

Como citar este artigo:

Nelo EM, Correia Júnior JL, Santos HF, Lima Júnior JP, Brandão JT, Moraes JF, et al. Influência de alterações climáticas sobre a ocorrência do broncoespasmo induzido por exercício em adolescentes de uma região semiárida. *einstein* (São Paulo). 2021;19:eAO5744.

Autor correspondente:

Ricardo de Freitas-Dias
BR 203, Km2, s/n
CEP: 56328-903 – Petrolina, PE, Brasil
Tel.: (87) 3866-6468
E-mail: ricardo.freitas@upe.br

Data de submissão:

6/4/2020

Data de aceite:

26/11/2020

Conflitos de interesse:

não há.

Copyright 2021

Esta obra está licenciada sob
uma Licença *Creative Commons*
Atribuição 4.0 Internacional.

ARTIGO ORIGINAL

Influência de alterações climáticas sobre a ocorrência do broncoespasmo induzido por exercício em adolescentes de uma região semiárida

Impact of climate variability on exercise-induced bronchospasm in adolescents living in a semi-arid region

Edinely Michely de Alencar Nelo¹, Jânio Luiz Correia Júnior¹, Hamilton Felipe Andrade Santos¹, José Pereira de Lima Júnior², Jéssica Thayani Santos Brandão², José Fernando Vila Nova de Moraes², Marco Aurélio de Valois Correia Júnior³, Ricardo de Freitas-Dias³

¹ Universidade de Pernambuco, Petrolina, PE, Brasil.

² Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.

³ Programa de Pós-Graduação em Hebiatria, Universidade de Pernambuco, Camaragibe, PE, Brasil.

DOI: 10.31744/einstein_journal/2021A05744

RESUMO

Objetivo: Verificar a influência das alterações climáticas sobre o broncoespasmo induzido por exercício, nos períodos chuvoso e seco de uma região do semiárido brasileiro. **Métodos:** Foram submetidos à avaliação do broncoespasmo em esteira ergométrica, em ambiente externo, nos períodos chuvoso e seco, 82 adolescentes, com idades de 15 a 18 anos. Foram avaliadas as variáveis antropométricas, a maturação sexual e o volume expiratório forçado no primeiro segundo. Para comparação da temperatura e umidade, queda do volume expiratório forçado no primeiro segundo (%) e frequência do broncoespasmo entre os períodos, foram utilizados o teste *t* de Student independente, o teste de Wilcoxon e o teste de McNemar, respectivamente. O nível de significância adotado foi $p < 0,05$. **Resultados:** A média de idade foi $15,65 \pm 0,82$ anos. A temperatura, a umidade e a queda do volume expiratório forçado no primeiro segundo (%) diferiram entre os períodos, com valores de temperatura e umidade maiores no período chuvoso ($29,6^\circ\text{C} \pm 0,1$ e $70,8\% \pm 0,6$ versus $28,5^\circ\text{C} \pm 0,2$ e $48,4\% \pm 0,6$; $p < 0,05$). A queda do volume expiratório forçado no primeiro segundo (%) foi maior no período seco ($9,43\% \pm 9,97$ versus $12,94\% \pm 15,65$; $p < 0,05$), e não foi encontrada diferença da frequência do broncoespasmo entre os períodos. **Conclusão:** O período seco influenciou negativamente no volume expiratório forçado no primeiro segundo de adolescentes, observando maior percentual de queda dessa variável nesse período. De acordo com os achados, propõe-se uma maior gravidade do broncoespasmo induzido por exercício em condições de baixa umidade.

Descritores: Asma induzida por exercício; Umidade; Clima; Exercício físico; Adolescente

ABSTRACT

Objective: To examine the impact of climate variability on the occurrence of exercise-induced bronchospasm in the rainy and dry seasons of a Brazilian semi-arid region. **Methods:** This sample comprised 82 adolescents aged 15 to 18 years, who were submitted to exercise-induced bronchospasm assessment on a treadmill and outdoors, during the rainy and the dry season. Anthropometric variables, sexual maturity and forced expiratory volume in the first second were analyzed. Air temperature and humidity, decline in forced expiratory volume in the first second (%) and frequency of bronchospasm were compared between seasons using the independent

Student's *t* test, the Wilcoxon and McNemar tests, respectively. The level of significance was set at $p < 0.05$. **Results:** The mean age was 15.65 ± 0.82 years. Air temperature, air humidity and decline in forced expiratory volume in the first second (%) differed between seasons, with higher air temperature and humidity in the rainy season ($29.6^\circ\text{C} \pm 0.1$ and $70.8\% \pm 0.6$ versus $28.5^\circ\text{C} \pm 0.2$ and $48.5\% \pm 0.6$; $p < 0.05$). The decline in forced expiratory volume in the first second (%) was greater in the dry season ($9.43\% \pm 9.97$ versus $12.94\% \pm 15.65$; $p < 0.05$). The frequency of bronchospasm did not differ between seasons. **Conclusion:** The dry season had a negative impact on forced expiratory volume in the first second in adolescents, with greater decrease detected during this period. Findings of this study suggested bronchospasm tends to be more severe under low humidity conditions.

Keywords: Asthma exercise-induced; Humidity; Climate; Exercise; Adolescent

INTRODUÇÃO

O broncoespasmo induzido por exercício (BIE) consiste em uma obstrução brônquica temporária após o exercício físico, caracterizada por redução maior ou igual a 10% do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1), comparado ao valor basal.⁽¹⁾ Seu mecanismo de evocação compreende fatores relacionados à suscetibilidade individual,⁽²⁾ à intensidade e duração do exercício e a fatores ambientais, destacando-se entre estes a umidade relativa do ar.⁽³⁾

A fisiopatologia do BIE está diretamente ligada à hiperventilação provocada pelo exercício físico, a qual gera a desidratação das vias aéreas inferiores.⁽⁴⁾ Esse processo ocasiona alteração do gradiente osmótico em relação ao epitélio, produzindo um estímulo para as células epiteliais, inflamatórias e fibras nervosas liberarem mediadores que podem estimular o broncoespasmo.⁽⁴⁾

Associado a esse processo fisiopatológico é reconhecido que, em condições climáticas com baixos valores percentuais de umidade relativa do ar ($< 50\%$), existe maior ocorrência de tal resposta brônquica.⁽³⁾ Diante disso, regiões com clima frio e seco apresentam risco maior de desencadeamento do BIE,^(4,5) enquanto em climas quente e úmido o risco é menor.^(3,4)

Tendo em vista que grande parte dos estudos que avaliaram o BIE são realizados em ambientes internos (controlados)⁽¹⁻⁴⁾ e as variações climáticas do ambiente externo podem influenciar na sua ocorrência,⁽¹⁻³⁾ este estudo se faz necessário para esclarecer a relação entre as variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa do ar) e o BIE, reconhecendo que indivíduos suscetíveis podem viver expostos a tais condições ambientais.^(3,6)

OBJETIVO

Verificar a influência das alterações climáticas (temperatura e umidade relativa do ar) na ocorrência do bron-

coespasmo induzido por exercício em adolescentes, nos períodos climáticos chuvosos e seco de uma região do semiárido brasileiro.

MÉTODOS

Participantes

A amostra, por conveniência, foi composta de adolescentes com idades de 15 a 18 anos,⁽⁷⁾ assintomáticos respiratórios, de uma região semiárida do território brasileiro. Foram excluídos aqueles que apresentaram qualquer infecção respiratória nas 4 semanas anteriores ao teste; gravidez; história de doença cardiovascular e musculoesquelética ou distúrbios metabólicos autorreferidos. A pesquisa foi realizada no período de março a abril e agosto a novembro do ano de 2018, na cidade de Petrolina (PE), situada no nordeste brasileiro, a qual apresenta clima do tipo BSwH, que corresponde a um clima semiárido, com temperaturas altas ($> 22^\circ\text{C}$) e chuvas escassas no inverno ($< 250\text{mm}$).⁽⁸⁾ Os termos de assentimento e consentimento foram entregues aos adolescentes e assinados por eles e por seus responsáveis. Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Pernambuco (UPE), Brasil (CAAE: 81537517.2.0000.5207, parecer 2.701.140).

Cálculo amostral

O tamanho da amostra foi estimado pelo cálculo do tamanho de efeito, considerando o desfecho principal e o percentual de BIE em adolescentes escolares.⁽⁴⁾ Foi realizada análise *post-hoc*, no qual o tamanho de efeito foi 0,2, o erro $\alpha < 0,05$ e o erro $\beta < 0,95$, resultando no total de 82 voluntários. Para todos os procedimentos, foi utilizado o *software* WinPepi, versão 11.65 para Windows. O tamanho da amostra foi suficiente para detectar diferenças significativas entre períodos experimentais para as variáveis de temperatura e umidade relativa do ar, com tamanho de efeito maior que $r = 0,50$ (efeito grande) e para a queda do VEF_1 (%), tamanho de efeito maior que $r = 0,10$ (efeito pequeno).

Delineamento do estudo

Inicialmente, todos os voluntários foram submetidos ao autoexame do estágio maturacional,⁽⁹⁾ seguido das mensurações das medidas antropométricas e da realização do teste de espirometria e do teste indutor do BIE. Todos os testes foram realizados nos períodos climáticos chuvoso (março e abril) e seco (agosto a novembro) do ano de 2018, sendo esses períodos definidos conforme os dados climáticos da estação agrometeorológica do

Bebedouro, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).^(8,10) Em ambos os períodos experimentais, a temperatura e a umidade relativa do ar foram monitoradas (Figura 1).



* Espirometria pré-exercício; † espirometria pós-exercício.

BIE: broncoespasmo induzido por exercício; FC: frequência cardíaca.

Figura 1. Desenho experimental

Instrumentos e coleta de dados

Estágio maturacional

Para avaliar o estágio maturacional dos adolescentes de ambos os sexos, foi utilizada a escala de autoclassificação maturacional do Estágio de *Tanner*, seguindo as recomendações para o autoexame individualizado.⁽⁹⁾

Antropometria

As variáveis antropométricas foram mensuradas por um único avaliador, seguindo as recomendações da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK).⁽¹¹⁾ A massa corporal total e a estatura foram medidas utilizando balança digital e estadiômetro (W-200, Welmy, Brasil). A circunferência da cintura foi mensurada utilizando uma fita métrica (modelo WCS, Mabbis, Brasil).^(12,13) O índice de massa corporal (IMC) foi determinado pela equação do índice de Quetelet em kg/m²: $IMC (kg) = peso (kg) / (estatura (m))^2$. Esse índice foi utilizado para classificação de gordura corporal por meio dos percentis (percentis abaixo do 5º para baixo peso, do percentil 5º ao 84º para a eutrofia, do percentil 85º ao 94º para sobrepeso e do percentil 95º em diante para obesidade).⁽¹⁴⁾

Teste espirométrico

Para a avaliação da capacidade respiratória, foi utilizado um espirômetro portátil (Modelo Sx 1000, KoKo, Longmont, CO, Estados Unidos), sendo realizadas, no mínimo, três manobras espirométricas, com uso de um clipe nasal. Para a análise dos parâmetros, foi escolhida a manobra que apresentou os maiores valores para as variáveis de capacidade vital forçada (CVF), VEF₁ e índice de Tiffeneau, observando os padrões de reprodutibilidade.⁽¹⁵⁾ Os voluntários foram instruídos quanto às recomendações para o dia do teste, e o mesmo foi explicado previamente à realização, seguindo os procedimentos recomendados pela *American Thoracic Society* (ATS) e pela Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT).⁽¹⁶⁾

Teste indutor do broncoespasmo induzido por exercício

O teste indutor do BIE foi realizado na esteira ergométrica (modelo Master Super ATL, Inbramed, Porto Alegre, RS, Brasil), seguindo a padronização oficial da ATS.⁽¹⁾ Inicialmente, os voluntários realizaram um aquecimento, que consistiu em caminhada por 1 minuto em intensidade inferior a 85% da frequência cardíaca máxima (FCmáx). No segundo minuto, a intensidade foi aumentada gradualmente, até que, no terceiro minuto, alcançasse a intensidade superior a 85% FCmáx, a qual foi mantida por seis minutos. A FCmáx foi determinada pela equação: $208 - (idade \times 0,7)$,⁽¹⁶⁾ e a intensidade do exercício foi avaliada com base na frequência cardíaca (FC), a qual foi monitorada a cada 30 segundos, por meio de cardiofrequencímetros (modelo V800, Polar, Brasil).

Ao término do teste indutor do BIE, foram realizados quatro novos testes espirométricos, nos quais a variável VEF₁ foi mensurada nos intervalos de tempo de 5, 10, 15 e 20 minutos. Em seguida, calculou-se o percentual do VEF₁ em relação ao valor pré-teste, utilizando a equação $[(\%VEF_1 = VEF_1 \text{ pré-teste} - VEF_1 \text{ pós-teste} \times 100 / VEF_1 \text{ pré-teste})]$ ⁽¹⁾ para detecção da positividade do BIE, definido como redução do VEF₁ igual ou superior a 10% do valor basal (pré-teste).^(1,2) Também foi calculada a queda máxima de VEF₁ (QMVEF₁) por meio da equação $[(\%QMVEF_1 = VEF_1 \text{ pré-teste} - \text{menor } VEF_1 \text{ pós-teste} \times 100 / VEF_1 \text{ pré-teste})]$,⁽²⁾ para detecção do maior percentual de redução do VEF₁ nos tempos avaliados. Para a classificação do diagnóstico do BIE, adotou-se queda maior ou igual a 10% no VEF₁ após exercício, conforme as recomendações das diretrizes mundialmente aceitas.^(1,2,17-19)

Registro das variáveis ambientais

As variáveis climáticas de temperatura e umidade relativa do ar dos períodos chuvoso e seco foram registradas no momento dos testes, por meio de um termo-higrômetro digital (marca Incoterm, São Paulo, SP, Brasil). Também foram utilizados os dados de temperatura e umidade relativa do ar fornecidos pelo INMET.⁽¹⁰⁾

Análises dos dados

Os dados foram processados e analisados no *software* SPSS, versão 22.0, para Windows, tendo sido inseridos por meio de digitação dupla com checagem posterior. Foi avaliada a normalidade, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, seguida de análise descritiva e inferencial. A estatura, a temperatura, a CVF pré e o VEF₁ pré apresentaram normalidade dos dados. As variáveis contínuas foram resumidas em média, desvio-padrão e intervalo de confiança de 95%.

Para comparação das variáveis climáticas de temperatura e umidade relativa do ar entre os períodos chuvoso e seco foi realizado o teste *t* de Student independente; para a queda do VEF₁(%), o teste de Wilcoxon e, para a frequência do BIE, o teste de McNemar. Adicionalmente, para estimar o tamanho de efeito, foi utilizado o *d* de Cohen para as variáveis com distribuição normal, com as seguintes classificações: efeito pequeno (<0,20), efeito moderado (0,20 a 0,50), efeito grande (0,50 a 1,0) e efeito muito grande (>1,0).⁽²⁰⁾ Já para estimar o tamanho de efeito das variáveis de distribuição não normal, foi considerado o *r* de Pearson, com as classificações: efeito pequeno (*r*=0,10), efeito médio (*r*=0,30) e efeito grande (*r*=0,50). O nível de significância estabelecida foi de 5% (*p*<0,05).

RESULTADOS

Participaram da pesquisa 82 adolescentes, com média de idade de 15,65±0,82 anos, sendo 43 (52,4%) do sexo masculino e 39 (47,6%) do sexo feminino. Referente à maturação sexual, tanto meninos (41,9%) quanto meninas (41%) encontravam-se ao estágio T4 (pubescente) da escala de Tanner. Os adolescentes foram classificados como eutróficos conforme os resultados antropométricos e a classificação do IMC por percentil (45,75±31,30) (Tabela 1).

Sobre as variáveis espirométricas (CVF, CVF% do predito, VEF₁ e VEF₁% do predito), os valores basais (pré-exercício) foram semelhantes entre os períodos climáticos chuvoso e seco (Tabela 2).

Tabela 1. Características antropométricas de adolescentes

Variáveis	Média ± DP	IC95%
Peso, kg	59,57±10,61	57,24-61,90
Estatura, m	1,70±0,09	1,67-1,71
IMC, kg/m ²	20,64±3,42	19,89-21,39
CC, cm	72,21±7,23	70,62-73,80

DP: desvio-padrão; IC95%: intervalo de confiança de 95%; IMC: índice de massa corporal; CC: circunferência da cintura.

Tabela 2. Características espirométricas basais de adolescentes de ambos os sexos

Variáveis	Chuvoso	Seco	Chuvoso versus seco	Valor de p	Cohen's d
CVF pré, L	3,77±0,73	3,82±0,86	-0,05 (-0,16-0,05)	0,299	0,06
CVF% predito, %	111,99±33,13	113,79±36,18	-1,80 (-5,05-1,45)	0,274	2,93
VEF ₁ pré, L	3,42±0,68	3,43±0,78	-0,01 (-0,12-0,09)	0,798	0,01
VEF ₁ % predito, %	109,95±36,62	110,01±35,49	-0,06 (-3,91-3,79)	0,974	0,00

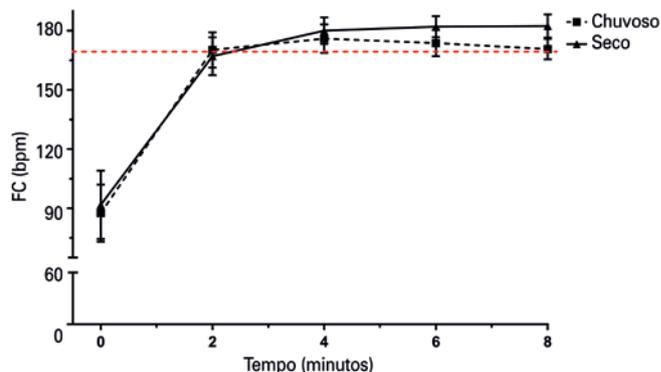
Resultados expressos como médias±desvio-padrão e efeitos dos períodos climáticos (diferença de médias entre os grupos, ajustados para os valores basais, com intervalos de confiança de 95%).

p<0,05 – Teste *t* de Student dependente.

CVF: capacidade vital forçada; VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; L: litros.

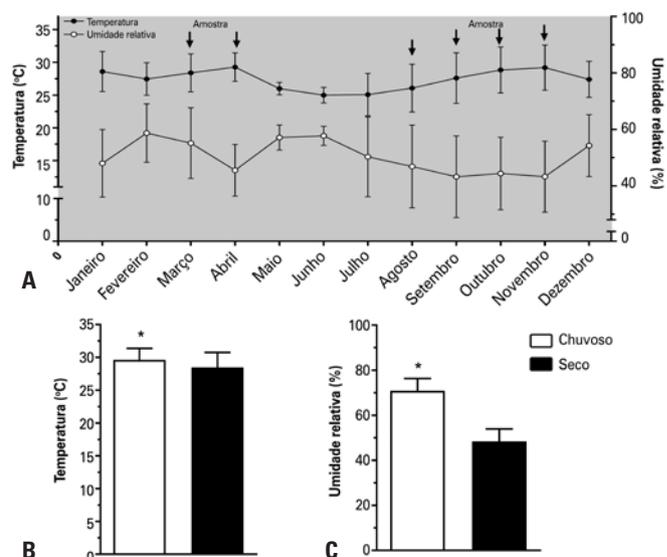
A FC média alcançada no teste de indução do BIE foi de 172,69±3,29bpm no período chuvoso e de 177,90±5,09bpm no período seco, equivalentes a 87% e 90% FC_{máx}, respectivamente, o que confirma que a intensidade requerida no teste foi alcançada em ambos os períodos (Figura 2).

A variação da temperatura e da umidade relativa do ar registrada pelo INMET durante os meses do ano foi de 25,4°C a 33,4°C e 62% a 87% no período chuvoso e de 23,8°C a 33,5°C e 37% a 72% no seco (Figura 3A).



FC: frequência cardíaca.

Figura 2. Variação da intensidade do exercício do teste de indução do broncoespasmo induzido por exercício, avaliada por meio da frequência cardíaca. A linha tracejada em vermelho representa o limite inferior da frequência cardíaca recomendada para o exercício em intensidade de 80% a 90% da frequência cardíaca máxima



Fonte: Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Climatologia de meses e trimestres de maiores e menores temperaturas e pluviosidades médias no período de 1961-2009. Brasília (DF): INMET; 2020 [citado 2018 Nov 26]. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mesTempo>⁽¹⁹⁾

* Diferença entre grupos (chuvoso versus seco).

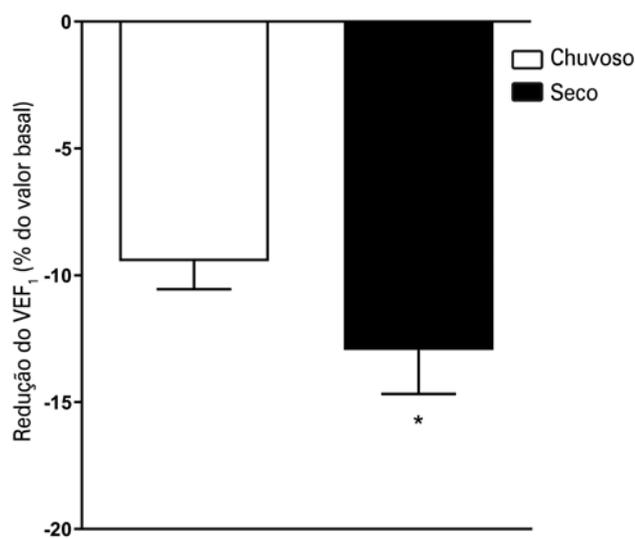
Teste *t* de Student independente. Valor de *p*<0,05.

Figura 3. Variação intra-anual de temperatura e umidade para o ano de 2017.

A) Variações meteorológicas ao longo de doze meses; B) Comparação da temperatura durante o período chuvoso e seco do ano; C) Comparação da umidade relativa durante o período chuvoso e seco do ano

Quando se comparam a temperatura e a umidade relativa do ar entre os períodos chuvoso e seco dos dias do teste de indução, verificam-se diferenças entre as variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa do ar) (Figura 3B e 3C).

Referente ao BIE, o percentual do predito do menor VEF₁ pós-teste de indução foi de 92,04% ± 29,45 no período chuvoso e 96,70% ± 37,13 no seco. Observou-se diferença quanto a maior queda do VEF₁(%) em relação ao basal entre os períodos climáticos, sendo encontrado maior percentual de queda para o período seco com um tamanho de efeito pequeno (r=0,13) (Figura 4).



* Diferença entre grupos (chuvosos versus seco).

Teste de Wilcoxon. Valor de p < 0,05.

VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo.

Figura 4. Comparação da queda do volume expiratório forçado no primeiro segundo entre os períodos climáticos

DISCUSSÃO

Este estudo avaliou o BIE em adolescentes residentes em uma região de clima semiárido quente e seco, na qual há a peculiaridade climática regional de baixos percentuais de umidade relativa do ar durante o ano,^(8,10) sendo esse um fator relacionado a um maior risco de ocorrência do BIE.⁽³⁾ Observa-se maior percentual de queda do VEF₁ no período seco, época do ano na qual a temperatura e a umidade relativa do ar foram menores em relação ao período chuvoso - em especial a umidade relativa do ar, que apresentou maior diferença de média entre os períodos. Conforme a presente padronização para a avaliação do BIE, foi possível considerar que o teste de indução utilizado foi efetivo e as variáveis climáticas de temperatura e umidade relativa do

ar influenciaram na queda do VEF₁ nos adolescentes avaliados. Esta pesquisa proporciona o entendimento de uma maior gravidade do BIE em condições de baixa umidade relativa do ar.

Os métodos de identificação e avaliação do BIE são fundamentais para que se estabeleça um diagnóstico preciso, porém, ainda não existe consenso sobre o cenário ideal para a realização do teste de indução⁽⁶⁾ e nem sobre o padrão-ouro para o diagnóstico em adolescentes.⁽²¹⁾ Até o presente momento, é preconizado apenas que seja feita a padronização do teste de indução, tendo sido empregada, neste estudo, a indução do BIE por exercício, pelo fato de ser um método efetivo para avaliação do BIE.⁽²¹⁾

Um aspecto importante da padronização do teste de indução por exercício diz respeito ao controle da intensidade na qual o exercício é realizado.^(1,3) No presente estudo, a FC utilizada para o controle da intensidade no teste de indução alcançou o percentual recomendado de 80% a 90% da FC_{máx} prevista, que corresponde a uma FC superior a 170bpm.⁽¹⁾

Tratando-se do desfecho primário do BIE, avaliado por meio do VEF₁, essa variável espirométrica ainda é a mais utilizada,^(6,22) e o percentual de queda do VEF₁ ≥ 10% é tido como suficiente para fornecer a sensibilidade necessária à avaliação do BIE.^(1,23) Tal sensibilidade pode ser aumentada quando usada à indução por exercício e em condições de baixa temperatura e umidade relativa do ar,⁽²⁴⁾ conforme avaliado no presente estudo.

Analisando as variações climáticas e o BIE, Johansson et al.,⁽²⁵⁾ encontraram resultados similares do percentual de queda do VEF₁ em adolescentes submetidos à indução em ar seco (queda do VEF₁ de 18,7% ± 7,9). Já em estudo de Park et al.,⁽²⁶⁾ a queda do VEF₁ foi explicada por uma relação significativa entre a temperatura e a umidade relativa do ar (temperatura: 9,9°C ± 1,2 versus 16,4°C ± 1,8, e umidade relativa do ar: 44,9% ± 1,4 versus 52,1% ± 2,4) e a positividade do BIE (61,4% versus 18,9%; p < 0,05), sendo possível observar que a maior ocorrência do BIE foi encontrada no período em que o clima era mais frio e seco.

No presente estudo, a pequena variação de temperatura entre os períodos experimentais pode ter influenciado na menor queda do VEF₁. Quanto à gravidade do BIE, embora seja observado que tanto a temperatura quanto a umidade relativa do ar podem ser fatores influenciadores, neste estudo foi encontrada maior queda do VEF₁ no período seco, quando a umidade relativa do ar foi menor na mesma faixa de temperatura. Além disso, no período chuvoso, a umidade relativa do ar elevada pode ter prevenido maior desidratação das vias

aéreas durante o exercício, visto também ser reconhecido que o ambiente quente e úmido está associado a menor risco de ocorrência da resposta brônquica.⁽⁴⁾

A literatura aponta a criticidade da umidade relativa do ar em detrimento da temperatura sobre o grau de responsividade brônquica,⁽¹⁻⁴⁾ sendo reconhecido que o clima seco pode contribuir com maiores efeitos osmóticos, em resposta a maior desidratação da via aérea após o exercício em indivíduos mais suscetíveis.^(1,2,4) Também nessa condição climática, pode-se detectar maior incidência de BIE em assintomáticos respiratórios,^(1,2) pois, durante a prática do exercício, há redução da capacidade de condicionamento (aquecimento e umidificação) do ar pelo aumento da ventilação.^(3,4)

A influência da temperatura e, especialmente, da umidade relativa do ar é fator bem conhecido na resposta brônquica, uma vez que, durante o exercício intenso, ocorre aumento da ventilação de até 30 vezes os níveis basais, o que impede o condicionamento do ar inspirado do ambiente de forma adequada.^(1,2) O clima da região estudada é classificado como semiárido, quente e seco. Embora tenha sido sugerido que o ar frio e seco é um gatilho para o BIE, Rundell et al.,⁽²⁷⁾ observaram respostas semelhantes em temperatura ambiente e em ar seco e frio, indicando que a secura do ar inalado, e não a temperatura, é o componente que mais contribui para tal resposta.^(1,2,28) Além disso, ambientes quentes e úmidos podem reduzir e praticamente bloquear o BIE.^(29,30)

A ATS^(1,2) recomenda que o teste de broncoprovocação seja realizado em local com temperatura entre 20°C e 25°C e umidade inferior a 50%. Essas diretrizes são importantes para padronizar o exame, mas podem deixar de lado alguma característica individual ou coletiva, que seja melhor observada quando as atividades e brincadeiras do indivíduo sejam avaliadas o mais próximo da realidade possível. Nesse sentido, a atual pesquisa acrescenta conhecimento no que se refere à avaliação em campo aberto e simula as condições de temperatura e umidade às quais os adolescentes estão expostos em suas práticas corriqueiras, além de avaliar os efeitos da função pulmonar pós-exercício sazonalmente, explorando condições de temperatura e umidade bem característicos da região.

A limitação deste estudo é que a comparação da variação da temperatura entre os períodos experimentais limita as possíveis comparações dos nossos achados com outras regiões com condição climática de baixas temperaturas no período chuvoso. Também, sugere-se que estudos futuros incluam a análise de outros fatores relacionados à qualidade do ar (agentes poluentes), visto que também podem exercer influência na ocorrência do BIE.⁽³⁾

CONCLUSÃO

As condições climáticas de temperatura e umidade relativa do ar do período seco influenciaram negativamente no volume expiratório forçado no primeiro segundo em adolescentes. Houve maior percentual de queda do volume expiratório forçado no primeiro segundo após a prática do exercício físico no período seco do clima semiárido. A avaliação em campo aberto possibilitou maior entendimento das características do broncoespasmo induzido por exercício em condições climáticas mais próximas da realidade em jogos e brincadeiras, após teste de broncoprovocação em uma região de clima semiárido.

AGRADECIMENTOS

Bolsa de Iniciação Científica da Universidade de Pernambuco, Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), número 123399/2018-1/800291/2018-2, recebida pela autora Edinely Michely de Alencar Nelo. Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Edinely Michely de Alencar Nelo: contribuiu na concepção e planejamento do projeto, revisão intelectual crítica, coleta dos dados e aprovação da versão final, a ser publicada. Jânio Luiz Correia Júnior: contribuiu na redação e elaboração do artigo, coleta dos dados, revisão intelectual crítica e aprovação da versão final, a ser publicada. Hamilton Felipe Andrade Santos: contribuiu na redação e elaboração do artigo, coleta dos dados, revisão intelectual crítica e aprovação da versão final, a ser publicada. José Pereira de Lima Júnior: contribuiu na redação e elaboração do artigo, coleta dos dados, revisão intelectual crítica e aprovação da versão final, a ser publicada. Jéssica Thayani Santos Brandão: contribuiu na redação e elaboração do artigo, coleta dos dados, revisão intelectual crítica e aprovação da versão final, a ser publicada. José Fernando Vila Nova de Moraes: contribuiu na redação e elaboração do artigo, revisão intelectual crítica e aprovação final, a ser publicada. Marco Aurélio de Valois Correia Júnior: contribuiu na redação e elaboração do artigo, revisão intelectual crítica e aprovação final, a ser publicada. Ricardo de Freitas-Dias: contribuiu na concepção e planejamento do projeto, redação e elaboração do artigo, revisão intelectual crítica, análise, interpretação de dados, aprovação final, a ser publicada e assumiu responsabilidade por todos os aspectos do trabalho, na garantia da exatidão e integridade de qualquer parte da obra.

INFORMAÇÃO DOS AUTORES

Nelo EM: <http://orcid.org/0000-0003-1314-7725>
 Correia Júnior JL: <http://orcid.org/0000-0001-7122-4923>
 Santos HF: <http://orcid.org/0000-0002-6235-3659>
 Lima Júnior JP: <http://orcid.org/0000-0002-3426-1896>
 Brandão JT: <http://orcid.org/0000-0002-6608-7554>
 Moraes JF: <http://orcid.org/0000-0002-7394-7700>
 Correia Júnior MA: <http://orcid.org/0000-0003-0386-5256>
 Freitas-Dias R: <http://orcid.org/0000-0003-4846-9951>

REFERÊNCIAS

- Crapo RO, Casaburi R, Coates AL, Enright PL, Hankinson JL, Irvin CG, et al. Guidelines for methacholine and exercise challenge testing-1999. This official statement of the American Thoracic Society was adopted by the ATS Board of Directors, July 1999. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000;161(1):309-29.
- Parsons JP, Hallstrand TS, Mastrorade JG, Kaminsky DA, Rundell KW, Hull JH, Storms WW, Weiler JM, Cheek FM, Wilson KC, Anderson SD; American Thoracic Society Subcommittee on Exercise-induced Bronchoconstriction. An official American Thoracic Society clinical practice guideline: exercise-induced bronchoconstriction. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013;187(9):1016-27.
- Rundell KW, Anderson SD, Sue-Chu M, Bougault V, Boulet LP. Air quality and temperature effects on exercise-induced bronchoconstriction. *Compr Physiol.* 2015;5(2):579-610.
- Correia Junior MA, Costa EC, Sarinho SW, Rizzo JÂ, Sarinho ES. Exercise-induced bronchospasm in a hot and dry region: study of asthmatic, rhinitis and asymptomatic adolescents. *Expert Rev Respir Med.* 2017;11(12):1013-9.
- Caillaud D, Horo K, Baiz N, Banerjee S, Charpin D, Lavaud F, et al. Exercise-induced bronchospasm related to different phenotypes of rhinitis without asthma in primary schoolchildren: the French Six Cities Study. *Clin Exp Allergy.* 2014;44(6):858-66.
- Caggiano S, Cutrera R, Di Marco A, Turchetta A. Exercise-induced bronchospasm and allergy. *Front Pediatr.* 2017;5:131. Review.
- Eisenstein E. Adolescência: definições, conceitos e critérios. *Adolesc Saude.* 2005;2(2):6-7.
- Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol Earth Syst Sci.* 2007;11:1633-44.
- Tanner JM, Whitehouse RH. Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Arch Dis Child.* 1976;51(3):170-9.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Climatologia de meses e trimestres de maiores e menores temperaturas e pluviosidades médias no período de 1961-2009. Brasília (DF): INMET; 2020 [citado 2018 Nov 26]. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mesTempo>
- Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, De Ridder HJ. International Standards for Anthropometric Assessment. Potchefstroom (ZA): ISAK; 2011. p.137.
- World Health Organization (WHO). Physical status: the use and interpretation of anthropometry: report of a WHO Expert Committee. Geneva: WHO; 1995. [Technical Report Series No. 854] [cited 2018 Nov 26]. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/37003>
- Lean ME, Han TS, Deurenberg P. Predicting body composition by densitometry from simple anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr.* 1996;63(1):4-14.
- Kuczmarski RJ, Ogden CL, Grummer-Strawn LM, Flegal KM, Guo SS, Wei R, et al. CDC growth charts: United States. *Adv Data.* 2000;314(4):1-28.
- Pereira CA. Espirometria. *J Bras Pneumol.* 2002;28(3):1-82.
- Tanaka K, Boddy MN, Chen XB, McGowan CH, Russell P. Threonine-11, phosphorylated by Rad3 and atm in vitro, is required for activation of fission yeast checkpoint kinase Cds1. *Mol Cell Biol.* 2001;21(10):3398-404.
- Burman J, Elenius V, Lukkarinen H, Kuusela T, Mäkelä MJ, Kesti O, et al. Cut-off values to evaluate exercise-induced asthma in eucapnic voluntary hyperventilation test for children. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2020;40(5):343-50.
- Iftikhar IH, Greer M, Jaiteh A. A meta-analysis of diagnostic test agreement between eucapnic voluntary hyperventilation and cardiopulmonary exercise tests for exercise-induced bronchoconstriction. *Lung.* 2019;197(4):483-92.
- de Aguiar KB, Anzolin M, Zhang L. Global prevalence of exercise-induced bronchoconstriction in childhood: a meta-analysis. *Pediatr Pulmonol.* 2018;53(4):412-25.
- Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. United States: Lawrence Erlbaum Assoc. 1988. p. 579.
- Weiler JM, Brannan JD, Randolph CC, Hallstrand TS, Parsons J, Silvers W, et al. Exercise-induced bronchoconstriction update-2016. *J Allergy Clin Immunol.* 2016;138(5):1292-5.e36.
- Akar HH, Tahan F, Gungor HE. The association of forced expiratory volume in one second and forced expiratory flow at 50% of the vital capacity, peak expiratory flow parameters, and blood eosinophil counts in exercise-induced bronchospasm in children with mild asthma. *Asia Pac Allergy.* 2015;5(2):98-102.
- Zavorsky GS, Zimmerman RD, Shendell DG, Goodfellow LT. Acute reduction in spirometry values after prolonged exercise among recreational runners. *Respir Care.* 2019;64(1):26-33.
- Eggleston PA, Rosenthal RR, Anderson SA, Anderton R, Bierman CW, Bleecker ER, et al. Guidelines for the methodology of exercise challenge testing of asthmatics. *J Allergy Clin Immunol.* 1979;64(6 pt 2):642-5.
- Johansson H, Norlander K, Alving K, Hedenström H, Janson C, Malinowski A, et al. Exercise test using dry air in random adolescents: temporal profile and predictors of bronchoconstriction. *Respirology.* 2016;21(2):289-96.
- Park HK, Jung JW, Cho SH, Min KU, Kang HR. What makes a difference in exercise-induced bronchoconstriction: an 8 year retrospective analysis. *PLoS One.* 2014;9(1):e87155.
- Rundell KW, Wilber RL, Szmedra L, Jenkinson DM, Mayers LB, Im J. Exercise-induced asthma screening of elite athletes: field versus laboratory exercise challenge. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(2):309-16.
- Evans TM, Rundell KW, Beck KC, Levine AM, Baumann JM. Cold air inhalation does not affect the severity of EIB after exercise or eucapnic voluntary hyperventilation. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(4):544-9.
- Stensrud T, Berntsen S, Carlsen KH. Humidity influences exercise capacity in subjects with exercise-induced bronchoconstriction (EIB). *Respir Med.* 2006;100(9):1633-41.
- Bolger C, Tufvesson E, Anderson SD, Devreux G, Ayres JG, Bjerner L, et al. Effect of inspired air conditions on exercise-induced bronchoconstriction and urinary CC16 levels in athletes. *J Appl Physiol (1985).* 2011;111(4):1059-65.