

Aplicación de la Prueba de Provocación Bronquial con Ejercicio en niños y adolescentes

Application of the Bronchial Provocation Test with Exercise in children and adolescents

Jonathan Jeziel Ramos Meneses ¹ (jezielramos4@gmail.com) (<https://orcid.org/0009-0005-8164-0396>)

Stalin Javier Caiza Lema ² (sj.caiza@uta.edu.ec) (<https://orcid.org/0000-0003-2393-3885>)

Resumen

El asma es una de las enfermedades crónicas respiratorias más prevalentes en la infancia y adolescencia, caracterizada por inflamación e hiperreactividad bronquial, lo que desencadena broncoconstricción y obstrucciones en las vías aéreas. Esta condición representa un problema de salud pública significativo, dada su incidencia en servicios de emergencia, hospitalizaciones y ausentismo escolar. En Ecuador, estudios previos han revelado una prevalencia de síntomas asmáticos en adolescentes, pero una baja tasa de diagnóstico, lo cual sugiere un posible subdiagnóstico y un control insuficiente de la patología. La broncoconstricción inducida por ejercicio (BIE) es una manifestación común en pacientes con asma no controlada, y puede evaluarse mediante pruebas de provocación, como la PRBE (PRBE). Este estudio busca evaluar la respuesta bronquial a la PRBE en niños y adolescentes ecuatorianos para contribuir a una mejor comprensión del asma en esta población. Este estudio descriptivo observacional no experimental se realizó en 25 estudiantes de 8 a 17 años sin diagnóstico previo de asma. Los participantes fueron sometidos a la PRBE en una banda sin fin. El criterio de positividad se estableció en una caída del VEF1 $\geq 10\%$ solo obtenida por un 4% de los 25 participantes. La baja prevalencia de BIE en esta muestra sugiere que, en niños y adolescentes ecuatorianos sin diagnóstico previo de asma, el ejercicio no induce broncoconstricción significativa descartando la existencia de un subdiagnóstico de asma.

Abstract

¹ Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

² Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

Recepción:18-08-2024 / Revisión:25-08-2024 / Aprobación:12-11-2024 / Publicación: 27-11-2024

Asthma is one of the most prevalent chronic respiratory diseases in childhood and adolescence. It is characterized by inflammation and bronchial hyperreactivity, which trigger bronchoconstriction and airway obstructions. This condition represents a significant public health issue due to its impact on emergency services, hospitalizations, and school absenteeism. In Ecuador, previous studies have revealed a prevalence of asthma symptoms in adolescents but a low rate of diagnosis, suggesting possible underdiagnosis and insufficient control of the condition. Exercise-induced bronchoconstriction (EIB) is a common manifestation in patients with uncontrolled asthma and can be assessed through provocation tests, such as the Exercise-Induced Bronchial Provocation Test (EIBPT). This study aims to evaluate the bronchial response to the EIBPT in Ecuadorian children and adolescents to contribute to a better understanding of asthma in this population. This non-experimental, descriptive, observational study was conducted on 25 students aged 8 to 17 years without a prior asthma diagnosis. Participants underwent the EIBPT on a treadmill. The criterion for a positive result was set at a decrease in VEF1 %, observed in only 4% of the 25 participants. The low prevalence of EIB in this sample suggests that, in Ecuadorian children and adolescents without a prior asthma diagnosis, exercise does not induce significant bronchoconstriction, ruling out the existence of an asthma underdiagnosis.

Palabras clave: Asma, Niños, Hiperreactividad Bronquial, Adolescente, Espirometría

Keywords: Asthma, Children, Bronchial Hyperreactivity, Adolescent, Spirometry

Introducción

El asma es una de las enfermedades crónicas respiratorias más prevalentes durante la infancia y adolescencia caracterizada por inflamación crónica de las vías aéreas por hiperreactividad bronquial lo que desencadena en broncoconstricción. Esta es una enfermedad heterogénea y multifactorial, con causas que varían desde la exposición temprana a factores ambientales detonantes hasta componentes prenatales como el tabaquismo materno, uso de antibióticos durante el embarazo, alimentación materna y el incremento de partos por cesárea (Giubergia et al., 2021). Esto se evidencia a través de síntomas como sibilancias, dificultad para respirar, opresión torácica y tos (Franken Morales et al., 2021; Giubergia et al., 2021). Esta patología representa un problema significativo para la salud pública debido a su alta incidencia en consultas de emergencia, hospitalizaciones y por el marcado

Recepción:18-08-2024 / Revisión:25-08-2024 / Aprobación:12-11-2024 / Publicación: 27-11-2024

ausentismo escolar (Giubergia et al., 2021; Tosca et al., 2021).

A nivel mundial se estima que alrededor de 300 millones de personas padecen asma; sin embargo, este número podría ser mayor debido al subdiagnostico prevalente de esta enfermedad. (Forno et al., 2015; Giubergia et al., 2021) En América Latina, se ha observado una fuerte relación entre el asma y factores como la genética, exposiciones perinatales, hábitos alimenticios, tabaquismo, estrés psicosocial e infecciones por parásitos. (Forno et al., 2015) En Ecuador, el estudio ISAAC Fase III realizado en 2015 reveló que aproximadamente el 10% de los adolescentes entre los 13 y 14 años presentan síntomas asmáticos. (Forno et al., 2015) Sin embargo, un estudio realizado en la ciudad de Quito-Ecuador en el 2019 evidenció que solo el 3,4% de los adolescentes de estas mismas edades tenían un diagnóstico médico de asma. (Cabrera et al., 2021) Esta disparidad sugiere un posible subdiagnóstico de la enfermedad en el país, lo cual implica un control insuficiente de la patología y, potencialmente, un aumento de las complicaciones asociadas. (Atchley & Smith, 2020)

Un mal control de esta patología, como sucede en más del 50% de los casos, puede desencadenar una condición denominada broncoconstricción inducida por ejercicio (BIE) (Giubergia et al., 2021; Singh, 2021), en la que el esfuerzo físico provoca el estrechamiento de las vías respiratorias (VA) causando dificultad para respirar, tos, sibilancias y opresión en el pecho. (Atchley & Smith, 2020) Fisiopatológicamente, el asma puede presentarse a través de tres mecanismos: obstrucción bronquial, inflamación bronquial e hiperreactividad bronquial (HRB).(1) La HRB se manifiesta como un estrechamiento de las VA en respuesta a ciertos estímulos, causando síntomas intermitentes.(Giubergia et al., 2021) Por lo tanto, la presunción diagnóstica del asma puede realizarse de manera directa a través de la espirometría forzada de la cual se toman valores como Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF₁); capacidad vital forzada (CVF) pre y post broncodilatadores; o de forma indirecta mediante pruebas de provocación como la denominada “Reto Bronquial con Ejercicio” (PRBE), la cual permite evaluar si el esfuerzo físico provoca obstrucción bronquial. Se puede realizar esta prueba en pacientes que a pesar de tener valores espirométricos normales en reposo presentan síntomas de obstrucción bronquial y también se la puede realizar en pacientes que presentan síntomas únicamente al hacer ejercicio. (Atchley & Smith, 2020; Esperanza Benítez-Pérez et al., 2016; Singh, 2021). El objetivo de esta investigación es identificar la respuesta bronquial a la Prueba de Reto Bronquial con Ejercicio (PRBE) en niños y adolescentes con el fin de

Recepción:18-08-2024 / Revisión:25-08-2024 / Aprobación:12-11-2024 / Publicación: 27-11-2024

contribuir a una mejor comprensión del verdadero alcance del asma en la población ecuatoriana.

Materiales y métodos

Diseño Metodológico

El estudio se llevó a cabo con un diseño transversal de tipo descriptivo observacional no experimental. Se informó a los representantes legales de los pacientes sobre el estudio, y aquellos que desearon formar parte de este firmaron el formulario de consentimiento. Este estudio cuenta con la aprobación del comité de bioética de la Universidad Técnica de Ambato (191-CEISH-UTA-2024)

Población y muestra

Se seleccionaron pacientes entre 8 y 17 años de una unidad educativa en la ciudad de Ambato – Ecuador. Se excluyó a los pacientes que hayan tenido infecciones virales 2 semanas antes de la evaluación, así como enfermedades que hayan afectado las vías respiratorias durante las últimas 4 semanas previo a la evaluación, también fueron excluidos aquellos que padecían alguna lesión musculoesquelética que le impidiese o dificultase realizar la prueba. Se obtuvo el asentimiento y consentimiento informados por escrito del representante legal y del paciente. El estudio fue socializado a 100 estudiantes (50 hombres y 50 mujeres) de los cuales finalmente 30 asistieron a la evaluación: se retiraron 5 participantes por la falta de colaboración durante la prueba espirométrica.

Protocolo del estudio

Los participantes fueron sometidos a la prueba de reto bronquial con ejercicio (PRBE), la cual se realizó a través de una prueba de esfuerzo físico en una banda sin fin a la que en un tiempo determinado ajustado por un cronometro se modifica la intensidad hasta llegar al 80% de la Frecuencia Cardiaca máxima (FCmax).

Intervención

La evaluación de cada paciente fue de manera individual, se registró la temperatura y humedad relativa ambiental. Los pacientes fueron instruidos para que el día de evaluación usara ropa cómoda que permitiera tanto la evaluación espirométrica como la prueba de esfuerzo. Se inició con una entrevista en donde se tomaron datos personales y constantes vitales en reposo. La FCm a la que el participante debería llegar durante la prueba fue calculada con la formula $FCm = 208 - 0,7 \times \text{edad}$

Recepción:18-08-2024 / Revisión:25-08-2024 / Aprobación:12-11-2024 / Publicación: 27-11-2024

(Weiler et al., 2016). Finalmente, se le explico al paciente y su representante el procedimiento de acuerdo con las indicaciones del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas. (Gochicoa-Rangel et al., 2019)

Espirometría

Una vez comprobado que los participantes no padecían alguna afectación que comprometiera su propia integridad o el estudio se inició la evaluación espirométrica en reposo mediante el espirómetro BTL-08 SPIRO PRO, el cual fue calibrado al inicio del día de evaluación con una jeringa de 3 litros. Se realizaron 2 maniobras aceptables siguiendo las normas de la “American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement.” (Graham et al., 2019)

Prueba de esfuerzo

Después de obtener los datos de la prueba espirométrica en reposo, se aplicó el protocolo PRBE en cinta sin fin. Una vez que el paciente subió a la banda sin fin se registró cada minuto la FC y oximetría. La FC fue monitoreada mediante un oxímetro de pulso para mantenerla cercana al 80% de la FCM. La actividad física duró alrededor de 9 minutos. (Solange Caussade et al., 2019) La velocidad e inclinación se aumentaron de acuerdo con las indicaciones del protocolo. (Gochicoa-Rangel et al., 2019)

Evaluación post ejercicio

Una vez la velocidad de la cinta sin fin llegó a 0, se solicitó al paciente que se siente para realizar nuevamente la prueba de espirometría después de tres minutos. (Gochicoa-Rangel et al., 2019) Después de tomar los datos espirométricos, se aplicó la fórmula $(VEF1 \text{ basal} * VEF1 \text{ post}) / VEF1 \text{ basal}$, para calcular el porcentaje de caída que tuvo el VEF1 basal en comparación con el VEF1 tres minutos después de acabar la prueba. La prueba se consideró positiva si existía una caída de VEF1 de al menos el 10%. (Valencia et al., 2012)

Métodos estadísticos

Se tabularon los datos obtenidos en la prueba espirométrica y la prueba de esfuerzo en el programa Microsoft Excel 365 (Microsoft Corporation, 2024). Los datos se analizaron usando el programa SPSS 26.0 para Windows (IBM Corp, 2019). Para salvaguardar la información personal de los

Recepción:18-08-2024 / Revisión:25-08-2024 / Aprobación:12-11-2024 / Publicación: 27-11-2024

participantes, solo los investigadores tuvieron acceso a los datos personales, los cuales fueron nombrados mediante un código alfanumérico único, garantizando la confidencialidad de los datos.

En primer lugar, se analizó las características sociodemográficas, antropométricas y clínicas de los participantes mediante estadísticas descriptivas, reportando las variables continuas como media y desviación estándar. Para seleccionar las pruebas estadísticas adecuadas, se evaluó la normalidad de las variables cuantitativas (IMC, edad y valores pre y post de parámetros respiratorios y cardiovasculares) mediante las pruebas de normalidad. Para el primer análisis de los datos se ocupó análisis descriptivos de frecuencia para posterior ser analizados con pruebas de corroboración de hipótesis dependiendo la normalidad de los datos a través de Shapiro-Wilk en donde $p > 0,05$ se considera normal.

Resultados

En este estudio participaron un total de 25 niños y adolescentes, distribuidos equitativamente en 12 hombres (48%) y 13 mujeres (52%), con una edad media de 12.32 años (± 2.87). Los participantes mostraron un IMC promedio de 20.52 (± 2.44) y una FCM tolerable al ejercicio de 199.38 (± 2.01). La prueba se realizó bajo condiciones ambientales controladas, con una temperatura promedio de 21.44 °C (± 1.58) y una humedad relativa de 39.78% (± 4.71), para asegurar que estos factores no influyeran en la respuesta bronquial durante el ejercicio. (

Tabla 1) Las variables que cumplieron con la suposición de normalidad fueron analizadas mediante la prueba t de Student para muestras independientes, con un valor de $p < 0.05$ considerado significativo. Esta prueba fue útil para comparar el IMC y la edad entre géneros, dada su idoneidad para detectar diferencias entre dos grupos cuando los datos presentan una distribución normal, con un valor p de 0,381.

Tabla 1. Características Sociodemográficas.

Características	n	Media/%/n/	DE/M	%cambio
Edad (años)		12,32	± 2,868	p > 0,05
Género				p > 0,05
Hombres		48,0	12	
Mujeres	25	52,0	13	
Peso (kg)		45,84	± 12,71	
Talla (cm)		1,48	± 0,12	
IMC (kg/m ²)		20,52	± 2,44	p > 0,05
FCM Alcanzable (lpm)		199,38	± 2,01	
Temperatura ambiental (°C)	21,44	± 1,58		
Humedad Relativa Ambiental (%)	39,78	± 4,71		

IMC = Índice de masa Corporal

FCM = Frecuencia Cardíaca Máxima

p = Valor estadístico

La Tabla 2 muestra la media y desviación estándar de las variables cardiovasculares (saturación, FC y

Recepción:18-08-2024 / Revisión:25-08-2024 / Aprobación:12-11-2024 / Publicación: 27-11-2024

tensión arterial) y respiratorias (datos espirométricos de VEF1 y FVC) antes y después de la intervención.

Tabla 2. Función Cardiovascular y Pulmonar.

Variable	Pre-test		Post-test	
SpO ₂ (%)	93,92	± 0,40	93,16	± 2,48
TAS (mmHg)	108,2	± 15,46	118,64	± 15,89
TAD (mmHg)	68,48	± 13,49	100,88	± 22,78
FC (lpm)	82,24	± 22,76	130	± 22,69
FVC (L)	2,98	± 0,95	3,08	± 0,88
VEF1 (L)	2,73	± 0,85	2,72	± 0,82

SpO₂ = Saturación de oxígeno

TAS = Tensión Arterial Sistólica

TAD = Tensión Arterial Diastólica

FC= Frecuencia Cardiaca

FVC = Capacidad Vital Forzada

VEF1 = Volumen espiratorio forzado en el primer segundo

La media de la caída de VEF1 en la totalidad de los participantes fue de 6.033%, sin cumplir el criterio de positividad en la mayoría de la población (96%). Solo 1 de los 25 participantes (4%) presentó una caída en el VEF1 superior al 10%. Al analizar el porcentaje de caída del VEF1 con la prueba de Friedman, se obtuvo un valor de $p = 0.661$, lo cual indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las mediciones pre y post ejercicio en los parámetros respiratorios

Recepción:18-08-2024 / Revisión:25-08-2024 / Aprobación:12-11-2024 / Publicación: 27-11-2024

evaluados. (Tabla 3) Esto sugiere que la prueba de esfuerzo físico no generó una obstrucción bronquial relevante en los participantes, descartando, en general, la presencia de BIE en esta muestra de estudio y por lo tanto un subdiagnóstico clínico de asma en esta población. La Figura 1; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra el comportamiento de la VEF1 pre y post intervención en todos los participantes.

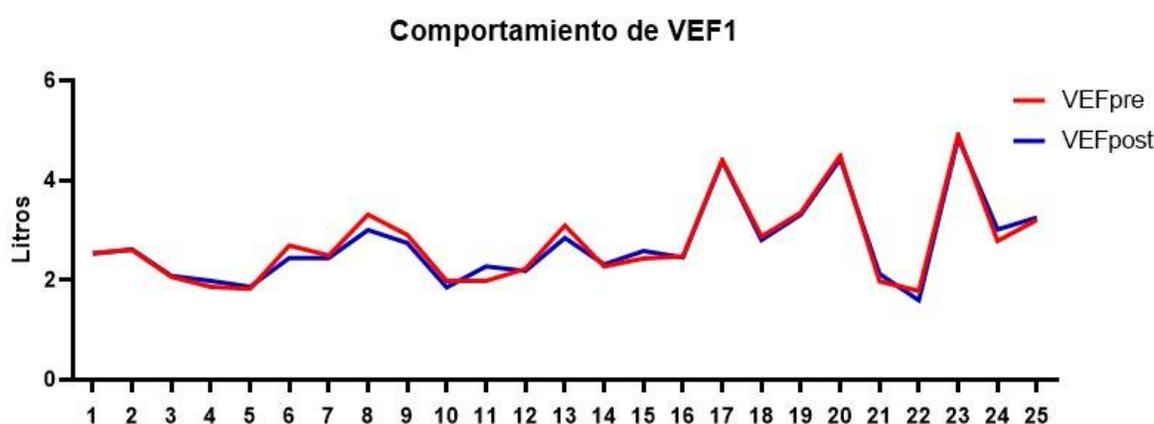
Tabla 3. Resultados de la PRBE.

	N	Casos Negativos	Casos Positivos	% de caída	p-valor
VEF1 Antes de la prueba vs VEF1 Después de la prueba	25	24 (96%)	1 (4%)	6,033	0,661

VEF1 = Volumen espiratorio forzado en el primer segundo

Un valor p mayor a 0,05 revela que no existe una significancia estadística

Figura 1. Comportamiento de VEF1.



Además del análisis de las mediciones pre y post ejercicio, se realizó una prueba adicional para estimar la sensibilidad y especificidad de la PRBE en esta población de estudio. Los resultados

Recepción:18-08-2024 / Revisión:25-08-2024 / Aprobación:12-11-2024 / Publicación: 27-11-2024

indicaron una sensibilidad de 4%, reflejando una limitada capacidad para identificar a los participantes con reactividad bronquial en esta muestra específica. Sin embargo, la especificidad fue alta, alcanzando el 96%, lo que implica que la prueba fue muy efectiva para confirmar la ausencia de broncoconstricción en la mayoría de los participantes que no presentaron cambios significativos en el VEF1. Este alto valor de especificidad es relevante para establecer la eficacia de la prueba en poblaciones sin diagnóstico previo de asma, pues indica que el protocolo es adecuado para descartar BIE en individuos sanos.

Discusión

La subdiagnosis del asma en la población pediátrica es un problema evidenciado en varios estudios los cuales han demostrado un porcentaje significativo de niños con síntomas de asma no reiben un diagnóstico adecuado. Un estudio realizado por Pade et al. se encontró que el 36% de los niños que acudieron a un departamento de emergencias con síntomas respiratorios tenían asma no diagnosticada, y muchos de estos niños experimentaron morbilidad significativa previa relacionada con el asma (Pade et al., 2022). Otro estudio en Vietnam mostró que más del 80% de los niños con síntomas de asma no habían sido diagnosticados formalmente (Le et al., 2023). Además, la subdiagnosis es más prevalente en áreas rurales en comparación con las urbanas, lo que sugiere que factores como el acceso a la atención médica y la disponibilidad de pruebas diagnósticas pueden influir en el reconocimiento del asma (Oluwole et al., 2018). La falta de pruebas objetivas, como la espirometría, también contribuye al subdiagnostico, ya que el diagnóstico a menudo se basa solo en la historia clínica y los síntomas.(Bakirtas, 2017)

El estudio de Mallol et al. en el año 2000 mostró que la prevalencia de síntomas de asma en niños de 13-14 años en América Latina varía considerablemente, con una prevalencia de asma alguna vez diagnosticada que oscila entre el 5.5% y el 28%, y la prevalencia de sibilancias en los últimos 12 meses entre el 6.6% y el 27% (Mallol et al., 2000). Por otro lado, los mismos autores en el año 2010 mostraron una variabilidad en la prevalencia de síntomas de asma en niños de la misma edad en América Latina, encontrando una prevalencia de asma alguna vez diagnosticada que varió del 1.2% al 33.1%, y de sibilancias actuales del 3.9% al 30.8%. (Mallol et al., 2010) Estos datos sugieren que la prevalencia de asma en América Latina es alta y variable, similar a la de regiones desarrolladas. Las

Recepción:18-08-2024 / Revisión:25-08-2024 / Aprobación:12-11-2024 / Publicación: 27-11-2024

interacciones ecológicas locales también podrían ser los principales determinantes de la variabilidad en la prevalencia del asma en la región.

La PRBE es un método confiable para diagnosticar el asma, especialmente en el contexto de la BIE. Las pruebas de ejercicio son indirectas y reflejan la hiperreactividad bronquial causada por la inflamación de las vías respiratorias, lo que las hace más específicas para confirmar el asma subyacente.(Rundell & Slee, 2008) En niños, la prueba de ejercicio tiene una sensibilidad y especificidad moderadas, con un área bajo la curva (AUC) de 0.74, lo que indica una buena capacidad diagnóstica (de Jong et al., 2019) En atletas, la prueba de ejercicio muestra una sensibilidad del 51% y una especificidad del 84%, lo que la hace útil para confirmar el diagnóstico en presencia de síntomas (Reier-Nilsen et al., 2023).

Un descenso significativo en el volumen espiratorio forzado en un segundo es indicativo de EIB. Según las guías, una disminución del VEF1 del 10% o más en comparación con el valor basal en dos puntos de tiempo consecutivos dentro de los 30 minutos posteriores al ejercicio se considera diagnóstica de EIB (Greiwe et al., 2020). Sin embargo, la especificidad de este criterio ha sido cuestionada, y algunos estudios sugieren que un umbral más alto, como una disminución del 13.5% en VEF1, podría mejorar la sensibilidad y especificidad del diagnóstico (Kang et al., 2022).

Al analizar los datos obtenidos en este estudio, solo el 4% de los participantes tuvieron una prueba con resultado positivo, sin embargo, el metaanálisis realizado por Aguiar et al. indica que la prevalencia media de la BIE en la población general de niños y adolescentes es del 9%, con tasas más altas en Asia-Pacífico y América, donde alcanza el 12% (de Aguiar et al., 2018) El bajo índice de positividad en la prueba pudo deberse al tamaño de la muestra. Factores ambientales, como la humedad absoluta, también pueden influir en la incidencia de EIB durante las pruebas de ejercicio, como se observó en un estudio realizado por Tikkakoski et al. que encontró una asociación negativa entre la humedad absoluta y la incidencia de EIB. (Tikkakoski et al., 2024) Además, es importante seguir protocolos estandarizados para evitar resultados falsos negativos, asegurando que la intensidad y duración del ejercicio sean adecuadas.(Grandinetti et al., 2024; Rundell & Slee, 2008)

Sin embargo, se han sugerido métodos indirectos más efectivos que la prueba de desafío bronquial con ejercicio para diagnosticar el asma como las pruebas de provocación indirecta, como la hiperpnea

voluntaria eucápnica (EVH) y el uso de aerosoles osmóticos como el manitol, pueden ser más específicas para detectar EIB, ya que reflejan mejor la hiperreactividad bronquial causada por la inflamación de las vías respiratorias (Price et al., 2015). El estudio de Zaczeniuk et al. demostró que la prueba de desafío con metacolina (MCCT) tiene una mayor sensibilidad (90.9%) y especificidad (82.5%) en comparación con la prueba de ejercicio (ECT), que mostró una sensibilidad del 77.3% y una especificidad del 68.4% (Zaczeniuk et al., 2015). Esto indica que la MCCT es más efectiva para detectar el asma en niños con síntomas post-ejercicio. Por otro lado, la medición del óxido nítrico exhalado (FeNO) también ha mostrado ser una herramienta diagnóstica valiosa. Smith et al. encontraron que FeNO tiene una sensibilidad del 88% y una especificidad del 86%, superando a las pruebas convencionales como la espirometría y las mediciones de flujo máximo (Smith et al., 2004). Además, Berkman et al. compararon FeNO con pruebas de provocación bronquial como el ejercicio, metacolina y adenosina-5'-monofosfato (AMP), y concluyeron que FeNO es tan efectivo como estas pruebas para diagnosticar el asma.(Berkman, 2005)

Conclusiones

Durante este estudio, solo un 4% de los participantes presentó una disminución significativa en el VEF1 después del ejercicio, esto sugiere una baja prevalencia de obstrucción bronquial inducida por ejercicio en la muestra estudiada, compuesta por niños y adolescentes de Ambato, Ecuador. Sin embargo, es importante considerar que el bajo tamaño de muestra podría haber influido en este hallazgo.

A pesar de esto, la PRBE aún es considerada una herramienta útil para evaluar la reactividad bronquial en niños y adolescentes que, a pesar de no contar con un diagnóstico clínico de asma, pueden presentar síntomas de obstrucción bronquial durante el ejercicio. La prueba es particularmente relevante en poblaciones pediátricas con sospecha de asma, ya que ayuda a identificar casos que podrían pasar desapercibidos en evaluaciones espirométricas en reposo.

Estos resultados aportan datos importantes sobre la prevalencia de la reactividad bronquial inducida por el ejercicio en esta población, proporcionando una base para futuras investigaciones sobre el asma y su manejo en niños y adolescentes ecuatorianos.

Referencias

- Atchley, T. J., & Smith, D. M. (2020). Exercise-induced bronchoconstriction in elite or endurance athletes: *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 125(1), 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2020.01.023>
- Bakirtas, A. (2017). Diagnostic challenges of childhood asthma. *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, 23(1), 27–33. <https://doi.org/10.1097/MCP.0000000000000338>
- Berkman, N. (2005). Exhaled nitric oxide in the diagnosis of asthma: comparison with bronchial provocation tests. *Thorax*, 60(5), 383–388. <https://doi.org/10.1136/thx.2004.031104>
- Cabrera, A., Picado, C., Rodriguez, A., & Garcia-Marcos, L. (2021). Asthma, rhinitis and eczema symptoms in Quito, Ecuador: a comparative cross-sectional study 16 years after ISAAC. *BMJ Open Respiratory Research*, 8(1), e001004. <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2021-001004>
- de Aguiar, K. B., Anzolin, M., & Zhang, L. (2018). Global prevalence of exercise-induced bronchoconstriction in childhood: A meta-analysis. *Pediatric Pulmonology*, 53(4), 412–425. <https://doi.org/10.1002/ppul.23951>
- de Jong, C. C. M., Pedersen, E. S. L., Mozun, R., Goutaki, M., Trachsel, D., Barben, J., & Kuehni, C. E. (2019). Diagnosis of asthma in children: the contribution of a detailed history and test results. *European Respiratory Journal*, 54(6), 1901326. <https://doi.org/10.1183/13993003.01326-2019>
- Esperanza Benítez-Pérez, R., Torre-Bouscoulet, L., Villca-Alá, N., Francisco Del-Río-Hidalgo, R., Pérez-Padilla, R., Carlos Vázquez-García, J., Silva-Cerón, M., Cid-Juárez, S., & Gochicoa-Rangel, L. (2016). Espirometría: recomendaciones y procedimiento. En *Revisión Neumol Cir Torax* (Vol. 75, Número 2).
- Forno, E., Gogna, M., Cepeda, A., Yañez, A., Solé, D., Cooper, P., Avila, L., Soto-Quiros, M., Castro-Rodriguez, J. A., & Celedón, J. C. (2015). Asthma in Latin America. *Thorax*, 70(9), 898–905. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2015-207199>
- Franken Morales, S. S., Garcia Orrego, A. M., & Pabón Bonilla, D. (2021). Actualización del asma. *Revista Medica Sinergia*, 6(10), e717. <https://doi.org/10.31434/rms.v6i10.717>

Recepción:18-08-2024 / Revisión:25-08-2024 / Aprobación:12-11-2024 / Publicación: 27-11-2024

- Giubergia, V., Balanzat, A. M., Giubergia, V., Teper, A., Vidaurreta, S., Cipriani, S., & Giugno, H. (2021). Guideline on diagnosis and treatment: bronchial asthma in children ≥ 6 years old. Update 2021. En Archivos Argentinos de Pediatría (Vol. 119, Número 4, pp. S123–S158). Sociedad Argentina de Pediatría. <https://doi.org/10.5546/AAP.2021.S123>
- Gochicoa-Rangel, L., Vázquez-García, J. C., Vargas-Domínguez, C., Velázquez-Uncal, M., Martínez-Andrade, R., Salas-Escamilla, I., Bautista-Bernal, A., Silva-Cerón, M., Mejía-Alfaro, R., & Torre-Bouscoulet, L. (2019). Prueba de reto bronquial con ejercicio. Recomendaciones y procedimiento. NCT Neumología y Cirugía de Tórax, 78(S2), 198–211. <https://doi.org/10.35366/NTS192M>
- Graham, B. L., Steenbruggen, I., Miller, M. R., Barjaktarevic, I. Z., Cooper, B. G., Hall, G. L., Hallstrand, T. S., Kaminsky, D. A., McCarthy, K., McCormack, M. C., Oropez, C. E., Rosenfeld, M., Stanojevic, S., Swanney, M. P., & Thompson, B. R. (2019). Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 200(8), e70–e88. <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>
- Grandinetti, R., Mussi, N., Rossi, A., Zambelli, G., Masetti, M., Giudice, A., Piloni, S., Deolmi, M., Caffarelli, C., Esposito, S., & Fainardi, V. (2024). Exercise-Induced Bronchoconstriction in Children: State of the Art from Diagnosis to Treatment. Journal of Clinical Medicine, 13(15), 4558. <https://doi.org/10.3390/jcm13154558>
- Greiwe, J., Cooke, A., Nanda, A., Epstein, S. Z., Wasan, A. N., Shepard, K. V., Capão-Filipe, M., Nish, A., Rubin, M., Gregory, K. L., Dass, K., Blessing-Moore, J., & Randolph, C. (2020). Work Group Report: Perspectives in Diagnosis and Management of Exercise-Induced Bronchoconstriction in Athletes. The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice, 8(8), 2542–2555. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2020.05.020>
- IBM Corp. (2019). IBM SPSS Statistics for Windows (26.0). IBM Corp.
- Kang, N., Koh, E., Lee, J.-Y., Song, W.-J., Choi, D.-C., & Lee, B.-J. (2022). Cut-off value for exercise-induced bronchoconstriction based on the features of the airway obstruction. PLOS

Recepción:18-08-2024 / Revisión:25-08-2024 / Aprobación:12-11-2024 / Publicación: 27-11-2024

ONE, 17(5), e0268969. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268969>

Le, H. H. T. C., Le An, P., Vinh, N. N., Ware, R. S., Phung, D., Thai, P. K., Ranganathan, S., Dang, T. N., Dung, P. H. T., Thuong, D. T. H., Phung, H., Hien, T. T., & Sly, P. D. (2023). Burden of asthma-like symptoms and a lack of recognition of asthma in Vietnamese children. *Journal of Asthma*, 60(3), 516–524. <https://doi.org/10.1080/02770903.2022.2066002>

Mallol, J., Solé, D., Baeza-Bacab, M., Aguirre-Camposano, V., Soto-Quiros, M., Baena-Cagnani, C., & The Latin American ISAAC Group. (2010). Regional Variation in Asthma Symptom Prevalence in Latin American Children. *Journal of Asthma*, 47(6), 644–650. <https://doi.org/10.3109/02770901003686480>

Mallol, J., Solé, D., Asher, I., Clayton, T., Stein, R., & Soto-Quiroz, M. (2000). Prevalence of asthma symptoms in Latin America: The international study of asthma and allergies in childhood (ISAAC). *Pediatric Pulmonology*, 30(6), 439–444. [https://doi.org/10.1002/1099-0496\(200012\)30:6<439::AID-PPUL1>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/1099-0496(200012)30:6<439::AID-PPUL1>3.0.CO;2-E)

Microsoft Corporation. (2024). Microsoft Excel (365).

Oluwole, O., Rennie, D. C., Senthilselvan, A., Dyck, R., Afanasieva, A., Adamko, D. J., & Lawson, J. A. (2018). Asthma diagnosis among children along an urban-rural gradient. *Journal of Asthma*, 55(11), 1242–1252. <https://doi.org/10.1080/02770903.2017.1407335>

Pade, K. H., Thompson, L. R., Ravandi, B., Chang, T. P., Barry, F., Halterman, J. S., Szilagyi, P. G., & Okelo, S. O. (2022). Children with under-diagnosed asthma presenting to a pediatric emergency department. *Journal of Asthma*, 59(7), 1353–1359. <https://doi.org/10.1080/02770903.2021.1934696>

Price, O. J., Ansley, L., & Hull, J. H. (2015). Diagnosing Exercise-Induced Bronchoconstriction With Eucapnic Voluntary Hyperpnea: Is One Test Enough? *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 3(2), 243–249. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2014.10.012>

Reier-Nilsen, T., Sewry, N., Chenuel, B., Backer, V., Larsson, K., Price, O. J., Pedersen, L., Bougault, V., Schwellnus, M., & Hull, J. H. (2023). Diagnostic approach to lower airway dysfunction in athletes: a systematic review and meta-analysis by a subgroup of the IOC consensus on ‘acute

Recepción:18-08-2024 / Revisión:25-08-2024 / Aprobación:12-11-2024 / Publicación: 27-11-2024

respiratory illness in the athlete'. *British Journal of Sports Medicine*, 57(8), 481–489.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106059>

Rundell, K. W., & Slee, J. B. (2008). Exercise and other indirect challenges to demonstrate asthma or exercise-induced bronchoconstriction in athletes. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 122(2), 238–246. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2008.06.014>

Singh, S. (2021). Bronchial challenge test in patients with a history suggestive of bronchial asthma with normal spirometric studies. *Medical Journal Armed Forces India*, 77(1), 82–85.
<https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2020.05.007>

Smith, A. D., Cowan, J. O., Filsell, S., McLachlan, C., Monti-Sheehan, G., Jackson, P., & Taylor, D. R. (2004). Diagnosing Asthma. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 169(4), 473–478. <https://doi.org/10.1164/rccm.200310-1376OC>

Solange Caussade, D., Marcela Linares, D., Hortensia Barrientos, D., Homero Puppo, K., Nadinne Clerc, D., Viviana Aguirre, D., Rodolfo Meyer, K., Cecilia Alvarez, D., Dolores Pavón, D., Pamela Maturana, K., Daysi Lewinson, D., Ubilla, C., Gustavo Moscoso, K., & Mónica Saavedra, D. (2019). ACTUALIZACIÓN DE LA PRUEBA DE PROVOCACIÓN BRONQUIAL CON EJERCICIO (PPBE) UPDATE OF THE BRONCHIAL PROVOCATION TEST WITH EXERCISE Comisión Función Pulmonar Sociedad Chilena de Neumología Pediátrica.

Tikkakoski, A. P., Reini, M., Sipilä, K., Kivistö, J. E., Karjalainen, J., Kähönen, M., Tikkakoski, A., & Lehtimäki, L. (2024). Association of temperature and absolute humidity with incidence of exercise-induced bronchoconstriction in children. *Acta Paediatrica*, 113(8), 1942–1948.
<https://doi.org/10.1111/apa.17295>

Tosca, M. A., Schiavetti, I., & Ciprandi, G. (2021). Obesity and Asthma: An Intriguing Link in Childhood and Adolescence. *International Archives of Allergy and Immunology*, 182(12), 1222–1225. <https://doi.org/10.1159/000517298>

Valencia, A., Jiménez, J., Díaz, L., & Mazadiego, M. E. (2012). Correlación entre la escala de Borg modificada y la saturación de oxígeno durante la prueba de esfuerzo máxima en pacientes



Recepción:18-08-2024 / Revisión:25-08-2024 / Aprobación:12-11-2024 / Publicación: 27-11-2024

postinfartados. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, 24(1), 5–9.

Weiler, J. M., Brannan, J. D., Randolph, C. C., Hallstrand, T. S., Parsons, J., Silvers, W., Storms, W., Zeiger, J., Bernstein, D. I., Blessing-Moore, J., Greenhawt, M., Khan, D., Lang, D., Nicklas, R. A., Oppenheimer, J., Portnoy, J. M., Schuller, D. E., Tilles, S. A., & Wallace, D. (2016). Exercise-induced bronchoconstriction update—2016. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 138(5), 1292-1295.e36. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2016.05.029>

Zaczeniuk, M., Woicka-Kolejwa, K., Stelmach, W., Podlecka, D., Jerzyńska, J., & Stelmach, I. (2015). Methacholine challenge testing is superior to the exercise challenge for detecting asthma in children. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 115(6), 481–484. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2015.09.022>