



Influência do modo ventilatório nos efeitos adversos agudos e na termografia da face após ventilação não invasiva

Suzy Maria Montenegro Pontes¹, Luiz Henrique de Paula Melo², Nathalia Parente de Sousa Maia³, Andrea da Nóbrega Cirino Nogueira³, Thiago Brasileiro Vasconcelos⁴, Eanes Delgado Barros Pereira⁵, Vasco Pinheiro Diógenes Bastos³, Marcelo Alcantara Holanda⁵

1. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza (CE) Brasil.
2. Curso de Fisioterapia, Faculdade de Tecnologia Intensiva, Fortaleza (CE) Brasil.
3. Curso de Fisioterapia, Centro Universitário Estácio do Ceará, Fortaleza (CE) Brasil.
4. Programa de Pós-Graduação em Fisiologia e Farmacologia, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza (CE) Brasil.
5. Departamento de Medicina Clínica e Programa de Pós-Graduação do Mestrado em Ciências Médicas, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza (CE) Brasil.

Recebido: 21 junho 2016.

Aprovado: 18 novembro 2016.

Trabalho realizado no Laboratório da Respiração – Resplab – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza (CE) Brasil.

RESUMO

Objetivo: Comparar a incidência e a intensidade de efeitos adversos agudos e a variação da temperatura da pele da face através da termografia após a aplicação de ventilação não invasiva (VNI). **Métodos:** Foram incluídos 20 voluntários saudáveis, de ambos os gêneros, submetidos à VNI com máscara oronasal por 1 h e divididos aleatoriamente em dois grupos de acordo com o modo ventilatório: *bilevel positive airway pressure* (BiPAP) ou *continuous positive airway pressure* (CPAP). A termografia da face foi realizada para determinar a temperatura na região de contato da máscara e no dorso do nariz em momentos diferentes. Os voluntários preencheram um questionário de efeitos adversos após a retirada da VNI. **Resultados:** A incidência e a intensidade dos efeitos adversos agudos foram maiores naqueles submetidos a BiPAP em relação aos submetidos a CPAP (16,1% vs. 5,6%). A análise termográfica evidenciou um esfriamento significativo da pele facial nas duas regiões de estudo imediatamente após a retirada da máscara. Os efeitos adversos agudos em maior intensidade ocorreram predominantemente no grupo de participantes cuja redução da temperatura média no dorso do nariz foi menor (14,4% vs. 7,2%). A análise visual termográfica de zonas de esfriamento e aquecimento na face identificou regiões de hipoperfusão ou hiperemia reativa. **Conclusões:** O uso do modo BiPAP associou-se a maior incidência e intensidade de efeitos adversos agudos associados à VNI. Houve associação entre efeitos adversos agudos e menor esfriamento da pele do dorso do nariz imediatamente após a retirada da máscara. A termografia cutânea pode ser uma ferramenta adicional na detecção de efeitos adversos na pele da face associados ao uso da VNI.

Descritores: Máscaras; Ventilação não invasiva; Termografia.

INTRODUÇÃO

O uso da ventilação não invasiva (VNI) na insuficiência respiratória aguda associa-se a uma diminuição da necessidade de intubação traqueal, no tempo de internamento hospitalar e na mortalidade.⁽¹⁻³⁾

A intolerância à VNI é uma das razões para o insucesso da terapia.^(4,5) A VNI pode falhar em 5-40% dos casos, associando-se a quatro vezes mais chance de mortalidade hospitalar — falha VNI (OR = 3,95; IC95%: 1,74-8,99).⁽⁶⁾ Os problemas relacionados à interface são os efeitos adversos mais frequentes, representando 50-100% de todas as complicações, como, por exemplo, vazamentos excessivos, sensação desconfortável da pressão de ar na face, claustrofobia, reinalação de dióxido de carbono, lesões de pele, dor facial e ressecamento oronasal.⁽⁷⁾ Os efeitos adversos agudos estão relacionados com o tipo de máscara e os ajustes pressóricos.^(8,9)

As lesões de pele na face decorrentes da utilização das máscaras de VNI representam uma proporção de 10-31% em adultos.⁽¹⁰⁾ Estudos em pediatria relatam

uma incidência de 60% de úlcera de pressão associada ao uso de dispositivos médicos, incluindo as máscaras para VNI.⁽¹¹⁾ A incidência da úlcera de pressão na face e na região do dorso do nariz é relatada aproximadamente em 17%.⁽¹²⁾ A região do dorso do nariz, com menos tecido celular subcutâneo e menor vascularização, por estar sujeita a uma maior pressão de contato com o uso de máscara oronasal, está mais propensa a desenvolver lesões cutâneas graves.⁽¹³⁾

A termometria cutânea ou termografia por imagem infravermelha é o meio mais eficiente para o estudo da distribuição da temperatura cutânea, através da mensuração das variações de temperatura causadas por maior ou menor irrigação do território microvascular.^(14,15) A termografia vem contribuindo no diagnóstico e no acompanhamento da gravidade em diversas condições nas quais a temperatura da pele poderá refletir um processo inflamatório nos tecidos subjacentes ou indicando onde o fluxo sanguíneo poderá aumentar ou diminuir.⁽¹⁶⁾

As hipóteses do presente estudo foram as seguintes: variáveis relacionadas à VNI (modo ventilatório e pressões

Endereço para correspondência:

Suzy Maria Montenegro Pontes. Universidade Federal do Ceará, Rua Monsenhor Furtado, s/n, Rodolfo Teófilo, CEP 60441-750, Fortaleza, CE, Brasil.

Tel.: 55 85 3366-8208. E-mail: suzy@pulmaoecia.com.br

Apoio financeiro: Nenhum.

ajustadas) repercutem na microcirculação local da pele nas zonas de contato com a máscara, alterando os níveis de temperatura do tecido cutâneo na face nas zonas de contato com a máscara oronasal, e essas possíveis mudanças de temperatura nas áreas de contato são passíveis de mensuração por termografia por imagem infravermelha e podem se relacionar aos efeitos adversos agudos.

O presente estudo objetivou comparar a incidência e a intensidade de efeitos adversos agudos e a variação da temperatura cutânea da face dos modos ventilatórios da VNI — *continuous positive airway pressure* (CPAP, pressão positiva contínua nas vias aéreas) vs. *bilevel positive airway pressure* (BiPAP, pressão positiva nas vias aéreas em dois níveis) — e analisar a relação entre os efeitos adversos agudos da aplicação de VNI por máscara oronasal e as variações de temperatura da pele da face em duas regiões: nas zonas de contato da máscara e no dorso do nariz.

MÉTODOS

Tratou-se de um estudo analítico, prospectivo e de intervenção em humanos. Realizou-se no Laboratório da Respiração da Universidade Federal do Ceará (UFC) no período entre março de 2014 e dezembro de 2015. A amostra constou de 20 indivíduos de ambos os gêneros, com faixa etária entre 18 e 45 anos, selecionados por conveniência, envolvendo participantes do Laboratório da Respiração e do corpo discente do campus da UFC, e que aceitaram a participação na pesquisa sem nenhuma desistência ou exclusão. Todos participaram da randomização dos modos ventilatórios que seriam utilizados. Os critérios para exclusão foram os seguintes: portadores de lesões de pele em tratamento dermatológico ou que fizessem uso de cremes ou qualquer tipo de substância química na face; aqueles em uso de corticoides, anti-inflamatórios ou anti-histamínicos; aqueles com temperatura axilar fora da faixa da normalidade (36,5°C-36,8°C); aqueles com excesso de exposição solar, que foi previamente definido pelos pesquisadores como a exposição direta ao sol, sem proteção, por mais de 30 minutos antes de iniciar o experimento; e portadores de doenças neurológicas, diabetes mellitus, distúrbios de nutrição ou desidratação. O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFC (CAAE 20060113.4.0000.5045).

Protocolo do estudo

Os participantes foram avaliados por um mesmo dermatologista do Departamento de Medicina Clínica da UFC, seguindo uma ficha específica de avaliação dermatológica para verificar a integridade e o tipo de pele para, em seguida, realizar o primeiro registro termográfico.

A randomização realizou-se da seguinte forma: dentro de um recipiente opaco foram colocadas 20 etiquetas identificadas com os modos ventilatórios (BiPAP ou

CPAP). A etiqueta com o modo ventilatório a ser implementado era retirada pelo próprio participante.

Após essa randomização, realizou-se o ajuste no equipamento — CPAP = 10 cmH₂O ou BiPAP; *expiratory positive airway pressure* (EPAP, pressão positiva expiratória nas vias aéreas) = 5 cmH₂O; *inspiratory positive airway pressure* (IPAP, pressão positiva inspiratória nas vias aéreas) = 20 cmH₂O; e pressão de suporte = 15 cmH₂O — e escolheu-se a interface para minimizar as fugas de acordo com as características anatômicas da face do voluntário. O modelo de interface oronasal com válvula exalatória disponibilizado foi a máscara Mirage Quattro FX (ResMed, Bella Vista, Austrália).

Posteriormente realizaram-se o acoplamento manual gentil da máscara à face do indivíduo e a conexão ao equipamento de VNI, verificando-se a presença de vazamentos e fazendo-se as correções necessárias.

Utilizaram-se dois aparelhos específicos para VNI com possibilidades de ajuste no modo CPAP (um nível de pressão positiva) e BiPAP (dois níveis de pressão positiva), ambos com circuito único, sem o uso do umidificador e com cartão de memória para gravar informações durante a terapia. O aparelho Auto VPAP (ResMed) foi ajustado no modo BiPAP, sendo estabelecido um nível de EPAP de 5 cmH₂O e IPAP de 20 cmH₂O; o aparelho Autoset II (ResMed) foi configurado no modo CPAP com pressão fixa em 10 cmH₂O.⁽¹⁷⁾

O indivíduo permaneceu sentado por um período inicial de adaptação de 10 min e que se estendeu por 50 min de VNI, sendo o tempo total de VNI de 60 min.

Imediatamente após a retirada da interface do indivíduo, realizou-se o segundo registro termográfico e, para evitar direcionamentos da equipe, a seguir o participante visualizava sua própria face através de uma imagem fotográfica digital de alta definição para responder um questionário de efeitos adversos, cujo escore variava entre zero (nenhum problema) e três (intenso problema) durante o período de utilização da VNI.⁽¹⁸⁾ Os efeitos adversos foram agrupados em três categorias: lesões de pele, dor e outros efeitos adversos (Anexo 1; disponível na versão on-line do JBP; http://www.jornaldepneumologia.com.br/detalhe_anexo.asp?id=49). Posteriormente, realizaram-se os registros termográficos nos tempos de 5, 15 e 30 min após a retirada da interface, utilizando-se a mesma postura e condições dos registros anteriores.

Através do programa ResScan (ResMed), foi realizada a leitura dos cartões de memória dos equipamentos de VNI para o registro de vazamentos ocorridos ao redor da máscara.

Os registros termográficos obtidos através da câmera termográfica VarioCAM (InfraTec, Jena, Alemanha) foram gravados em um cartão de memória da câmera e analisados através do programa de imagens termográficas IRBIS® Professional, versão 2.2 (InfraTec). As imagens termográficas foram convertidas e transferidas para o programa de simulação computacional MATLAB®, versão 2015a (MathWorks, Natick, MA, EUA). A partir de um ponto de referência delimitado através de

um pedaço de isopor aderido entre as sobrancelhas (Figura 1A), as regiões de interesse nas imagens originais foram recortadas em formato trapezoide (Figuras 1B e 1C). Através de um roteiro específico, realizou-se uma análise comparativa através de cores da variação da temperatura nas zonas de contato com a pele utilizando a sobreposição das imagens nos momentos posteriores à retirada da VNI em relação ao momento basal. A sala de realização dos protocolos foi mantida bem iluminada na temperatura de 22°C (variação, 21,5°C-22,5°C) e umidade relativa do ar de 60% (variação, 57,94%-60,26%). A variação de temperatura do ambiente não ultrapassou 1°C no período de 20 min.

Análise estatística das variáveis

Para a análise descritiva das variáveis quantitativas, calcularam-se médias e desvios-padrão ou medianas e intervalos interquartil, de acordo com a distribuição da amostra. As variáveis categóricas foram descritas em frequências absolutas e relativas. A comparação dos parâmetros categóricos realizou-se através do teste exato de Fischer. Em virtude de a classificação dos escores dos efeitos adversos ser decorrente de um achado subjetivo de cada voluntário, optou-se pela categorização dos mesmos.⁽¹⁸⁾

A variação da temperatura média foi comparada com os dois modos ventilatórios (CPAP vs. BiPAP) e com as duas regiões de interesse (zona de contato do dorso do nariz vs. zona de contato oronasal), utilizando-se ANOVA

de acordo com o teste de normalidade. Analisou-se também a correlação de Pearson entre a temperatura da pele e os efeitos adversos. O nível de rejeição da hipótese de nulidade foi fixado em 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as características demográficas dos participantes e as condições ambientais dos grupos por modo ventilatório. A amostra foi composta por 20 voluntários de ambos os gêneros com média de idade de $28,15 \pm 8,08$ anos (IC95%: 20,07-36,23); as características antropométricas (média de IMC em $23,57 \pm 2,51$ kg/m² e de temperatura axilar em $36,39^\circ\text{C}$) foram homogêneas. As condições ambientais da sala foram mantidas sob controle (média de umidade em $59,1 \pm 1,16\%$ e de temperatura ambiente em $22,1 \pm 0,31^\circ\text{C}$). A média de vazamentos mensurados pelo ventilador de VNI durante a sua utilização foi de $2,30 \pm 3,19$ l/min.

Na avaliação dermatológica não houve ocorrências de lesões dermatológicas, malformações da face ou alterações de sensibilidade tátil ou dolorosa. A elasticidade da pele mostrou-se preservada. O formato oval da face predominou em 80% dos indivíduos que usaram o modo CPAP e em 90% para o modo BiPAP. A coloração da pele do tipo morena clara evidenciou-se em 80% dos voluntários. O tipo de pele oleosa foi encontrado em 70% dos indivíduos.

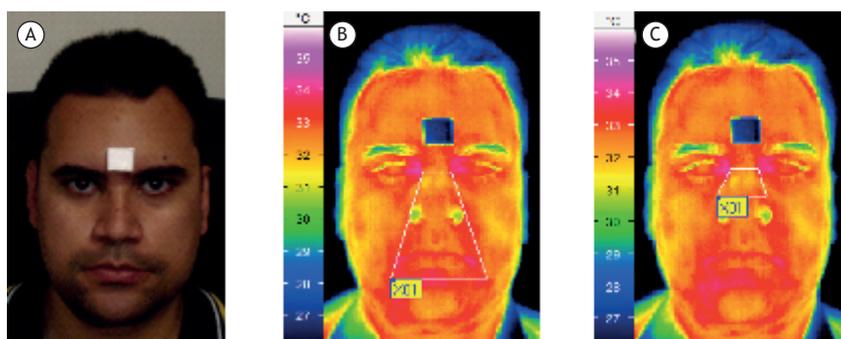


Figura 1. Fotografia convencional (em A) e registros termográficos nas áreas de contato oronasal (em B) e do dorso do nariz (em C).

Tabela 1. Características demográficas dos participantes e condições ambientais segundo o modo ventilatório utilizado.^a

Características	BiPAP (n = 10)	CPAP (n = 10)	Total (N = 20)
Idade, anos	27,4 ± 9,20	28,9 ± 7,20	28,15 ± 8,08
Peso, kg	66,3 ± 11,09	69,38 ± 16,84	67,84 ± 13,97
Altura, m	1,69 ± 0,07	1,68 ± 0,12	1,68 ± 0,09
IMC, kg/m ²	22,92 ± 2,13	24,23 ± 2,80	23,57 ± 2,51
Temperatura axilar média, °C	36,4 ± 0,39	36,39 ± 0,29	36,39 ± 0,34
Sexo masculino, n (%)	5 (50)	5 (50)	10 (50)
Umidade do ar, %	59,3 ± 1,16	58,9 ± 1,19	59,1 ± 1,16
Temperatura ambiente média, °C	22,14 ± 0,30	22,06 ± 0,33	22,1 ± 0,31
Vazamento, l/min	2,16 ± 1,56	2,83 ± 4,31	2,32 ± 3,19

BiPAP: *bilevel positive airway pressure* (pressão positiva nas vias aéreas em dois níveis); e CPAP: *continuous positive airway pressure* (pressão positiva contínua nas vias aéreas). ^aValores expressos em média ± dp, exceto onde indicado.

Tabela 2. Classificação dos efeitos adversos segundo sua gravidade nos participantes segundo o modo ventilatório utilizado.^a

Efeitos adversos	Modo ventilatório			
	BiPAP (n = 10)		CPAP (n = 10)	
	Nenhum ou leve	Moderado ou intenso	Nenhum ou leve	Moderado ou intenso
Categoria 1 - Lesões de pele				
Eritema em bochecha	9 (90)	1 (10)	10 (100)	0 (0)
Eritema em dorso do nariz	5 (50)	5 (50)	6 (60)	4 (40)
Eritema em queixo	9 (90)	1 (10)	9 (90)	1 (10)
Prurido em bochecha	8 (80)	2 (20)	10 (100)	0 (0)
Prurido em nariz	7 (70)	3 (30)	9 (90)	1 (10)
Prurido em queixo	8 (80)	2 (20)	10 (100)	0 (0)
Categoria 2 - Dor				
Dorso do nariz	9 (90)	1 (10)	9 (90)	1 (10)
Ouvido	8 (90)	2 (20)	10 (100)	0 (0)
Seios paranasais	9 (90)	1 (10)	10 (100)	0 (0)
Bochecha	9 (90)	1 (10)	10 (100)	0 (0)
Queixo	10 (100)	0 (0)	10 (100)	0 (0)
Cabeça	10 (100)	0 (0)	9 (90)	1 (10)
Categoria 3 - Outros efeitos adversos				
Claustrofobia	9 (90)	1 (0)	10 (100)	0 (0)
Vazamento	8 (80)	2 (20)	10 (100)	0 (0)
Ressecamento	6 (60)	4 (40)	9 (90)	1 (10)
Congestão nasal	8 (80)	2 (20)	10 (100)	0 (0)
Dificuldade respiratória	9 (90)	1 (10)	9 (90)	1 (10)
Desconforto torácico	10 (100)	0 (0)	10 (100)	0 (0)

BiPAP: *bilevel positive airway pressure* (pressão positiva nas vias aéreas em dois níveis); e CPAP: *continuous positive airway pressure* (pressão positiva contínua nas vias aéreas). ^aDados expressos em n (%).

A Tabela 2 apresenta os resultados dos escores para os efeitos adversos em três categorias pré-definidas em relação ao modo ventilatório. Os efeitos com maior grau de problema ou incômodo durante a VNI no modo BiPAP foram prurido no nariz, claustrofobia, ressecamento e congestão nasal, enquanto, no modo CPAP, nenhum dos efeitos adversos atingiu o grau máximo de incômodo.

Ao compararmos as respostas dos participantes em relação à intensidade de cada efeito adverso isoladamente em relação ao modo ventilatório não se encontraram diferenças significativas; entretanto (Figura 2A), ao agruparmos as respostas de todas as categorias de efeitos adversos dos participantes, houve uma diferença significativa na ocorrência de efeitos adversos de maior intensidade no modo BiPAP. Constatou-se de forma significativa que os efeitos adversos em intensidade moderada e intensa (escores 2 e 3) ocorreram com maior frequência no momento inicial à retirada da máscara no grupo de participantes nos quais não ocorreu uma redução da temperatura no dorso do nariz (Figura 2B). Houve uma diminuição estatisticamente significativa da temperatura média na referida região, quando comparada com o momento inicial, imediatamente, no 5^o, 15^o e 30^o min após a retirada da VNI. A Figura 3A representa os valores da temperatura média na superfície de contato oronasal e no dorso do nariz, antes e imediatamente após 60 min de VNI, assim como aos 5, 15 e 30 min após a

retirada da máscara. Evidenciou-se um comportamento diferenciado entre as duas regiões de forma significativa. Na região de contato oronasal com a interface no momento imediato à retirada da VNI, houve uma diminuição da temperatura; entretanto, nos momentos posteriores (5, 15 e 30 min após a retirada da máscara), houve uma tendência para o retorno aos valores iniciais. Na região de contato do dorso do nariz houve a diminuição da temperatura média no momento imediato à retirada da VNI, com persistência desse esfriamento nos momentos posteriores. A Figura 3B representa a variação da temperatura na região do dorso do nariz em relação aos modos ventilatórios. Foi observada uma permanência da queda de temperatura no modo CPAP.

Na avaliação qualitativa (Figura 4) com as imagens sobrepostas do momento antes da VNI em relação aos outros momentos (imediate, 5, 15 e 30 min), foi constatado que, no modo CPAP, prevaleceu a cor azul (esfriamento) e que no modo BiPAP predominou a cor vermelha, representando um maior aquecimento na região de contato da máscara após a sua retirada.

Não houve correlações estatisticamente significativas entre os efeitos adversos e a variação da temperatura nas duas regiões de interesse quando utilizou-se a correlação de Pearson, conforme Tabela no Anexo 2. (Disponível na versão on-line do JBP; http://www.jornaldepneumologia.com.br/detalhe_anexo.asp?id=49)

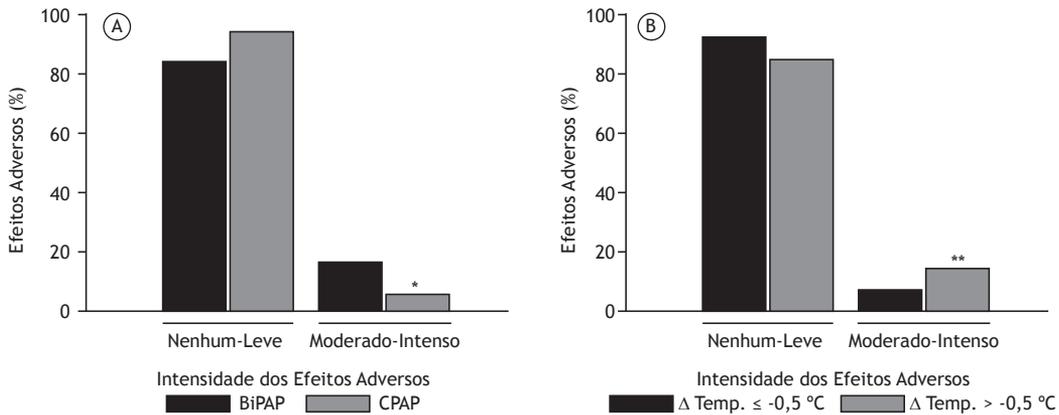


Figura 2. Em A, proporção dos relatos sobre os efeitos adversos, segundo os participantes, em relação ao modo ventilatório. Em B, proporção dos relatos sobre os efeitos adversos, segundo os participantes, em relação à variação da temperatura na região do dorso do nariz imediatamente após a retirada da ventilação não invasiva. Δ Temp: variação da temperatura entre o momento basal e imediatamente após a retirada da máscara; BiPAP: *bilevel positive airway pressure* (pressão positiva nas vias aéreas em dois níveis); e CPAP: *continuous positive airway pressure* (pressão positiva contínua nas vias aéreas). * $p = 0,001$; ** $p = 0,04$. Total dos relatos de efeitos adversos = 360.

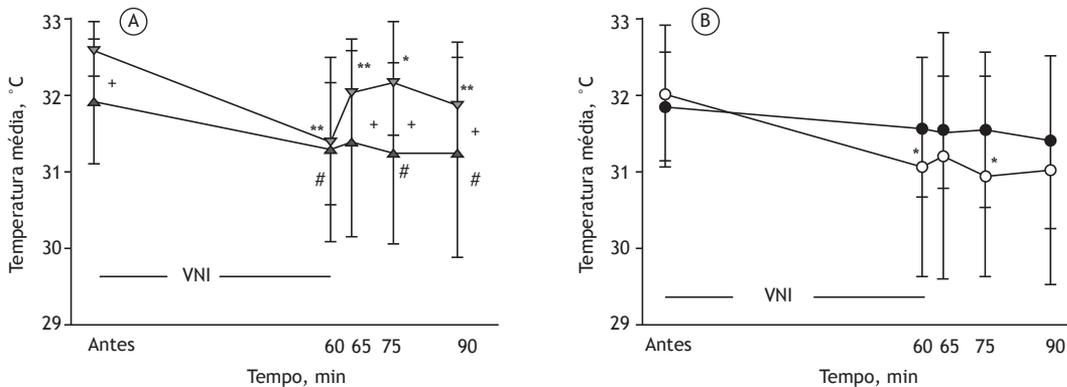


Figura 3. Em A, valores de temperatura média em relação ao tempo de contato na superfície oronasal (triângulos invertidos) e no dorso do nariz (triângulos cinza). antes e imediatamente depois de 60 min de ventilação não invasiva (VNI), assim como depois de 5 (65 min), 15 (75 min) e 30 min (90 min) da retirada da máscara Em B, valores de temperatura média em relação ao tempo de contato, nos mesmos tempos, na superfície do dorso do nariz em função dos modos ventilatórios — pressão positiva nas vias aéreas em dois níveis (círculos pretos) e pressão positiva contínua nas vias aéreas (círculos brancos). Figura 3A: * $p < 0,05$ e ** $p < 0,01$ vs. temperatura basal; + $p < 0,05$ zona do dorso do nariz vs. zona de contato oronasal; # $p < 0,05$ zona de contato do dorso do nariz vs. temperatura basal. Figura 3B: * $p < 0,05$ modo ventilatório pressão positiva contínua nas vias aéreas vs. basal.

DISCUSSÃO

A incidência e a intensidade dos efeitos adversos agudos decorrentes do uso da VNI (claustrofobia, ressecamento e congestão nasal) foram maiores nos participantes submetidos ao modo BiPAP que naqueles submetidos ao modo CPAP. A análise termográfica da região de contato oronasal evidenciou um esfriamento na região de contato da máscara com a pele da face e na região do dorso do nariz imediatamente após a retirada da VNI. A região no dorso do nariz variou menos em relação à temperatura basal, esfriando menos que a zona de contato da pele com a máscara. Na região de contato com a interface, a temperatura foi retornando à basal, ou seja, esquentando nos momentos posteriores. A análise visual de zonas de esfriamento e aquecimento na face ao longo do tempo demonstrou a coexistência de regiões de hipoperfusão ou hiperemia decorrentes

do uso agudo da VNI após a retirada da máscara, com tendência a um aumento de temperatura no grupo BiPAP.

Os efeitos adversos agudos de maior intensidade avaliados no momento imediato à retirada da máscara ocorreram nos participantes com menor esfriamento na pele do dorso do nariz.

O presente estudo é o primeiro a utilizar a análise termográfica da pele da face antes e depois da utilização da VNI em vários momentos e a testar a associação desses achados, nos modos BiPAP e CPAP, com efeitos adversos agudos. Os dados de temperatura cutânea da face do presente estudo são coerentes com aqueles obtidos por Haddad et al.,⁽¹⁹⁾ demonstrando a validade da metodologia utilizada.

Holanda et al.⁽⁸⁾ estudaram três modelos de interface e os efeitos adversos agudos em duas situações diferenciadas para VNI em indivíduos saudáveis. Na

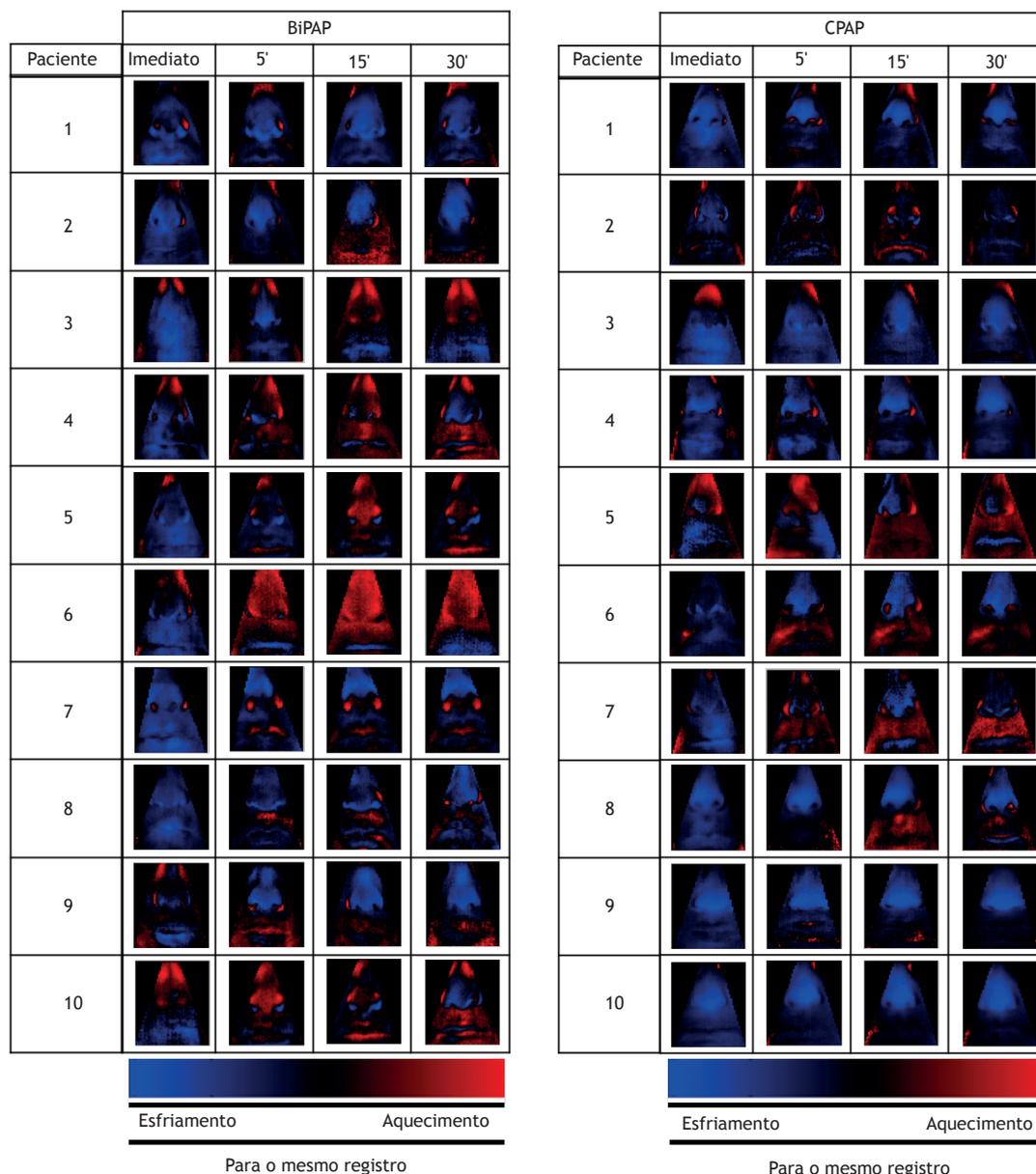


Figura 4. Avaliação qualitativa com as imagens sobrepostas do momento antes da ventilação não invasiva em relação aos outros momentos: imediato, 5, 15 e 30 min depois da retirada da máscara. A barra com escala visual de cores com o máximo esfriamento (cor azul) e o máximo aquecimento (cor vermelha) foi utilizada para cada registro. BiPAP: *bilevel positive airway pressure* (pressão positiva nas vias aéreas em dois níveis); e CPAP: *continuous positive airway pressure* (pressão positiva contínua nas vias aéreas).

primeira situação, níveis pressóricos mais baixos (IPAP = 11 cmH₂O e EPAP = 6 cmH₂O), e, na segunda situação, níveis considerados mais altos (IPAP = 15 cmH₂O e EPAP = 10 cmH₂O). O incremento da pressão aumentou a incidência de efeitos adversos agudos nas três interfaces. É possível inferir que, no presente estudo, o modo BiPAP provavelmente associou-se a maior incidência e intensidade desses efeitos em comparação ao modo CPAP provavelmente devido aos níveis mais elevados de IPAP (20 cmH₂O vs. 10 cmH₂O).

A microcirculação na área de contato entre a máscara e a pele, apesar de não ter sido objeto de mensuração

direta, pode ter sido comprometida com a diminuição do aporte sanguíneo (no momento imediato da retirada da máscara), o que se refletiria em esfriamento da mesma, causado por uma provável isquemia por pressão; posteriormente, constatou-se um retorno da temperatura aos valores basais ou mesmo os ultrapassando, refletindo um aquecimento na região, supostamente devido à hiperemia reativa. Na região do dorso do nariz, inicialmente, houve uma menor queda da temperatura média em relação à basal. Na média, não houve retorno aos valores basais (antes da VNI); porém, em alguns indivíduos, verificou-se um

aquecimento dessa região, demonstrando que a resposta à aplicação da VNI é bastante individual e variável.

O fenômeno de hiperemia reativa explicaria os achados do presente estudo, ou, ainda, a pobreza vascular desse território cutâneo justificaria um menor impacto da pressão da máscara sobre a variação da temperatura na região do dorso do nariz. A análise visual de zonas de esfriamento e aquecimento na face ao longo do tempo evidenciaram que a resposta à aplicação da VNI é bastante individual e variável.

A pressão de perfusão capilar desempenha importante papel na integridade do tecido cutâneo. A pressão usual para ocorrer o colapso capilar varia de 12 a 32 mmHg ou de 20 a 40 cmH₂O. A aplicação direta de pressão superior à pressão de fechamento dos capilares sobre a pele e tecidos moles provocará hipóxia em toda essa região, culminando em isquemia e anóxia tecidual.⁽²⁰⁾ Removendo-se a pressão após um curto período de tempo, o fluxo sanguíneo é restaurado através da hiperemia reativa. Em caso de persistência da aplicação da pressão por um tempo prolongado, o risco de um dano isquêmico mais profundo aumenta, podendo ocasionar o surgimento de úlcera por pressão.⁽²¹⁾ No presente estudo, houve uma maior incidência de efeitos adversos agudos de maior intensidade no grupo de participantes com menor queda da temperatura média na região do dorso do nariz, destacando a predisposição nessa região em particular para distúrbios da perfusão cutânea. Souto et al.⁽¹³⁾ destacaram que a máscara oronasal apresenta várias áreas sujeitas a valores de tensão crítica, com maior relevância na região superolateral do nariz, para o desenvolvimento de lesões cutâneas.

Weng⁽²²⁾ buscou medidas preventivas contra o desenvolvimento de lesões cutâneas em pacientes utilizando máscaras faciais para VNI no modo BiPAP e constatou uma proporção de 96% de úlceras de primeiro estágio com hiperemia no dorso do nariz,

alinhando-se aos dados de estudos clínicos em relação à susceptibilidade da região do dorso do nariz para lesão cutânea, incluindo a sua característica anatômica de possuir uma fina camada da epiderme pouco vascularizada cobrindo a superfície óssea.

Concluiu-se que a incidência e a intensidade dos efeitos adversos agudos foram maiores nos participantes submetidos a VNI no modo BiPAP. Verificou-se uma associação entre os efeitos adversos agudos da aplicação de VNI por máscara oronasal e um menor esfriamento ou a uma maior hiperemia reativa na região do dorso do nariz após a retirada da interface. A termografia pode eventualmente ser uma ferramenta adicional na detecção de zonas da pele com maior risco para o desenvolvimento de lesões cutâneas.

O rigor metodológico com a preparação do ambiente e dos participantes, com uma revisão na literatura sobre as condições ideais para a realização da termografia foram pontos fortes desta pesquisa. Porém, o estudo tem limitações. A amostra foi pequena, envolvendo participantes saudáveis, e os resultados provavelmente poderiam ser diferentes em situações nas quais outros fatores de risco (idade, estado nutricional, uso de medicações, presença de comorbidades e nível de consciência) estivessem presentes.^(12,21,23) Outra limitação importante foi a ausência de um grupo controle com a utilização de umidificação aquecida.^(24,25)

A implicação prática é reforçar a importância da monitorização dos efeitos adversos agudos na pele de pacientes que utilizam a VNI. O uso de máscaras sob pressão está associado ao desenvolvimento de lesões cutâneas faciais, provavelmente por comprometimento da perfusão.⁽²⁶⁻²⁹⁾ A termografia seria um recurso adicional para a determinação mais precisa das zonas da pele com maior risco de lesões ou de úlceras por pressão na face associada à VNI. Portanto, os resultados suscitam o interesse por ensaios clínicos que avaliem essa perspectiva futuramente.

REFERÊNCIAS

1. Ferreira S, Nogueira C, Conde S, Taveira N. Non-invasive ventilation [Article in Portuguese]. *Rev Port Pneumol*. 2009;15(4):655-67. [https://doi.org/10.1016/S0873-2159\(15\)30162-8](https://doi.org/10.1016/S0873-2159(15)30162-8)
2. Crimi C, Noto A, Princi P, Esquinas A, Nava S. A European survey of noninvasive ventilation practices. *Eur Respir J*. 2010;36(2):362-9. <https://doi.org/10.1183/09031936.00123509>
3. Barbas CS, Isola AM, Farias AM, Cavalcanti AB, Gama AM, Duarte AC, et al. Brazilian recommendations of mechanical ventilation 2013. *Part I. Rev Bras Ter Intensiva*. 2014; 26(2):89-121. <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20140017>
4. Liu J, Duan J, Bai L, Zhou L. Noninvasive Ventilation Intolerance: Characteristics, Predictors, and Outcomes. *Respir Care*. 2016;61(3):277-84. <https://doi.org/10.4187/respcare.04220>
5. Nava S, Ceriana P. Causes of failure of noninvasive mechanical ventilation. *Respir Care*. 2004;49(3):295-303.
6. Azevedo LC, Park M, Salluh JI, Rea-Neto A, Souza-Dantas VC, Varaschin P, et al. Clinical outcomes of patients requiring ventilatory support in Brazilian intensive care units: a multicenter, prospective, cohort study. *Crit Care*. 2013;17(2):R63. <https://doi.org/10.1186/cc12594>
7. Mehta S, Hill NS. Noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;163(2):540-77. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.163.2.9906116>
8. Holanda MA, Reis RC, Winkler GF, Fortaleza SC, Lima JW, Pereira ED. Influence of total face, facial and nasal masks on short-term adverse effects during noninvasive ventilation. *J Bras Pneumol*. 2009;35(2):164-73. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132009000200010>
9. Keenan SP, Winston B. Interfaces for noninvasive ventilation: does it matter? *J Bras Pneumol*. 2009;35(2):103-5. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132009000200001>
10. Schallom M, Cracchiolo L, Falker A, Foster J, Hager J, Morehouse T, et al. Pressure Ulcer Incidence in Patients Wearing Nasal-Oral Versus Full-Face Noninvasive Ventilation Masks. *Am J Crit Care*. 2015;24(4):349-56; quiz 357. <https://doi.org/10.4037/ajcc2015386>
11. Visscher MO, White CC, Jones JM, Cahill T, Jones DC, Pan BS. Face Masks for Noninvasive Ventilation: Fit, Excess Skin Hydration, and Pressure Ulcers. *Respir Care*. 2015;60(11):1536-47. <https://doi.org/10.4187/respcare.04036>
12. Black J, Alves P, Brindle CT, Dealey C, Santamaria N, Call E, et al. Use of wound dressings to enhance prevention of pressure ulcers caused by medical devices. *Int Wound J*. 2015;12(3):322-7. <https://doi.org/10.1111/iwj.12111>
13. Souto L, Talaia P, Ramos A, Silva N, Drummond M, Jorge RN. Análise da interface da máscara oronasal em um modelo de face humana. Proceedings of the 10th Congresso Ibero-Americano de Engenharia Mecânica; 2011 Sep 4-7; Porto, Portugal. CIBEM; 2011.
14. Brioschi ML, Macedo JF, Macedo RA. Termometria cutânea: novos conceitos. *J Vasc Bras*. 2003;2:151-60.

15. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Phys. Technol.* 2012;55:221-35. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2012.03.007>
16. Fernández-Cuevas I, Bouzas-Marins JC, Arnáiz-Lastras J, Gómez-Carmona PM, Pi-onosa-Cano S, García-Concepción MA, et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: a review. *Infrared Phys Technol.* 2015;71:28-55. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2015.02.007>
17. Schettino GP, Reis MA, Galas F, Park M, Franca S, Okamoto V. Ventilação mecânica não invasiva com pressão positiva. *J Bras Pneumol.* 2007;33(Suppl 2):92-105. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132007000800004>
18. Reis RC. Estudo comparativo do conforto e efeitos adversos de interfaces para ventilação não invasiva em voluntários sadios. [dissertation]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; 2006.
19. Haddad DS, Brioschi ML, Baladi MG, Arita ES. A new evaluation of heat distribution on facial skin surface by infrared thermography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2016;45(4):20150264. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20150264>
20. Medeiros AB, Lopes CH, Jorge MS. Analysis of prevention and treatment of the pressure ulcers proposed by nurses [Article in Portuguese]. *Rev Esc Enferm USP* 2009;43(1):223-8. <https://doi.org/10.1590/S0080-62342009000100029>
21. Caliri MH. Feridas crônicas, prevenção e tratamento. [monograph on the Internet]. Ribeirão Preto: Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo; 2010 [cited 2016 May 8]; Available from: <http://www2.eerp.usp.br/site/grupos/feridascrônicas/index.php>
22. Weng MH. The effect of protective treatment in reducing pressure ulcers for non-invasive ventilation patients. *Intensive Crit Care Nurs.* 2008;24(5):295-9. <https://doi.org/10.1016/j.iccn.2007.11.005>
23. Gomes FS, Bastos MA, Batista JA, Velásquez-Meléndez G. Analysis of agreement of the evaluation of pressure ulcer staging [Article in Portuguese]. *Rev Min Enferm.* 2013;17(2):14-17. <https://doi.org/10.5935/1415-2762.20130020>
24. Esquinas-Rodríguez AM, Scala R, Soroksky A, BaHammam A, de Klerk A, Valipour A, et al. Clinical review: humidifiers during non-invasive ventilation—key topics and practical implications. *Crit Care.* 2012;16(1):203. <https://doi.org/10.1186/cc10534>
25. Terabe DS. Umidificação das vias aéreas em UTI: como uma padronização de atendimento altera o uso dos umidificadores. [dissertation]. São Paulo: Fundação Antônio Prudente; 2006.
26. Yamaguti W, Moderno EV, Yamashita SY, Gomes TG, Maida AL, Kondo CS, et al. Treatment-related risk factors for development of skin breakdown in subjects with acute respiratory failure undergoing noninvasive ventilation or CPAP. *Respir Care.* 2014;59(10):1530-6. <https://doi.org/10.4187/respcare.02942>
27. Galvez AT, Oliva MI, Alonso AR, Alvarez AA. Ventilación no invasiva con presión positiva. *Rev Cubana Med.* 2002;41(1):29-44.
28. Sferrazza Papa GF, Di Marco F, Akoumianaki E, Brochard L. Recent advances in interfaces for non-invasive ventilation: from bench studies to practical issues. *Minerva Anesthesiol.* 2012;78(10):1146-53.
29. Ahmad Z, Venus M, Kisku W, Rayatt SS. A case series of skin necrosis following use of non invasive ventilation pressure masks. *Int Wound J.* 2013;10(1):87-90. <https://doi.org/10.1111/j.1742-481X.2012.00948.x>