = 76)			
	n	%	n	%		
Peso (kg)	9,5 ± 8,1	-	10,9 ± 6,9	-	-	0,31 ^b
Tempo de VNI^a (dias)	0,85 ^c (0-21,0)	-	2,0 ^c (0-37,0)	-	-	< 0,01^d
IQR ^e	2,0	-	3,0	-	-	
Sexo						
Masculino	19	51,4	49	64,5	0,70 (0,41-1,20)	0,28
Idade						
Lactente	28	75,7	44	57,9	2,18 (0,93-5,07)	0,07
Pré-escolar	5	13,5	23	30,3	1,56 (0,56-4,32)	0,39 ^f
Crianças	3	8,1	9	11,8	1,00 ref.	
Diagnóstico principal						
Pneumonia	5	13,5	19	25,0	0,57 (0,25-1,33)	0,24 ^f
Asma	4	10,8	22	28,9	1,36 (1,08-1,72)	0,03^f
Bronquiolite	13	35,1	23	30,3	1,15 (0,67-2,00)	0,75
Comorbidades						
Cardiopatia	7	18,9	28	36,8	0,52 (0,25-1,06)	0,08
Neuropatia	16	43,2	36	47,4	0,89 (0,52-1,53)	0,83
Prematuridade	14	37,8	23	30,3	1,25 (0,73-2,14)	0,55
Motivo da VNI						
Disfunção respiratória	23	62,2	61	80,3	0,58 (0,34-1,05)	0,06
Pós-extubação	11	29,7	9	11,8	1,97 (1,17-3,29)	0,03

^aVentilação não invasiva; ^bTeste t de Student; ^cMediana (mínimo e máximo); ^dTeste U de Mann-Whitney; ^eIntervalo interquartil (IQR); ^fTeste exato de Fisher; Ref. Categoria de referência; RR: Risco relativo. Em negrito estão destacados os valores de $p \leq 0,20$.

Tabela 2: Análise dos parâmetros ventilatórios e sinais vitais e seus fatores de risco para falha na ventilação não invasiva.

Variáveis	Desfecho da utilização de VNI ^a				RR (IC 95%)	Valor de p
	Grupo falha (n = 37)		Grupo sucesso (n = 76)			
	n	%	n	%		
Encerramento da VNI^a						
Noite	6	16,2	2	2,6	2,52 (1,53-4,14)	0,01^b
Demais turnos	31	83,8	73	96,1	1,00 ref.	
Uso da VNI						
Contínuo	30	81,1	42	55,3	2,44 (1,18-5,05)	0,01
Intermitente	7	18,9	34	44,7	1,00 ref.	-
Interface						
Pronga	2	5,4	7	9,2	0,70 (0,19-2,44)	0,58 ^b
Máscara Facial	4	10,8	3	3,9	1,78 (0,88-3,61)	0,11^b
Máscara Nasal	31	83,8	66	86,8	1,00 ref.	
Modalidade ventilatória final						
SIMV ^c	27	73,0	20	26,3	4,20 (2,20-7,90)	< 0,01
Outros (PSV ^d /CPAP ^e)	9	24,3	56	73,7	1,00 ref.	
Parâmetros ventilatórios						
PIP ^f inicial	19,3 ± 4,3	-	17,8 ± 4,0	-	-	0,08
PEEP ^g inicial	6,8 ± 1,1	-	6,2 ± 1,1	-	-	0,01
FIO2 ^h inicial	53,8 ± 19,7	-	51,7 ± 15,3	-	-	0,52
PIP ^f final	19,1 ± 4,2	-	15,8 ± 3,1	-	-	0,08
PEEP ^g final	6,6 ± 1,0	-	6,5 ± 1,1	-	-	0,61
FIO2 ^h final	53,1 ± 18,5	-	36,3 ± 9,6	-	-	< 0,01
Sinais vitais início da VNI						
FC ⁱ	153,42 ± 26,68	-	147,76 ± 25,38	-	-	0,28
FR ^j	47,69 ± 15,08	-	44,68 ± 12,55	-	-	0,27
SpO2 ^k	95,19 ± 4,40	-	94,57 ± 7,43	-	-	0,64
PAS (mmHg) ^l	118,68 ± 18,68	-	109,24 ± 19,13	-	-	0,02
Sinais vitais fim da VNI						
FC ⁱ	142,00 ± 33,00	-	139,77 ± 24,35	-	-	0,08
FR ^j	47,54 ± 14,76	-	38,32 ± 10,28	-	-	< 0,01
SpO2 ^k	95,51 ± 7,29	-	96,96 ± 2,61	-	-	0,26
PAS (mmHg) ^l	105,91 ± 26,25	-	110,09 ± 16,70	-	-	0,39

^aVentilação não invasiva; ^bTeste exato de Fischer; ^cVentilação mandatória intermitente sincronizada; ^dVentilação com pressão de suporte; ^ePressão positiva contínua nas vias aéreas; ^fPressão inspiratória de pico; ^gPressão positiva expiratória final; ^hFração inspirada de oxigênio; ⁱFrequência cardíaca; ^jFrequência respiratória; ^kSaturação periférica de oxigênio; ^lPressão arterial sistólica; Ref. Categoria de referência; RR: Risco relativo, IC: Intervalo de confiança de 95%. Em negrito estão destacados os valores de $p \leq 0,20$.

A modalidade ventilatória final SIMV também foi associado à falha, quando comparado as modalidades PSV/CPAP. Pacientes que fazem uso da modalidade SIMV têm risco 4,20 vezes maior de falhar (RR = 4,20; IC95%: 2,20-7,90). Ao analisar os parâmetros ventilatórios tanto iniciais quanto finais, pressão inspiratória (PIP) inicial, FIO2 inicial, PIP final e PEEP final não foram associadas à falha. Entretanto PEEP inicial (6,8 ± 1,1 vs 6,2 ± 1,1;

$p = 0,01$) e FIO2 final (53,1 ± 18,5 vs 36,3 ± 9,6; $p < 0,01$) apresentaram associação significativa com falha da VNI (Tabela 2).

Os sinais vitais de cada paciente foram coletados em dois momentos distintos (início e fim da VNI). Não foram observadas associações entre falha da VNI sinais vitais iniciais (FC, FR e SpO2). Porém, a pressão arterial sistólica (PAS) apresentou associação com a falha da VNI (118,6 ± 18,6 vs 109,2 ± 19,1;

$p = 0,02$). Os sinais vitais ao fim da VNI (FC, SpO₂ e PAS) não foram associados à falha na VNI, enquanto que a FR > 62 rpm foi associada a falha ($47,5 \pm 14,7$ vs $38,3 \pm 10,2$; $p < 0,01$) (Tabela 2).

A Figura 2 mostra as variáveis inseridas na análise multivariada ajustada segundo a regressão de Poisson. A modalidade ventilatória final, SIMV versus PSV/CPAP, demonstra ser o maior preditor de risco de falha (RR = 3,68; IC95% = 1,91-7,08), seguido do turno em que a VNI é finalizada, onde à noite existe maior risco de falha (RR = 2,23; IC95% = 1,36-3,64). Além disso,

foram preditores de falha, porém com menor robustez: PIP final (RR = 1,11; IC95% = 1,02-1,21) e FR final (RR = 1,03; IC95% = 1,01-1,05). Entretanto, o tempo de VNI, idade (lactente versus criança), diagnóstico principal (asma), comorbidade (cardiopatia), motivo da VNI (disfunção respiratória; pós-extubação), uso de VNI (contínua versus intermitente), interface (máscara facial versus máscara nasal), parâmetros ventilatórios (PIP inicial, PEEP final, FIO₂ final), e sinais vitais (PAS inicial e FC final) não foram associados à falha após o ajuste das covariáveis.

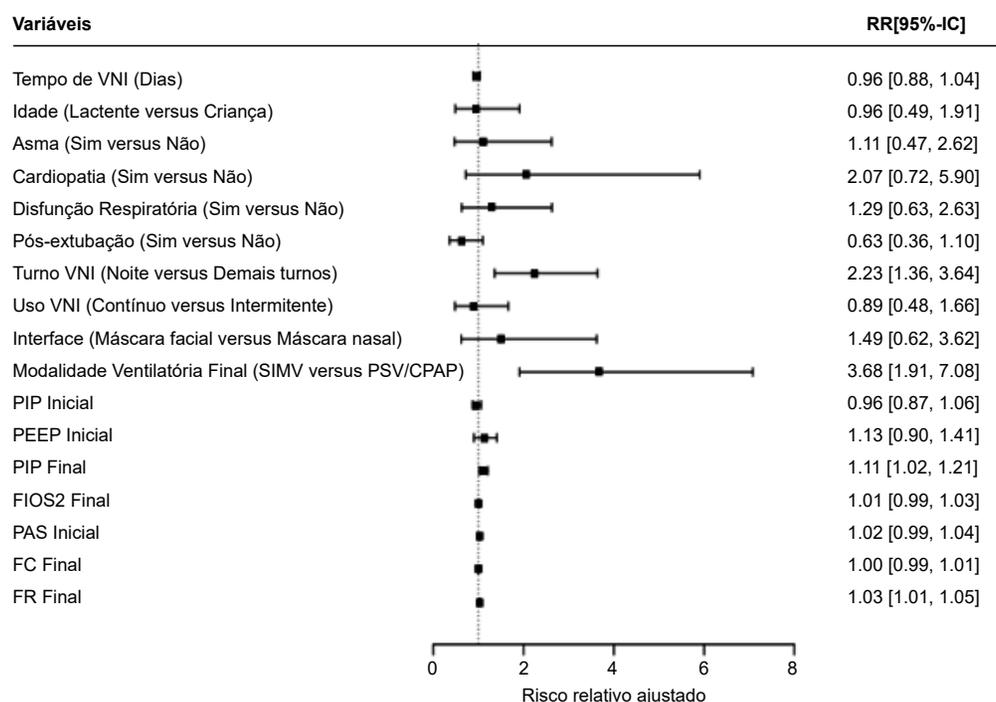


Figura 2: Análise multivariada, ajustada pelo modelo de regressão de Poisson.

UTI: Unidade de Terapia Intensiva; VNI: Ventilação não invasiva; SIMV: Ventilação mandatória intermitente sincronizada; PSV: Ventilação por pressão de suporte; CPAP: *Continuus positive airway pressure*; PEEP: Pressão positiva expiratória final; FIO₂: Fração inspirada de oxigênio; PAS: Pressão arterial sistólica. RR: Risco relativo, IC: Intervalo de confiança de 95%.

DISCUSSÃO

A finalidade deste estudo de coorte retrospectivo foi determinar os fatores de risco associados à falha na VNI e seus índices em um serviço de terapia intensiva pediátrica de um hospital brasileiro, para apontar evidências que direcionem a decisão acerca do procedimento ideal para cada paciente. A incidência de falha na VNI encontrado nesse estudo foi de 33%, semelhante aos dados descritos por outros autores, 22,5% em Portugal²², 23% na França²³, 25% na Espanha²⁴, 26% no Brasil¹², 28% na Argentina¹⁶, 30% na Turquia¹⁹, 43% na Suíça²⁵, porém um estudo realizado na China descreve taxas superiores: 77,4%²⁶. Esses valores não podem ser considerados imutáveis, portanto é possível que

juntamente com outras variáveis possam ajudar a determinar os fatores associados à falha²⁴.

Não houve diferença significativa no grupo falha em relação a modalidade ventilatória inicial (SIMV, PSV ou CPAP), porém, apesar de o CPAP ser considerado como tratamento respiratório não invasivo de primeira linha em lactentes e crianças com IRpA leve a moderada²⁷, em nosso estudo foi a modalidade ventilatória com maior incidência de falha (45,5%). Os benefícios encontrados no CPAP (aumento do débito cardíaco, fornecimento de oxigênio, diminuição da pós-carga do ventrículo esquerdo, melhora da capacidade residual funcional e da mecânica ventilatória e consequente redução do esforço ventilatório), são compartilhados pelas demais modalidades (SIMV e PSV), no entanto, por

apresentarem assistência inspiratória, reduzem de forma mais significativa o trabalho ventilatório e a fadiga quando comparados ao CPAP, justificando esse achado²⁸.

Em estudo realizado por Mayordomo-Colunga et al.²⁹, o peso foi descrito como fator de risco para falha na VNI. Entretanto, no presente estudo, esta variável não foi associada à falha, assim como na maioria dos estudos descritos na literatura^{22,26}. Em nosso estudo, apesar de a frequência de falha ser discretamente maior no sexo masculino, essa não foi significativa, concordando com os estudos anteriores^{22,29}.

Ao estratificar por faixa etária, a frequência de falha foi maior nos lactentes (crianças de 1 a 23 meses), 78%, seguida dos pré-escolares (crianças de 24 a 60 meses), 14%, porém sem variação significativa. Isso corrobora os achados de outros autores que também obtiveram médias menores de idade no grupo falha, porém sem significância estatística^{22,24}. Portanto, observa-se que, à medida que aumenta a idade, diminui a probabilidade de falhar na VNI, fato que se deve as características anatomofisiológicas do sistema cardiorrespiratório (baixa complacência pulmonar com dificuldade para o recuo elástico a posição de repouso, alta complacência de caixa torácica a qual dificulta a geração de volume corrente e repercute em maior trabalho respiratório, menor calibre de vias aéreas resultando em maior resistência ao fluxo de ar, maior taxa metabólica, respiração predominantemente nasal até os 6 meses que pode ser afetada por obstrução das vias aéreas) que segue em desenvolvimento aproximadamente até os 7 anos de idade^{16,24,30}.

O maior tempo de internação (grupo falha 38 dias versus 21 dias grupo sucesso) e maior tempo de UTI (grupo falha 20 dias versus 8,5 dias grupo sucesso) encontrados neste estudo concordam com Wolfler et al.¹⁸, onde os paciente que falharam apresentavam tempo de internação $\geq 14,5$ dias e de tempo de UTI ≥ 8 dias. Já no estudo de Yañez et al.¹⁶, o tempo de UTI não foi maior nas falhas da VNI, porém, pacientes que falharam apresentaram tempo de internação $\geq 20,5$ dias, o que resultou em significância estatística.

O tempo de VNI (mediana) foi de 0,85 no grupo falha, ou seja, menos que um dia, enquanto que no grupo sucesso foi de 2 dias. Resultados similares foram encontrados por Yaman et al.¹⁹, onde no grupo falha a mediana foi de 20 horas e no grupo sucesso foi 48 horas (2 dias), porém não detectada associação significativa. Isso pode ser explicado pelo fato de que na população infantil a avaliação ocorre nas primeiras duas horas após o início da VNI e se observados sinais de desconforto respiratório, taquipnéia, apneia, bradicardia, lesão de pele ou $\text{FiO}_2 > 60\%$ é considerada falha da VNI, caso contrário recomenda-se manter o suporte de

VNI por tempo mínimo de 24 hrs, podendo ocorrer falha em qualquer momento deste período, por isso a criança é reavaliada constantemente a fim de detectar sinais clínicos que indiquem suspensão da VNI e indicação VMI³⁰.

Entre as patologias associadas ao risco de falha, a única foi a asma, com risco de 36%. Todavia, pneumonia e bronquiolite não foram associadas de forma estatisticamente significativas. Nesse sentido, no estudo de Abadesso et al.²², entre as patologias associadas à falha a única que permaneceu significativa no modelo multivariado foi pneumonia.

Em nosso estudo, não foram encontrados valores significativos para as comorbidades: cardiopatia, neuropatia e prematuridade, o que discorda de Wolfler et al.¹⁸, onde as comorbidades foram associadas à falha, contudo o autor não especificou quais as comorbidades. Abadesso et al.²², ao analisar a história prévia de prematuridade observou associação, novamente discordando de nossos achados.

O uso de VNI pós-extubação é parte da prática clínica em adultos, porém em ambientes pediátricos é mais limitada à série de casos, entretanto é uma técnica que tem sido utilizada para evitar a reintubação em pacientes pediátricos²⁹. Em nosso estudo, a incidência de falha pós-extubação foi de 17%, com 97% de risco de o paciente falhar após a extubação. Embora menor, mas relevante, a incidência foi de 32%²³ e 35%¹⁹.

A forte associação de falha na VNI à noite (1h às 7h), quando comparada a outros turnos, pode estar ligada à ausência de fisioterapeuta na unidade neste horário. A maior parte das UTIs não apresenta serviço de fisioterapia 24 horas, visto que, conforme a RDC 07, de 24 de fevereiro de 2010, a obrigatoriedade da presença de fisioterapia em UTI é de 18 horas³¹.

A retirada da VNI de forma gradual, ou seja, intercalando VNI e períodos de oxigenioterapia para alívio da pressão, é recomendada³⁰. Quando há necessidade de aplicação contínua de pressão nas vias aéreas do paciente para manter padrão respiratório e/ou SpO_2 adequados, percebe-se um paciente com maior demanda por suporte ventilatório, o que neste estudo mostrou-se associado com falha na VNI.

Não encontramos valores estatisticamente significativos ao comparar o tipo de interface. A máscara nasal foi a mais utilizada, seguida da máscara facial e da pronga, discordando dos achados de Wolfler et al.¹⁸, onde a interface mais utilizada foi a máscara facial, seguido da máscara nasal 15%, cânula nasal 10% e capacete 25%, porém este estudo também sem diferença estatística entre as interfaces.

Em nosso estudo, crianças que utilizavam a modalidade SIMV ao final da VNI tiveram 4,20 vezes maior risco de falhar (75% das falhas) comparado com PSV/CPAP, discordando dos achados de achados prévios¹⁹. Isto indica que nossos pacientes necessitavam maior grau de assistência ventilatória.

No presente estudo, tanto a PIP inicial quanto a PIP final não foram associadas ao desfecho estudado, porém, após análise multivariada, observou-se que a PIP final é um importante preditor de falha na VNI, indicando necessidade de maior suporte ventilatório. Enquanto isso, a PEEP inicial que apresentava associação com falha na análise bivariada mostrou-se um fator de confusão no modelo multivariado, o mesmo podendo ser observado com FiO2 final. Nosso grupo sucesso obteve uma FiO2 médio final de $36,30 \pm 9,63$ semelhante aos encontrados por outros estudos^{9,22,25}, mas diferente de Mayordomo-Colunga et al.²⁹.

Em relação aos sinais vitais FC, FR, SpO2, todos eles inicialmente não apresentaram diferenças significativas entre os grupos sucesso e falha, somente a PAS, em que o grupo falha apresentou valor médio de $118,68 \pm 18,68$. Estudo indicam que tanto a FC quanto a FR iniciais não foram diferentes^{16,25,29}. Ao final da VNI, FC, SpO2 e PAS não apresentaram diferença significativa entre os grupos, entretanto a FR final foi diferente nos pacientes que falharam $47,54 \pm 14,76$ versus $38,32 \pm 10,28$ no grupo sucesso. No estudo de Dohna-Schwake et al.⁹, diferenças significativas foram detectadas para FC (130 versus 115 após duas horas), FR (32 versus 28 após 10 horas) e SpO2 (94 versus 96). O aumento da FR ao final da VNI indica aumento do trabalho respiratório, o que sugere ineficiência da técnica para o objetivo proposto e pode indicar retenção de CO₂³⁰.

Alguns autores sugerem que a variação da taxa de falha da VNI está associada com as causas da IRpA e a gravidade das patologias de base²³⁻²⁵. Além disso, essas diferenças entre os estudos,

podem estar relacionadas à heterogeneidade dos grupos em estudo e aos diferentes delineamentos e tamanhos amostrais²².

A ausência de escalas preditivas de gravidade e mortalidade como PRISM ou PIM, e a disponibilidade de valores gasométricos foram limitações deste estudo. Em relação aos pontos fortes, neste estudo foram abordadas algumas variáveis ainda pouco investigadas, como o turno de encerramento da VNI e PAS.

Os fatores associados à falha na VNI foram a modalidade ventilatória final SIMV, PIP, FR, com destaque para o encerramento da VNI durante a noite. Estes resultados possivelmente estão associados a melhoria dos procedimentos, o que é importante para que a VNI seja conduzida de forma adequada, conferindo dessa forma segurança ao paciente.

Conflitos de interesse

Todos os autores declaram que não houve nenhum conflito de interesse

Agradecimentos

Agradecemos ao Hospital Geral de Caxias do Sul, Brasil, em especial à UTI Pediátrica e ao serviço de fisioterapia.

Financiamento

Os autores declaram não ter recebido apoio financeiro.

Aprovação pelo Comitê de Ética Institucional

Centro Universitário Metodista – IPA/Federação de Faculdades Metodista; Número do documento de aprovação: 3.313.798 – Data: 08/05/2019.

REFERÊNCIAS

1. Associação de Medicina Intensiva Brasileira; Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. *Diretrizes Brasileiras de Ventilação Mecânica* [Internet]. São Paulo: AMIB; 2013 [citado em 2 mar 2021]. Disponível em: https://www.amib.org.br/fileadmin/user_upload/amib/2018/junho/15/Diretrizes_Brasileiras_de_Ventilacao_Mecanica_2013_AMIB_SBPT_Arquivo_Eletronico_Oficial.pdf
2. Carvalho CRR, Toufen C Jr, Franca SA. Ventilação mecânica: princípios, análise gráfica e modalidades ventilatórias. *J Bras Pneumol*. 2007;33(Supl 2):S54-70.
3. Pinheiro BV, Pinheiro GSM, Mendes MM. Entendendo melhor a insuficiência respiratória aguda. *Pulmão RJ*. 2015;24(3):3-8.
4. Roussos C, Koutsoukou A. Respiratory failure. *Eur Respir J Suppl*. 2003;22(47):3s-14s.
5. World Health Organization. *World Health Statistics 2018: monitoring health for the SDGs* [Internet]. Geneva: WHO; 2018 [citado em 2 mar 2021]. Disponível em: <https://www.who.int/docs/default-source/gho-documents/world-health-statistics-reports/6-june-18108-world-health-statistics-2018.pdf>
6. Antonelli M, Conti G, Rocco M, Bui M, De Blasi RA, Vivino G, et al. A comparison of noninvasive positive-pressure ventilation and conventional mechanical ventilation in patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med*. 1998;339(7):429-35.
7. Foglia EE, Ades A, Napolitano N, Leffelman J, Nadkarni V, Nishisaki A. Factors associated with adverse events during tracheal intubation in the NICU. *Neonatology*. 2015;108(1):23-9.
8. Hatch LD, Grubb PH, Lea AS, Walsh WF, Markham MH, Whitney GM, et al. Endotracheal intubation in neonates: a prospective study of adverse safety events in 162 infants. *J Pediatr*. 2016;168:62-66.e6.
9. Dohna-Schwake C, Stehling F, Tschiedel E, Wallot M, Mellies U. Non-invasive ventilation on a pediatric intensive care unit: feasibility, efficacy, and predictors of success. *Pediatr Pulmonol*. 2011;46(11):1114-20.
10. Büyüktiryaki M, Okur N, Kadioglu-Simsek G, Kanmaz HG, Canpolat FE. Noninvasive respiratory support via

- nasal cannula in premature infants: is it really safe? *Turk J Pediatr.* 2019;61(2):307-10.
11. Ottonello G, Villa G, Doglio L, Pedemonte M, Diana MC, Casciaro R, et al. Noninvasive ventilation with positive airway pressure in paediatric intensive care. *Minerva Pediatr.* 2007;59(2):85-9.
 12. Pancera CF, Hayashi M, Fregnani JH, Negri EM, Deheinzelin D, de Camargo B. Noninvasive ventilation in immunocompromised paediatric patients: eight years of experience in a pediatric oncology intensive care unit. *J Pediatr Hematol Oncol.* 2008;30(7):533-8.
 13. Prado F, Godoy MA, Godoy M, Boza ML. Ventilación no invasiva como tratamiento de la insuficiencia respiratoria aguda en Pediatría. *Rev Med Chil.* 2005;133(5):525-33.
 14. Piastra M, De Luca D, Pietrini D, Pulitanò S, D'Arrigo S, Mancino A, et al. Noninvasive pressure-support ventilation in immunocompromised children with ARDS: a feasibility study. *Intensive Care Med.* 2009;35(8):1420-7.
 15. Thill PJ, McGuire JK, Baden HP, Green TP, Checchia PA. Noninvasive positive-pressure ventilation in children with lower airway obstruction. *Pediatr Crit Care Med.* 2004;5(4):337-42. Erratum in: *Pediatr Crit Care Med.* 2004;5(6):590.
 16. Yañez LJ, Yunge M, Emilfork M, Lapadula M, Alcántara A, Fernández C, et al. A prospective, randomized, controlled trial of noninvasive ventilation in pediatric acute respiratory failure. *Pediatr Crit Care Med.* 2008;9(5):484-9.
 17. Najaf-Zadeh A, Leclerc F. Noninvasive positive pressure ventilation for acute respiratory failure in children: a concise review. *Ann Intensive Care.* 2011;1:15.
 18. Wolfler A, Calderini E, Iannella E, Conti G, Biban P, Dolcini A, et al. Evolution of noninvasive mechanical ventilation use: a cohort study among Italian PICUs. *Pediatr Crit Care Med.* 2015;16(5):418-27.
 19. Yaman A, Kendirli T, Ödek Ç, Ates C, Tasyapar N, Güneş M, et al. Efficacy of noninvasive mechanical ventilation in prevention of intubation and reintubation in the pediatric intensive care unit. *J Crit Care.* 2016;32:175-81.
 20. Field A. Discovering statistics using IBM SPSS Statistics. 4th ed. New York: Sage; 2013.
 21. Tietzmann DC, Béria JU, Santos GM, Mallmann DA, Trombini ES, Schermann LB. Prevalências de adesão à terapia antirretroviral e fatores associados em pacientes adultos de três centros urbanos do Sul do Brasil. *Aletheia.* 2013;(41):154-63.
 22. Abadesso C, Nunes P, Silvestre C, Matias E, Loureiro H, Almeida H. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure in children. *Pediatr Rep.* 2012;4(2):e16.
 23. Essouri S, Chevret L, Durand P, Haas V, Fauroux B, Devictor D. Noninvasive positive pressure ventilation: five years of experience in a pediatric intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med.* 2006;7(4):329-34.
 24. Pons-Odena M, Palanca D, Modesto V, Esteban E, González-Lamuño D, Carreras R, et al. SpO₂/FIO₂ as a predictor of non-invasive ventilation failure in children with hypoxemic respiratory insufficiency. *J Pediatr Intensive Care.* 2013;2(3):111-9.
 25. Bernet V, Hug MI, Frey B. Predictive factors for the success of noninvasive mask ventilation in infants and children with acute respiratory failure. *Pediatr Crit Care Med.* 2005;6(6):660-4.
 26. Zeng JS, Qian SY, Wong JJM, Ong JSM, Gan CS, Anantasi N, et al. Non-Invasive ventilation in children with paediatric acute respiratory distress syndrome. *Ann Acad Med Singap.* 2019;48(7):224-32.
 27. Calderini E, Chidini G, Pelosi P. What are the current indications for noninvasive ventilation in children? *Curr Opin Anaesthesiol.* 2010;23(3):368-74.
 28. Mehta S, Hill NS. Noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001;163(2):540-77.
 29. Mayordomo-Colunga J, Pons M, López Y, Solana MJ, Rey C, Martínez-Cambor P, et al. Predicting non-invasive ventilation failure in children from the SpO₂/FIO₂ (SF) ratio. *Intensive Care Med.* 2013;39(6):1095-103.
 30. Johnston C. *Ventilação não invasiva.* Rio de Janeiro: Atheneu; 2018.
 31. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 7, de 24 de fevereiro de 2010: dispõe sobre os requisitos mínimos para funcionamento de Unidades de Terapia Intensiva e dá outras providências. *Diário Oficial da União* [Internet]. 25 fev 2010 [citado em 2 mar 2021];1:48. Disponível em: https://bvsm.s.saude.gov.br/bvsm/saudelegis/anvisa/2010/res0007_24_02_2010.html

Recebido: 10 mar, 2021

Aceito: 7 dez, 2021