

**UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
POSGRADO EN SALUD INTEGRAL Y MOVIMIENTO HUMANO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MOVIMIENTO HUMANO Y CALIDAD DE VIDA**

**METAANÁLISIS SOBRE EL EFECTO DEL
ENTRENAMIENTO DE TIPO AERÓBICO SOBRE LA
FUNCIÓN PULMONAR, SINTOMATOLOGÍA Y CALIDAD
DE VIDA DE NIÑOS CON ASMA**

Daniela Vindas Cascante

**Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador de Tesis de
Posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano con mención en Salud,
para optar por el título de Magister Scientiae**

Campus Presbítero Benjamín Núñez, Heredia, Costa Rica

2022

**METAANÁLISIS SOBRE EL EFECTO DEL ENTRENAMIENTO DE TIPO
AERÓBICO SOBRE LA FUNCIÓN PULMONAR, SINTOMATOLOGÍA Y
CALIDAD DE VIDA DE NIÑOS CON ASMA**

DANIELA VINDAS CASCANTE

Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador de Tesis de Posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano, para optar por el título de Magister Scientiae. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Dr. José Vega Baudrit
Representante del Consejo Central de Posgrado

M.Sc. Luis Blanco Romero
Coordinador de la Maestría en Salud Integral y Movimiento Humano

Dr. Gerardo Araya Vargas
Tutor de tesis

M.Sc. José Alexis Ugalde Ramírez
Miembro del Comité Asesor

M.Sc. Enmanuel Jiménez Castro
Miembro del Comité Asesor

Daniela Vindas Cascante
Sustentante

Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador de Tesis en Posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano con mención en Salud, para optar por el título de Magister Scientae. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica

Resumen

El **objetivo** del estudio fue examinar metaanalíticamente evidencias científicas sobre los efectos del entrenamiento aeróbico en la función pulmonar, sintomatología y calidad de vida de niños y niñas con asma. **Metodología:** se realizó una búsqueda exhaustiva en las bases de datos PubMed, Science Direct, Ebsco y Google Scholar. Se identificó 554 estudios potenciales. Luego de varios filtros se seleccionó 6 estudios para metaanalizar (todos tenían grupo experimental y grupo control). De cada artículo se extrajo la información de media y desviación estándar de la función pulmonar, síntomas y calidad de vida pre y post entrenamiento de cada grupo. Se calculó tamaños de efecto (TE) intra grupos (por aparte, para grupos experimentales y controles) y entre grupos y mediciones (solo para estudios con grupo experimental y de control). Además, se obtuvo estadísticos de homogeneidad (Q e I^2) y sesgo de publicación (regresión de Egger). Cuando fue necesario se realizó pruebas de seguimiento de variables moderadoras categóricas (análisis de varianza análogo) y continuas (regresión de mínimos cuadrados ponderados). Los metaanálisis se realizaron con el modelo de efectos aleatorios, en hojas de cálculo de Excel 2020 para Windows, el programa Jamovi versión 1.8.4.0 y el IBM-SPSS versión 24. Se aplicó la escala TESTEX para evaluar la calidad metodológica de los estudios incluidos. **Resultados:** En general, los quince metaanálisis aplicados (10 involucrando a los grupos experimentales de alguna manera), no evidencian beneficios de las intervenciones de ejercicio con componente aeróbico, en la función pulmonar y los síntomas de niños y niñas con asma. El metaanálisis aplicado a los datos de calidad de vida evidencia beneficios en esta variable, atribuibles a las intervenciones con ejercicio aeróbico aplicadas a población pediátrica. Posterior al seguimiento de variables moderadoras se observaron efectos de las intervenciones de ejercicio que estaban ocultos por la alta heterogeneidad observada en las variables metaanalizadas, donde se demuestra que el volumen exhalado en el primer segundo y la fuerza exhalatoria máxima (FEV1 y PEF) mejoraron en los niños con asma de leve a moderada. La capacidad vital forzada (FVC) no tuvo cambios tras las intervenciones. Y los síntomas también mejoraron en los grupos con asma de moderada a severa. **Conclusión:** las mejoras en las variables analizadas producto del ejercicio físico no son del todo claras, debido a una limitada disposición de la información. **Recomendaciones:** promover estudios con mayor descripción de componentes de prescripción del ejercicio, así como estandarizar los protocolos de ejercicio aeróbico en niños.

Abstract

The **objective** of the study was to meta-analytically examine scientific evidence on the effects of aerobic training on lung function, symptoms and quality of life of children with asthma. **Methodology:** an exhaustive search was carried out in the PubMed, Science Direct, Ebsco and Google Scholar databases. 554 potential studies were identified. After several filters, 6 studies were selected for meta-analysis (all had an experimental group and a control group). Information on the mean and standard deviation of lung function, symptoms and quality of life before and after training of each group was extracted from each article. Effect sizes (TE) were calculated within groups (separately, for experimental groups and controls) and between groups and measurements (only for studies with experimental and control groups). In addition, statistics of homogeneity (Q and I²) and publication bias (Egger's regression) were obtained. When necessary, follow-up tests were performed for categorical moderator variables (analogous analysis of variance) and continuous (weighted least squares regression). The meta-analyzes were carried out with the random effects model, in Excel 2020 spreadsheets for Windows, the Jamovi program version 1.8.4.0 and the IBM-SPSS version 24. The TESTEX scale was applied for descriptive purposes to assess quality methodology of the included studies. **Results:** In general, the fifteen meta-analyzes applied (10 involving the experimental groups in some way) did not show benefits of the exercise interventions with an aerobic component, in the lung function and symptoms of children with asthma. The meta-analysis applied to the quality of life data shows benefits in this variable, attributable to the interventions with aerobic exercise applied to the pediatric population. After the monitoring of moderating variables, effects of the exercise interventions were observed that were hidden by the high heterogeneity observed in the meta-analyzed variables, where it is shown that the exhaled volume in the first second and the maximum exhalation force (FEV1 and PEF) improved in children with mild to moderate asthma. The forced vital capacity (FVC) did not change after the intervention. And symptoms also improved in the moderate to severe asthma groups. **Conclusion:** the improvements in the variables analyzed as a result of physical exercise are not entirely clear, due to a limited availability of the information. **Recommendations:** promote studies with a greater description of prescription components of exercise, as well as standardize aerobic exercise protocols in children.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional por abrirme sus puertas, así como a todos los docentes de la maestría los cuales me brindaron su dedicación, tiempo y conocimiento, para de esta forma concluir con éxito el posgrado.

A mi tutor Gerardo Araya por su dedicación, por acompañarme en el proceso y compartir todo su conocimiento. Un profesional excepcional, siempre dispuesto a ayudarme, le estoy eternamente agradecida.

A mis asesores Alexis Ugalde y Enmanuel Jiménez quienes me aportaron sus conocimientos, su tiempo y dedicación.

A mis compañeros de maestría con los que compartí tantos momentos invaluables y de los cuales recibí múltiples enseñanzas que me ayudan en mi desarrollo profesional. Especialmente a mi incondicional amiga Marta Camacho, quien siempre me apoyó y acompañó.

A Fiorella Brade mi eterna amiga, quien me acompañó cada día y me brindó sus conocimientos para de esta forma concluir el proceso.

DEDICATORIA

A mi mamá, por siempre luchar por suplir todas mis necesidades, por ser un ejemplo de perseverancia, dedicación y excelencia.

A mis abuelos y mi familia quienes siempre me han apoyado, acompañado y han sido un oasis en los momentos de adversidad.

A mi ángel Carlos, quien es mi inspiración para superarme y continuar alcanzando mis sueños. Por siempre confiar en mis capacidades y dejarme la primicia de continuar aumentando mi conocimiento.

Índice

Capítulo I. INTRODUCCIÓN	1
1. Planteamiento y delimitación del problema:	1
2. Justificación	2
3. Objetivos	5
3.1 Objetivo general.....	5
3.2 Objetivos específicos	6
4. Palabras clave	6
Capítulo II. MARCO CONCEPTUAL	8
1.1 Vía Aérea Superior	8
1.1.1 Vías respiratorias y flujo aéreo	8
1.1.2 La Nariz	8
1.1.3 Cavidades nasales	9
1.1.4 Boca.....	10
1.1.5 Faringe.....	10
1.1.6 Laringe.....	10
1.2 Vía Aérea Inferior.....	11
1.2.1 Tráquea	11
1.2.2 Árbol Traqueobronquial	12
1.2.3 Membrana alveolocapilar.....	13
1.2.4 Pleuras.....	14
1.2.5 Pulmones	14
2. Aspectos generales del asma bronquial.....	15
3. Epidemiología del asma	17
4. Fisiopatología del asma	18
5. Etiología del asma	19
5.1. Eosinofílico.....	20
5.2 Neutrofilico	20
5.3 Broncoespasmo inducido por el ejercicio con aparente asma	20
6. Factores de riesgo y factores desencadenantes	21

7.	Diagnóstico del asma	22
7.1	Historia clínica	22
7.2	Pruebas funcionales respiratorias	22
7.2.1	Variables	23
7.2.1.1	Capacidad vital forzada	23
7.2.1.2	Volumen espiratorio forzado en el primer segundo	23
7.2.1.3	Flujo espiratorio forzado	23
7.3	Pruebas complementarias	24
8.	Tratamiento.....	24
8.1	Fármacos	25
8.2	Educación	26
8.3	Medidas preventivas	26
8.4	Actividad física	26
9.	Asma y ejercicio.....	28
9.1	Broncoespasmo inducido por el ejercicio	29
9.1.1	Mecanismos fisiopatológicos del broncoespasmo inducido por ejercicio	31
10.	Beneficios del entrenamiento en asma.....	32
Capítulo III.	METODOLOGÍA	34
1,	Tipo de estudio	34
2.	Fuentes de información	35
3.	Criterios de selección y exclusión.....	36
3.1	Calidad de los estudios.....	36
4.	Proceso de búsqueda.....	39
5.	Sistematización de datos.....	40
6.	Variables a estudiar	41
7.	Análisis estadísticos	43
Capítulo IV.	RESULTADOS	49
Capítulo V.	DISCUSIÓN.....	76
Capítulo VI.	CONCLUSIONES	81
Capítulo VII.	RECOMENDACIONES.....	83
REFERENCIAS.	84

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de los factores de riesgo y desencadenantes del asma	21
Tabla 2. Descripción de los medicamentos más comunes utilizados en el tratamiento del asma y su respectivo mecanismo de acción.....	25
Tabla 3. Criterios tomados en cuenta en el análisis de la calidad de los estudios seleccionados.....	37
Tabla 4. Análisis de criterios TESTEX en los estudios incluidos en el metanálisis	38
Tabla 5. Descripción de las características de los estudios metaanalizados y su metodología de intervención	49
Tabla 6. Resumen del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la función pulmonar, sintomatología y calidad de vida de niños con asma . Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos y TE intra grupos (pre vs post).....	51
Tabla 7. Resumen del análisis de seguimiento a variables moderadoras categóricas del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la función pulmonar, sintomatología y calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos	67
Tabla 8. Resumen del análisis de seguimiento a variables moderadoras categóricas del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la función pulmonar, sintomatología y calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos (pre vs post de datos derivados de grupos experimentales).....	68
Tabla 9. Resumen de regresión de mínimos cuadrados ponderados. Análisis de variables moderadoras continuas del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la función pulmonar, sintomatología y calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos	70
Tabla 10. Resumen de regresión de mínimos cuadrados ponderados. Análisis de variables moderadoras continuas del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la función pulmonar, sintomatología y calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos (pre vs post de datos derivados de grupos experimentales).....	71

Índice de figuras

Figura 1. Flujograma del proceso de selección de artículos	40
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de análisis estadístico para el metaanálisis	44
Figura 3. Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la FEV1 de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos	52
Figura 4. Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la FEV1 de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos	53
Figura 5. Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la FVC de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos	53
Figura 6. Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la FVC de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos	54
Figura 7. Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre PEF de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos	54
Figura 8. Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre PEF de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos	55
Figura 9. Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre los síntomas de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos	55
Figura 10. Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre los síntomas de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos	56
Figura 11. Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos	56
Figura 12. Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos	57

Figura 13. Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FEV1 de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales	57
Figura 14. Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FEV1 de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales	58
Figura 15. Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FVC de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales	58
Figura 16. Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FVC de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales	59
Figura 17. Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre PEF de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales	59
Figura 18. Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre PEF de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales	60
Figura 19. Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre síntomas de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales	60
Figura 20. Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre síntomas de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales	61
Figura 21. Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales	61
Figura 22. Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales	62
Figura 23. Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FEV1 de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles	62

Figura 24. Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FEV1 de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles	63
Figura 25. Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FVC de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles	63
Figura 26. Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FVC de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles	64
Figura 27. Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre PEF de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles	64
Figura 28. Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre PEF de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles	65
Figura 29. Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre síntomas de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles	65
Figura 30. Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre síntomas de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles	66
Figura 31. Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles	66
Figura 32. Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles	67

DESCRIPTORES

Asma, niñez, entrenamiento aeróbico, sintomatología, calidad de vida.

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento y delimitación del problema:

El asma en población infantil se entiende como una enfermedad de inflamación crónica de las vías aéreas que genera episodios en la tráquea y bronquios de tipo hiperactivo, lo cual ocasiona obstrucciones en el flujo aéreo; consecuentemente se dan sibilancias, opresiones en el pecho, tos o dificultades para poder respirar (Sousa et al., 2019).

Durante el 2016, de acuerdo con el Global Burden of Disease Study (Bontsevich, 2020) cerca de 420.000 personas alrededor del mundo se encontraban en situaciones mortales debido a esta enfermedad, y se colocaba en el puesto #23 del conjunto de enfermedades que generan mayor cantidad de muertes prematuras en el mundo.

El tratamiento del asma se realiza abordando la enfermedad de forma preventiva, enfocándose en el control de los síntomas posterior al desarrollo de la enfermedad en la persona, evitando que avance a algún estadio no deseado que tenga implicaciones más graves. Para el caso de los niños y las niñas, según Sousa et al. (2019), el control del asma se realiza principalmente en los síntomas, la terapia de rescate y en una limitación de la actividad.

En el tiempo reciente se ha incursionado en el estudio del ejercicio regular en personas que poseen esta enfermedad. En este sentido la investigación realizada por Jaakkola et al. (2020) muestra que, a nivel general, hay un efecto beneficioso del ejercicio regular en las personas diagnosticadas con esta enfermedad y que debería de ser incluido como un aporte sustancial al abordaje integral del asma.

A pesar de lo anterior, existe aún la creencia de que el ejercicio podría inducir al asma y afectar la salud o el control de los síntomas. Sin embargo, esto no deja de lado las mediciones y la supervisión de esta actividad, ya que cuando el ejercicio se realiza de forma excesiva sí puede generar, de alguna forma, consecuencias negativas. Así también lo colocan Ram et al. (2000), quienes explican que partiendo de su investigación es posible determinar que la capacidad aeróbica suele aumentar, en las personas asmáticas, cuando se incluye entrenamiento físico. Finalmente, es necesario tomar en cuenta que estas personas tienen una respuesta particular a la actividad física regular.

El síndrome del asma se ha convertido en una de las condiciones que más afecta a la niñez no sólo en Latinoamérica sino en el mundo. Ha impactado una cantidad significativa de niños y niñas que forman parte de todo tipo de familias, razas y clases sociales y en ocasiones puede generar efectos muy contraproducentes en la consolidación de una vida saludablemente estable para estas personas, tomando en cuenta que un mal tratamiento o control puede ser incluso mortal.

Entendiendo esta dinámica dentro de la ciencia en la que hay contraposiciones y actualización de la información, es que se propone esta investigación, partiendo de la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los efectos del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la función pulmonar y sintomatología y calidad de vida de los niños y las niñas diagnosticados con asma?

2. Justificación:

El asma se describe como un síndrome, que agrupa varios síntomas causados por factores genéticos que aún no están bien definidos y factores ambientales que originan diferentes afecciones clínicas. Estas conducen a una inflamación de la vía aérea, caracterizada por una hiperreactividad bronquial con obstrucción generalizada y variable, que es generalmente reversible (García y Mora, 2013).

La prevalencia de esta enfermedad, así como su mortalidad van en aumento en las últimas décadas por causas desconocidas a nivel mundial, esta patología reporta a cada año un promedio de 250 mil muertes en el mundo, a pesar del avance en el tratamiento con fármacos broncodilatadores y esteroides inhalados. El costo económico en los sistemas de salud debido a esta enfermedad es considerable y varía mucho en cada país entre \$300 a \$1300 USD por paciente, por esta razón el asma bronquial es considerada una de las enfermedades crónicas que afectan la economía de las familias y del país (Jassal, 2015).

Por este motivo, los pacientes asmáticos que se encuentran en edad escolar de países desarrollados han sido extensamente evaluados en las dos últimas décadas, esto se logra constatar a través de The International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC), (Pazitková et al. 2015). Los estudios incluidos en este documento describen un aumento mundial en el diagnóstico de dicha patología, aunque el incremento es distinto en las diferentes partes del mundo. En el caso de América Latina los valores observados fueron de 0,14% por año entre los adolescentes y de 0,21% para los de menor edad (Neffen et al., 2012).

El asma es un tipo de enfermedad crónica de las más frecuentes en la infancia y la principal causa de ingresos hospitalarios, debido a los frecuentes episodios de descompensación Aguirre et al. (2010). Asimismo, limita la calidad de vida de un alto número de niños y sus familias, lo cual llega a representar una enorme carga para la familia, la sociedad y las autoridades sanitarias (García y Mora, 2013).

Por otro lado, pese a que los organismos de salud pública y escolares generalmente promueven la actividad física dentro de sus programas educativos, estos no logran tener un éxito rotundo. Incluso se ha determinado una relación muy estrecha entre la obesidad y la sintomatología de asma. Además, estos niños encuentran algunas barreras para el ejercicio regular y tienden a disminuir su participación Cruz et al. (2012) lo cual puede provocar una limitación en el desarrollo normal de actividades propias de estas edades (Núñez y Mackenney, 2015).

Desde la década de los 60 se consideraba el ejercicio físico dentro del tratamiento integral del paciente asmático, con el fin de mejorar la capacidad aeróbica, la coordinación neuromuscular y la autoestima en esta población (Núñez y Mackenney, 2015). De este modo, se busca mejorar la función y respuesta inmunológica que reduce los síntomas del asma y aumenta la función pulmonar (González y Álvarez, 2011).

La severidad de la enfermedad va a determinar las actividades físicas que los pacientes pueden realizar, además del impacto que genera en el aspecto psicológico. En este sentido, los niños tienden hacia una menor aceptación del trabajo físico, estas limitaciones son demostradas en muchos estudios y concluyen sus autores, que disminuye la calidad de vida sufriendo un deterioro significativo y aumentando incluso la necesidad de hospitalización (Morales et al., 2017).

La alteración que ocurre en la mecánica respiratoria debido a la obstrucción de flujo aéreo es considerable, además se suman las consecuencias del sedentarismo, lo que genera un efecto negativo relacionado con la masa corporal y consecuentemente se reduce el volumen de reserva espiratorio, debido a que el diafragma se encuentra presionado con el contenido abdominal, lo que genera desequilibrios en la ventilación-perfusión Barranco et al. (2012). La evidencia científica ha demostrado que la práctica regular de deporte provoca mejoras en el consumo de oxígeno, la fatiga, la frecuencia cardíaca y en el patrón ventilatorio Cano et al. (2010). Por tanto, se puede incluir como parte de los programas de rehabilitación respiratoria el ejercicio físico.

Pese a esta información, no se encuentra evidencia sólida o concluyente sobre las mejoras en las respuestas respiratorias a través de estudios metaanalíticos. Solo existen estudios experimentales que aplican entrenamiento de tipo aeróbico en niños y que analizan las variables respiratorias, pero con algunas discrepancias en los resultados obtenidos.

Por tanto, este estudio contribuye a la investigación científica de dos maneras principales que se explican a continuación. La primera tiene que ver con el acervo científico ya que esta investigación propone el análisis de las variables respiratorias por medio de metaanálisis, lo cual no había sido utilizado anteriormente. La construcción de investigaciones sobre este tema se ha hecho bajo el análisis sistemático, y no “meta”, lo cual aporta también a la novedad y necesidad de desarrollar un estudio como el presente.

Y la segunda, a nivel más práctico, ya que esta forma de análisis puede representar una nueva técnica para el manejo de esta enfermedad crónica, por ejemplo, la reducción en la asistencia de fármacos como principal forma de abordar la enfermedad, ya que se propone el ejercicio como una solución eficaz en este mismo tratamiento. Por ende, una mayor participación de niños y niñas en espacios de actividad física, lo cual aporta a otros aspectos de la salud también relevantes en sus procesos de crecimiento y mejora de la calidad de vida.

Finalmente, no es posible dejar de lado que los hallazgos de esta investigación permite a los sistemas de salud elaborar estrategias dentro de los esquemas de la enfermedad, en los que se incluya el ejercicio, y esto tenga un efecto significativo en los costos al sistema de salud ya que se logran disminuir las exacerbaciones de los síntomas del asma y el empeoramiento de los pacientes.

El desarrollo de esta investigación representa una adición bastante significativa a la producción científica que se ha dado dentro de la Maestría en Salud Integral y Movimiento Humano, lo cual también supone un aporte a la comunidad científica que conforma esta área de la salud.

3. Objetivos:

3.1 Objetivo general

Metaanalizar las investigaciones realizadas sobre el efecto que genera el ejercicio de tipo aeróbico en los niños y las niñas diagnosticados con asma.

3.2 Objetivos específicos

- a) Estudiar los efectos del ejercicio aeróbico sobre la función pulmonar de los niños y niñas diagnosticados con asma.
- b) Analizar los efectos del ejercicio aeróbico sobre la sintomatología de la enfermedad.
- c) Examinar la mejora en la calidad de vida de los niños y niñas asmáticos a partir del ejercicio aeróbico.

4. Conceptos clave

Asma

El asma es una enfermedad heterogénea, generalmente caracterizada por una inflamación crónica de las vías respiratorias. Se define por la historia de síntomas respiratorios como sibilancias, disnea, opresión torácica y tos que varían con el tiempo y en intensidad, junto con una limitación variable del flujo de aire espiratorio (GINA, 2021).

Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1)

El volumen de aire que puede ser expulsado de los pulmones en el primer segundo de una espiración forzada (SEPAR, 2013).

Capacidad vital forzada (FVC)

El mayor volumen de aire que puede ser expulsado de los pulmones en una maniobra forzada (SEPAR, 2013).

Flujo espiratorio máximo (PEF)

Es el máximo flujo espiratorio obtenido desde una espiración forzada, partiendo de una inspiración profunda (SEPAR, 2013).

Ejercicio Aeróbico

Tipo de actividad física en la que las reacciones para la producción de energía tienen lugar con la ayuda de oxígeno. (Wilmore y Costill, 2007).

Broncoespasmo inducido por el ejercicio

Es un estrechamiento de las vías respiratorias que están en los pulmones debido a la actividad física intensa. Causa falta de aire, silbido del pecho, tos y otros síntomas durante el ejercicio o después de este (Craig y Dispenza, 2013) .

Capítulo II MARCO CONCEPTUAL

1. Anatomía de la vía aérea

El pulmón es el órgano encargado del intercambio de gases, su principal función permite que el oxígeno se desplace desde el aire del ambiente a la sangre venosa y que el dióxido de carbono haga el camino opuesto. Además, tiene la función de metabolizar algunos compuestos, filtrar materiales no deseados de la circulación y servir como reservorio de sangre (West y Luks, 2016). Siendo la función indispensable el intercambio gaseoso.

1.1 Vía Aérea Superior

1.1.1 Vías respiratorias y flujo aéreo

Las vías respiratorias consisten en una serie de tubos ramificados que se vuelven conforme se profundizan en el pulmón, más numerosos, cortos y estrechos. La tráquea se divide en bronquios principales derecho e izquierdo, los cuales a su vez se dividen en bronquios lobulares y luego en bronquios segmentarios; el proceso continúa hasta los bronquiolos terminales, que son las vías más pequeñas sin presencia de alveolos (West y Luks, 2016).

Desde el punto de vista morfológico en este tracto superior se encuentran la nariz y la faringe y se acepta una división que incluye la tráquea y la laringe (Ferrer et al., 2017, p.12).

1.1.2 La nariz

La nariz es una prominencia piramidal que cubre la posición anterior de la cavidad nasal en la línea media de la cara, dentro de sus principales funciones se encuentran: (1) humidificar y aumentar la temperatura del aire y (2) en el tercio superior alojar receptores olfatorios y servir como caja de resonancia para la voz (p.12).

Durante la respiración las partículas y bacterias que se aspiran son atrapadas por el moco que recubre la vía aérea y cuando existe un exceso de moco este es deglutido. Anatómicamente la nariz y la cavidad nasal forman una bóveda que tiene una parte cartilaginosa y una parte ósea, estas se dividen por el cartílago, la porción ósea del puente nasal corresponde al proceso frontal del maxilar y los huesos nasales (p.12).

La otra porción esta compuesta por cartílagos laterales y cartílagos alares, los últimos forman las narinas y evitan el colapso de las paredes de la nariz en cada respiración. El puente nasal es soportado por un cartílago en el tabique, el cual está formado en la parte de arriba por lamina descendente del etmoides y en la parte baja por el vómer. El ingreso a la nariz se hace por las narinas, a la parte inicial se le llama vestíbulo (tiene piel y vellos) (p.12).

1.1.3 Cavidades nasales

El ingreso esta estructura se da por medio de las narinas en la parte inferior de la nariz, y se sale hacia la rinofaringe por las coanas (orificios posteriores). En la parte más alta, de forma ascendente y hacia atrás, se encuentra la lámina cribiforme del etmoides, por donde pasan las láminas del nervio olfatorio; la parte medial de cada cavidad nasal es lisa y se encuentra separada por el tabique. Lateralmente las paredes son irregulares por la presencia de varios accidentes anatómicos que corresponden a los huesos etmoides, maxilar y partes de los huesos lacrimal, esfenoides y palatino (p.13).

Los cornetes sobresalen al interior de la cavidad nasal, curvados hacia abajo, con la función de aumentar la superficie mucosa para calentar el aire, pero pueden bloquear parcialmente la cavidad nasal si se hipertrofian (p.13).

1.1.4 Boca

Se encuentra separada de la nariz por los huesos que forman el paladar, se divide en vestíbulo y cavidad oral, y el límite entre estos dos es la línea marcada por los dientes y encías. El segmento en el que se encuentra la lengua está cubierto de papilas gustativas que captan los sabores, los músculos intrínsecos de la lengua le dan forma y no tienen fijación ósea; los extrínsecos mueven la lengua como una unidad y cambian su posición. El músculo geniogloso lleva la lengua hacia adelante y hacia el piso de la boca, si este se viera paralizado genera una obstrucción de la vía aérea en la parte posterior (p.13-14).

1.1.5 Faringe

Es un tubo fibromuscular que se fija en la base del cráneo y desde allí se dirige en forma vertical hacia abajo, termina aproximadamente en la sexta vértebra cervical. Esta estructura comparte la vía aérea alta y el tracto digestivo en coordinación perfecta de los músculos de la masticación que permiten el paso del aire, el bolo alimenticio y la saliva, lo cual evita la broncoaspiración en condiciones normales (p.14). La capa muscular de esta estructura está formada por 3 pares de músculos: constrictor superior de la faringe, el constrictor medio y el constrictor inferior (p.14).

1.1.6 Laringe

Es un tubo de esqueleto cartilaginoso que inicia la vía aérea independiente del tracto digestivo, está sostenida por el hueso hioides, tiene forma de "U" abierta hacia atrás. Posee tres cartílagos pares y tres impares que permiten darle soporte a la estructura y que esta no se colapse, lo cual facilita la entrada y salida del aire y además impide el paso de saliva y alimentos hacia la vía aérea. Su principal función es la fonación (p.15).

Los cartílagos impares son mayores, el superior es la epiglotis el cual durante la deglución impide la entrada de alimentos o saliva. El segundo es el cartílago tiroideos, que posee dos láminas verticales que impiden su cierre en la parte superior. Por

último, el cartílago cricoides, conocido clásicamente como anillo de sello. Los cartílagos pares están por encima del aritenoides y son corniculados (mediales) y cuneiformes (laterales) (p.15).

La laringe posee músculos intrínsecos que mueven los cartílagos, esto hace que las cuerdas vocales se separen entre sí para permitir la fonación o también el cierre total de la vía aérea. La valoración de dicha estructura y de la glotis es fundamental para el éxito de la intubación, esto por el riesgo existente de generar lesión de los nervios que provoquen consecuentemente parálisis de las cuerdas vocales, comúnmente puede suceder en una intubación traumática o prolongada, también es importante la valoración de los cartílagos aritenoides ya que pueden ser luxados durante una intubación difícil, lo cual es más frecuente al utilizar un laringoscopio con hoja recta (p.16).

1.2 Vía Aérea Inferior

1.2.1 Tráquea

Es un tubo flexible, fibroelástico y móvil que se localiza en la parte media del cuello, en él se encuentran incluidos los cartílagos hialinos incompletos o anillos con forma de "C", quienes tienen la función de mantener la luz de la tráquea permeable, esta parte abierta de los anillos se encuentra recubierta por músculo liso (p.16).

El diámetro aproximado en una persona adulta es de 2,5cm y 13cm de largo, mientras que en lactante el diámetro es similar al de un lápiz. Recorre desde la parte inferior del cartílago cricoides y hacia el tórax, terminando a nivel del esternón donde se divide en los bronquios principales izquierdo y derecho, en un punto de bifurcación conocido como la "carina". Esta estructura tiene la función de transportar aire desde y hacia los pulmones, además ayuda a expulsar el moco cargado de desechos a través de la boca (p.16).

1.2.2 Árbol traqueobronquial

Está formado por la vía aérea sublaríngea, la cual se sostiene por medio de los anillos del cartílago hialino o en forma de "C", desde su inicio en la laringe. El tronco está formado por la tráquea, ubicado dentro del mediastino superior y se bifurca en la "carina", dando origen a dos bronquios principales, estos entran a los pedículos pulmonares e ingresan a cada pulmón (p.17).

El bronquio principal derecho tiene una longitud de 2,5cm y es más ancho y corto que el izquierdo, da origen al bronquio lobar superior, posteriormente se divide en bronquio lobar medio y uno inferior. El bronquio principal izquierdo mide alrededor de 5cm de largo, es estrecho, largo y más horizontal que el derecho. Inicia su trayectoria por debajo del arco aórtico, frente al esófago y la aorta torácica, hasta atravesar el hilio del pulmón izquierdo donde se parte en bronquio lobar superior e inferior (p.17).

Los bronquios lobulares alimentan a un lóbulo del pulmón cada uno, dan lugar a los bronquios segmentarios quienes abastecen a los segmentos broncopulmonares. Tienen forma piramidal y regular, son las unidades anatómicas y funcionales más pequeñas de los pulmones (p.17).

De un bronquio segmentario se acompaña una rama terciaria de la arteria pulmonar y se drena a través de las venas pulmonares y además cada segmento tiene drenaje linfático e inervación propia. Existen 20 segmentos broncopulmonares, diez en el pulmón derecho y diez en el pulmón izquierdo, cuando los bronquios segmentarios se dividen, pueden dar pasos a 20-25 generaciones de ramificaciones, cada vez más pequeñas y escasas. Esto da lugar a los bronquiolos, quienes tienen un diámetro aproximado de 1mm y se denominan de conducción (p.17).

También se dividen y dan origen a los bronquiolos terminales, los cuales a su vez se separan formando los bronquiolos respiratorios, que al mismo tiempo se

ramifican y originan de 2 a 11 conductos alveolares que llegan a los conductos tubulares, los cuales presentan múltiples evaginaciones formando entre 5 y 6 sacos alveolares. Cada saco está compuesto por varios alveolos rodeados de una red amplia de vasos capilares, lo cual permite el intercambio gaseoso entre la sangre y el aire. Siendo los alveolos la unidad básica de intercambio de gases en el pulmón (p.17-18).

1.2.3 Membrana alveolocapilar

El dióxido de carbono y el oxígeno se desplazan entre el aire y la sangre por difusión simple, es decir, desde una zona con mayor concentración o presión parcial elevada, a una zona de menor concentración o presión parcial baja, similar al movimiento del agua en una pendiente. La ley de Difusión de Fick explica que "la cantidad de gas que se desplaza a través de una lámina de tejido es proporcional al área de la misma pero inversamente proporcional a su grosor." (West y Luks, 2016).

West y Luks explican que la membrana resulta muy adecuada para la función de intercambio de gases ya que es extremadamente fina, oscila entre 50m² y 100m². Debido a que el interior de la cavidad torácica es un espacio limitado, los pequeños vasos sanguíneos (capilares) envuelven un enorme número de pequeños sacos aéreos denominados alveolos; existen aproximadamente 500 millones de alveolos en el pulmón humano y cada uno mide alrededor de 1/3mm de diámetro. Si estos fueran de forma esférica abarcarían una superficie total de 85 m² (p.2).

El pulmón proporciona esta gran área de difusión por estar dividido en innumerables unidades que hacen que el aire llegue a cada uno de los lados de la membrana alveolo capilar transportados por las vías respiratorias, y la sangre llegue al otro lado a través de los vasos sanguíneos (p.2).

1.2.4 Pleuras

Se encuentran una a cada lado del mediastino, que rodea los pulmones, inician sobre la primera costilla y hasta el borde costal inferior. La pleura se divide en dos membranas denominadas según su localización: la pleura parietal y visceral. La primera está asociada con la pared torácica, la superficie torácica del diafragma y los laterales del mediastino. La segunda se adhiere y cubre el pulmón, dándole superficie lisa y brillante. La pleura parietal es más gruesa que la visceral, y estas dos estructuras existen en un espacio denominado cavidad pleural. La cavidad pleural contiene una capa delgada de líquido ceroso, el cual tiene la función de lubricar las pleuras para que puedan deslizarse entre ellas en cada respiración, y también permite que la superficie del pulmón se mantenga en contacto con la pared torácica (Ferrer et al., 2017).

1.2.5 Pulmones

Son los órganos respiratorios ubicados a ambos lados de la cavidad pleural torácica, se encuentran rodeados por la pleura visceral y ocupan la mayor cantidad del espacio de la cavidad torácica. El derecho es más grande que el izquierdo, esto por la posición del corazón; cada pulmón tiene un vértice, dos caras y tres bordes. Estos órganos son ligeros, blandos y esponjosos (p.19).

El pulmón derecho posee tres lóbulos (superior, medio e inferior) y se divide por fisura oblicua derecha y horizontal. El pulmón izquierdo tiene dos lóbulos (superior e inferior) y se divide por una fisura única oblicua izquierda, presenta una incisura profunda en la cara medial formada por el corazón (p.19).

Las caras inferiores de ambos pulmones se apoyan sobre el diafragma, la concavidad del pulmón derecho en la parte inferior es más profunda debido a que en ese lado la cúpula diafragmática es más alta por la posición del hígado (p.19).

2. Aspectos generales del asma bronquial

El asma es una enfermedad respiratoria crónica que se caracteriza por la inflamación e hiperrespuesta de la vía aérea generando broncoconstricción, dicha patología es heterogénea y genera una hinchazón crónica de las vías respiratorias que limita el flujo de aire espiratorio, esta se define por la historia clínica de síntomas respiratorios tales como: disnea, sibilancias, tos y opresión del tórax; las cuales pueden variar en tiempo e intensidad (GINA, 2021 y Moore et al., 2016).

Dicha inflamación de las vías aéreas genera una alteración en la geometría y propiedades biomecánicas del parénquima pulmonar, generando adicionalmente producción excesiva de moco aumentando la obstrucción y disminución del lumen del tracto respiratorio, lo cual genera episodios recurrentes de los síntomas antes mencionados sobre todo en las primeras horas de la mañana y horas de la noche (Sousa et al., 2020).

Esta patología afecta al 1-18% de la población en diferentes países y normalmente se desencadena por exposición a alérgenos o sustancias irritantes, ejercicio, clima o infecciones del sistema respiratorio. Comúnmente la respuesta hiperreactiva suele resolverse con medicación y en algunas personas puede no manifestar síntomas a lo largo de meses e incluso años (GINA, 2021).

Sin embargo, cuando se presenta una exacerbación de los síntomas es necesario el tratamiento inmediato de estos ya que podría ser potencialmente mortal y generar una carga significativa para el sistema de salud. Esto es importante para evitar tratamientos innecesarios o excesivos y a la vez evitar abordajes inapropiados de comorbilidades diferentes, que pueden tener una presentación clínica similar al asma (GINA, 2021).

Diversos estudios internacionales han demostrado que el asma es una enfermedad infra diagnosticada; en España, por ejemplo, se ha estimado que un 52% de los casos no han sido diagnosticados y un 26% de los que presentan síntomas

frecuentes no siguen ningún tratamiento (Gutiérrez et al., 2009). Afecta aproximadamente 300 millones de personas en todo el mundo y 25 millones de personas entre 8 y 10 % en Estados Unidos. Aproximadamente 7 millones de niños presentan asma severa en América teniendo la más alta prevalencia alrededor de 17 % (Moore et al., 2016).

El asma en el niño presenta síntomas más severos debido al componente fisiológico de las vías aéreas, presentando un calibre más pequeño que el del adulto y de esta forma generar menos tolerancia a la hiperactividad característica. La mayoría de los niños que tienen episodios repetitivos desaparecerá entre los 3 y 6 años, pero en algunos otros persistirán hasta los 10 a 11 años e inclusive desarrollarán los mismos síntomas en la edad adulta (Muñoz, 2019, p.363).

Los síntomas más comunes incluyen: tos, sibilancias, exceso de producción de secreciones, dificultad para respirar y opresión en el pecho. Los síntomas regularmente empeoran durante la noche y también se relacionan con el alérgeno inespecífico que lo desencadena, por ejemplo, la contaminación del aire o con la sensación del aire frío o seco. En otras ocasiones los síntomas se inician con el ejercicio a esta se le conoce como broncoespasmo inducido por el ejercicio (BIE) típicamente ocurre después de 6 minutos de iniciar la actividad (Moore et al., 2016)

Las personas con asma no controlada tienen más riesgo de sufrir exacerbaciones que aumenten la necesidad de hospitalización e inclusive poner en riesgo su vida. Sin embargo, cuando la persona asmática tiene un apropiado control de la enfermedad puede realizar ejercicios con normalidad y disfrutar de todos los beneficios de la actividad física, incluso a nivel competitivo y de élite (p.185).

3. Epidemiología del asma

El asma es un síndrome complejo que afecta aproximadamente a 300 millones de personas en el mundo, en Latinoamérica la media de la prevalencia se estima en 17% con fluctuaciones entre los países que van de 5 % en algunas ciudades de México a 30% en Costa Rica. La alta prevalencia en países como Brasil y Costa Rica lleva a una gran carga socioeconómica para los sistemas de salud y la sociedad, por lo que se entiende que en algunos escenarios el asma se considera un problema de salud pública (Ocampo et al., 2017).

Anualmente se reportan más de 300 mil muertes por asma en USA, a pesar de que no existe una cura para enfermedad se puede controlar con medicación diaria, sin embargo, entre el 5 y 10% de las personas en USA tienen asma alérgica la cual no responde de manera adecuada al tratamiento convencional. Estos individuos tienen alto riesgo de padecer exacerbaciones severas que los lleven a la muerte (Moore et al., 2016).

En el caso de la población infantil solo en Estados Unidos se referencian 6,2 millones de niños menores de 18 años diagnosticados, entre los 5 y 14 años se encuentran los que sufren más afectación lo cual genera costos en dicho país alrededor de 14 mil millones de dólares/año, distribuidos en cuidados hospitalarios, servicios médicos, costos de medicamentos. Así como 10,5 millones de días escolares perdidos debido al asma (Ocampo et al., 2017).

Además, reduce la calidad de vida de los niños y provoca altos gastos sociales y sanitarios. Por otra parte, los niños asmáticos presentan un ausentismo escolar tres veces mayor que los niños sin enfermedad, el costo anual medio calculado en Europa para esta población es de 532 millones de euros (60% de costos directos sanitarios y 40% indirectos) (Figuerola et al., 2012, p.41).

También se demostró que la prevalencia del asma en los niños es mayor en las poblaciones minoritarias y de bajos ingresos, que residen en ciudades urbanas; esto

asociado a la exposición de contaminantes ambientales como el humo de los vehículos, cigarrillos, entre otras sustancias irritantes (García et al., 2001, p.401).

4. Fisiopatología del asma

En el asma la alteración funcional básica es la obstrucción del flujo aéreo, la cual se origina por la disminución del calibre de la vía aérea, especialmente durante la exhalación. Dicha obstrucción suele ser episódica (crisis o exacerbación) y parcial o completamente reversible de forma espontánea o con tratamiento.

Jayasinghe, Kopsaftis y Carson (2015) explican que:

El asma tiene una fisiopatología compleja y una serie de mecanismos subyacentes. Los investigadores han identificado la necesidad de actualizar la definición de asma, que es principalmente una colección de síntomas respiratorios no específicos que también pueden atribuirse a otras patologías. Durante un ataque de asma los músculos del pecho se tensan y las vías respiratorias se hinchan y se inflaman. Esta inflamación causa una acumulación de mucosa pegajosa en los pulmones y causa un mayor estrechamiento de las vías respiratorias causando dificultad para respirar y la aparición de otros síntomas de asma. (p.2)

La obstrucción puede ocurrir en cualquier nivel del árbol traqueobronquial, sin embargo, la vía aérea periférica (menor a 2 mm de diámetro en un adulto) parece ser el principal sitio de obstrucción, en los pacientes con asma grave la obstrucción puede estar presente de forma continua. A partir de esta alteración pueden ocurrir otras alteraciones funcionales, como aumento del trabajo respiratorio, alteración de la mecánica pulmonar y de los volúmenes pulmonares, desequilibrio de la relación ventilación/perfusión y compromiso del intercambio de gases.

La vía aérea puede obstruirse por uno o varios de los siguientes componentes:

- Contracción del músculo liso, denominado broncoespasmo.
- Aumento de la secreción mucosa que suele ser muy adherente y en casos de asma grave puede ocasionar taponamiento de la vía aérea.
- Engrosamiento de la pared traqueobronquial por inflamación o remodelación, la cual se origina generalmente por respuesta eosinofílica, aunque participan también células T, neutrófilos, células cebadas, etc. En casos de asma casi fatal, de inicio súbito, la infiltración suele ser de predominio neutrofílico (Jayasinghe et al., 2015).

La remodelación incluye hipertrofia e hiperplasia del músculo liso, hiperplasia de glándulas submucosas, neovascularización y fibrosis subepitelial. La contribución de cada uno de estos elementos puede variar de acuerdo con el factor desencadenante de exacerbación y a la gravedad subyacente del asma. La obstrucción de la vía aérea, aunque generalizada, puede no ser uniforme en todas las áreas del pulmón. Si persiste la circulación pulmonar en zonas poco ventiladas puede presentarse desequilibrio de la relación ventilación/perfusión, lo cual originaría hipoxemia y, en casos graves, retención de dióxido de carbono favorecida por la fatiga muscular que conduce a hipoventilación. La obstrucción de la vía aérea se puede detectar con diferentes pruebas de función respiratoria. Las más empleadas son las que evalúan el flujo aéreo durante una espiración forzada en alguno de sus diversos indicadores (Durán, 2015, p.227).

5. Etiología del asma

Para introducir este episodio es necesario distinguir los siguientes conceptos; fenotipo que se define como “una característica observable sin relación directa con el proceso, incluyendo la fisiología, desencadenantes y parámetros inflamatorios”, y el endotipo como “entidades distintas de la enfermedad que pueden estar presentes en grupos de fenotipos, pero cada una definida por un mecanismo biológico específico” (Muñoz, 2019, p.363).

Se han identificado varios fenotipos clínicos de asma. Algunos de los más comunes son:

5.1 Eosinofílico

La prevalencia de este fenotipo es del 50% y el mecanismo fisiopatológico es que se activan las citoquinas de las células tipo 2 (interleucinas 4, 5 y 13), estas inducen a la vía respiratoria a eosinofilia, generando el engrosamiento de las membranas del árbol bronquial (Moore et al., 2016, p.183).

Es el más fácil de reconocer a menudo comienza en la niñez y es asociado con un historial pasado o familiar de enfermedades alérgicas como eccema, rinitis alérgica, alergias alimentarias o a medicamentos. A menudo cuando se realiza una toma de esputo se revela vías respiratorias eosinofílicas las cuales reflejan inflamación, este fenotipo responde positivamente a los corticosteroides inhalados (p.183)

5.2 Neutrofílico:

Se asocia a diferentes irritantes que se encuentran en el ambiente, en general suele asociarse con el tipo de asma más grave. De forma opuesta al fenotipo anterior, no hay engrosamiento de la membrana del árbol traqueobronquial (p.183).

El hallazgo celular en los pacientes que padecen este tipo de asma puede ser neutrofílicos, eosinofílicos o contener solo unas pocas células inflamatorias (paucigranulocíticas). Este fenotipo responde negativamente a los corticosteroides inhalados (p.183).

5.3 Broncoespasmo inducido por el ejercicio con aparente asma

De un 4 a un 20% pero aumenta hasta un 50% en atletas élite. El mecanismo fisiopatológico genera liberación de mastocitos de prostaglandinas, leucotrienos e histaminas (p.183). Se generan exacerbaciones ante la presencia de irritantes presentes en el ambiente; esta se desencadena por estrés térmico y la hiperventilación prolongada, como también ocurre en el broncoespasmo inducido

por el ejercicio desencadenado por los fenotipos eosinofílico y neutrofílico. Estos pacientes a menudo muestran menor respuesta a los corticosteroides inhalados a corto plazo.

6. Factores de riesgo y factores desencadenantes

Tabla 1.

Descripción de los factores de riesgo y desencadenantes del asma

Factor de Riesgo	Descripción	Factor Desencadenante
Genéticos	De 2.5% a 6% de riesgo de padecer la enfermedad en familiares de primer grado.	Historia de rinitis o sinusitis Patologías respiratorias
Ambientales	Los cambios meteorológicos y de temperatura se asocian con la susceptibilidad genética del sujeto, favoreciendo la aparición de la enfermedad.	Bajas temperatura Humedad alta
Nutricionales	La obesidad se ha puesto como factor de riesgo importante en el diagnóstico del asma.	Alérgenos alimentarios Obesidad
Sustancias químicas	Mayor riesgo por exposición alérgica es importante tomar en cuenta el tiempo de exposición.	Tabaco Humo Aerosoles Emisiones Industriales
Embarazo	No se dispone datos específicos, sin embargo, los cambios fisiológicos durante dicho periodo suponen un riesgo de padecer la enfermedad.	Lactancia Embarazo Reflujo gastroesofágico

(Elaboración propia a partir de Gutiérrez et al., 2009)

7. Diagnóstico del asma

7.1 Historia Clínica

Ya que no existe una prueba estándar para el diagnóstico de la enfermedad la historia clínica exhaustiva es de vital importancia para el diagnóstico de la patología. Es necesario de que se demuestren antecedentes de obstrucción reversible, variabilidad significativa del flujo aéreo e hiperreactividad bronquial (Gutiérrez et al., 2009, p.204).

La tos suele ser uno de los síntomas más comunes, comúnmente de tipo irritativa y en pocos casos es productiva. En la mayoría de los pacientes suele ser el hallazgo más frecuente y representa 30%-50% de tos crónica. Por otra parte, las sibilancias son el signo más característico y de mayor sensibilidad. La disnea en algunas ocasiones aparece, pero tiene escasa relación con el grado de obstrucción. Y la opresión torácica puede estar presente, sin embargo, no es específica (p.204).

Al recolectar la información de la historia clínica Gutiérrez (2009) explica que se pueden hacerse preguntas claves:

- ¿Ha tenido alguna vez pitos en el pecho?
- ¿Ha tenido tos particularmente en las noches?
- ¿Ha tenido tos, dificultad para respirar en alguna época específica del año o en contacto con animales, plantas, humo del cigarro?
- ¿Ha tenido tos, pitos o dificultad al respirar después de hacer ejercicio moderado o intenso?
- ¿Ha padecido resfriados que le duran más de 10 días o “le bajan al pecho”?
- ¿Ha utilizado medicamentos inhalados que le alivian estos síntomas?
- ¿Tiene algún familiar con asma o alergia? (p.204)

7.2 Pruebas funcionales respiratorias

La aplicación de dichas evaluaciones es útil en diversos contextos, contribuyendo al diagnóstico y tratamiento de pacientes con afecciones respiratorias y cardíacas. En el caso del asma se orientan a evaluar la reversibilidad de la obstrucción, así

como la evolución de la enfermedad. Es una prueba sencilla, no invasiva y de gran utilidad en el diagnóstico (West y Luks, 2016, p.183).

En este caso la prueba básica para el estudio de la función pulmonar es la espirometría, es bien tolerada por lo que en la práctica cotidiana existen pocas limitaciones para su ejecución. Las principales variables de la espirometría forzada son la capacidad vital forzada (FVC) y el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1) (SEPAR, 2013).

Otro método útil es la valoración de las curvas de flujo-volumen, las cuales evidencian que después de exhalara una cantidad de aire pequeña, el flujo se ve limitado por la compresión de las vías respiratorias y se determina por la fuerza de retracción elástica del pulmón y la resistencia de la vía aérea previa al colapso (West y Luks, 2016).

7.2.1 Variables

7.2.1.1 Capacidad vital forzada (FVC)

El volumen máximo de aire exhalado en una maniobra exhalatoria de esfuerzo máximo, la cual inicia después de una inspiración máxima, esta variable se expresa en litros (SEPAR, 2013).

7.2.1.2 Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1)

Es el máximo volumen de aire exhalado en el primer segundo de la maniobra, también se expresa en litros (p.10).

7.2.1.3 Flujo espiratorio máximo (PEF)

Es la velocidad máxima que alcanza el aire mediante la exhalación forzada, su valor varía dependiendo del grado de obstrucción y está vinculado a la edad, el peso y estatura del paciente. Este valor depende del esfuerzo del paciente por lo que se

requiere de una adecuada colaboración de su parte para evitar errores (Gutiérrez et al., 2009).

7.3 Pruebas complementarias

La radiografía de tórax no aporta datos importantes al diagnóstico, pero podría solicitarse como estudio complementario para descartar otras enfermedades. Los rayos x de senos paranasales debe realizarse cuando existan síntomas rinílicos persistentes, aunque exista un resultado normal en dicha prueba no se excluye que haya patología sinusal (p.205).

La medición directa de los marcadores inflamatorios no se incluye aún en el diagnóstico habitual del asma, sin embargo, el estudio de eosinofilia en el esputo es un indicador importante en el asma. La recolección de la muestra es complicada por lo que se dificulta incorporar esta práctica en la evaluación de los pacientes (p.205).

Las pruebas de sensibilidad alérgica, por ejemplo, la IgE, son una estrategia importante para establecer los factores desencadenantes del asma y establecer un plan de inmunoterapia. Estos test cutáneos son fáciles de realizar, rápidos, de bajo costo y con alta sensibilidad. Para su realización es importante tomar en cuenta los alérgenos más habituales, por ejemplo, especies de ácaros, polen, látex, epitelio de gato o perro, así como algunos alimentos (p.206).

La limitación de estos diagnósticos tras una prueba positiva es que no necesariamente la enfermedad puede deberse a alguno de dichos alérgenos, por lo que la historia clínica se vuelve relevante en relación con los síntomas para así determinar la verdadera causa del broncoespasmo (p.206).

8. Tratamiento

8.1 Fármacos

Tabla 2.

Descripción de los medicamentos más comunes utilizados en el tratamiento del asma y su respectivo mecanismo de acción

Clase	Medicamento	Mecanismo de acción
Corticosteroides inhalados.	Beclometasona Budesonida Fluticasona Mometasona	Disminuye las células y mediadores inflamatorios. Reduce la hiperrespuesta bronquial al ejercicio.
Agonistas de los receptores B2 adrenérgicos de acción corta.	Albuterol Metaprotenerol Terbutarina	Inhibe la liberación de mediadores de mastocitos. Estimula el músculo liso de los receptores B2. Taquifilaxia rápida (no de uso diario).
Agonistas de los receptores B2 adrenérgicos de acción prolongada.	Formoterol Salmeterol	Inhibe la liberación de mediadores de mastocitos. Estimula el músculo liso de los receptores B2. Taquifilaxia rápida (no de uso diario).
Antagonistas de los receptores de leucotrienos.	Montelukast	Bloquea la vía de lipoxigenasa. Utilizado en condiciones de alto estrés oxidativo (ejemplo: contaminación del aire). No tiene efecto broncodilatador.
Estabilizadores de mastocitos.	Nedocromilo y cromoglicado sódico	Disminuye los mediadores relacionados con mastocitos eusinófilos, neutrófilos, monocitos, macrófagos alveolares y linfocitos. Inhibe el flujo de iones de cloro que regula el calcio libre intracelular, previniendo la respuesta mediada por calcio. Agente de clase B seguro para mujeres en edad fértil.
Anticolinérgicos.	Ipartropio Tiotropio	Bloquea los receptores mucarínicos de acetilcolina para el comando neural parasimpático.

(Elaboración propia a partir de Moore, Durstine y Painter, 2016, p.184)

8.2 Educación

Este aspecto es de vital importancia en el paciente con asma bronquial, el proceso debe ser continuo e interactivo de forma que el paciente pueda comprender los aspectos generales de su enfermedad y de esta forma tener las habilidades necesarias en la aplicación del tratamiento, así como la prevención de posibles crisis. Para conseguir estos objetivos se debe tomar en cuenta dos partes: (1) adquisición de habilidades y (2) modificación de comportamientos (Gutiérrez et al., 2009, p.210).

Asimismo, se deben generar planes de autocontrol donde el paciente reconozca cambios en sus signos y síntomas y el manejo más eficaz para tratarlos. Dichos planes se elaboran de forma conjunta entre el paciente y el médico, tomando en cuenta tratamiento medicamentoso de mantenimiento, medicamentos de rescate y en qué momento se debe solicitar ayuda médica (p.211).

8.3 Medidas preventivas

Evitar la exposición a diferentes alérgenos inhalados (ácaros, hongos, pólenes, epitelio de animales, etc), a los cuales el paciente haya mostrado sensibilidad en otras ocasiones, ayuda a disminuir los síntomas y las reagudizaciones. Por otra parte, evitar las sustancias químicas como la exposición a humo de tabaco, ya sea de forma activa o pasiva, es una de las principales medidas que pueden tomarse en cuenta para evitar episodios de irritación de la vía aérea (p.210).

En general se debe tomar en cuenta todos los aspectos que el paciente identifique como desencadenantes de sus crisis para evitarlos y así disminuir la intensidad y frecuencia de los episodios asmáticos.

8.4 Actividad física

La actividad física se define como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que exija gasto energético (Pérez et al., 2015). Cuando se refiere a ejercicio físico nos indica una actividad física planificada, estructurada,

repetida y realizada con un objetivo; por el contrario la inactividad física constituye uno de los factores de riesgos más importantes a nivel mundial (6% de las defunciones a nivel mundial), solo la superan la hipertensión (13%), el consumo de tabaco (9%) y el exceso de glucosa en la sangre (6%). El sobrepeso y la obesidad representan un 5% de la mortalidad mundial (Pérez et al., 2015).

La realización del ejercicio físico produce modificaciones en todos los sistemas del individuo, por ejemplo, en el sistema respiratorio estas adaptaciones son de tan importancia y su fin es mantener una buena oxigenación de los tejidos, en el sistema cardiovascular, estos cambios son beneficiosos ya que deben suplir la sangre rica en oxígeno a todos los tejidos.

De tal manera el análisis de la composición de un gas inspirado y las características de la dinámica ventilatoria, nos dejan ver la manera en que la energía es transformada incluso a nivel celular (crestas mitocondriales), a través de los diferentes procesos metabólicos (Bolados et al., 2016).

Con respecto a la aptitud física, factor importante para realizar adecuado el ejercicio, esta implica tener la habilidad de hacer los ajustes fisiológicos apropiados de tareas impuestas y el cuerpo humano reaccionando a una condición de estrés. Una buena función cardiovascular es el factor más importante para que nuestro cuerpo busque la respuesta adecuada a estos cambios (Bolados et al., 2016).

Las personas por diferentes razones son motivadas a iniciar y mantenerse dentro de algún programa de ejercicio, estos pueden ser muy variados para así suplir las preferencias de las de cada individuo. Según estudios anteriores, la actividad física tiene un efecto positivo sobre el control del estrés, las molestias de salud física y emocional se han comprobado disminución en el nivel de estrés y menor frecuencia de signos y síntomas de malestar físico, cuando los individuos realizan estructuradamente una actividad física (Pérez et al., 2015).

Sin embargo, el ejercicio físico debe ir específico para cada individuo, según limitaciones y sus metas, aunque se utiliza en forma masiva en muchas ocasiones, como solución a variados problemas de salud, existe evidencia en ensayos clínicos aleatorios demuestran que son fundamentalmente eficientes pero limitados por el diseño de estos (Bolados et al., 2016).

Según las características físicas y cualidades de los deportistas, el ejercicio físico debe ir enfocado, además, en aptitudes psicológicas y sociales, por tal motivo la valoración inicial es fundamental para el seguimiento y monitoreo de este. (Caro et al., 2016).

9. Asma y ejercicio

En la población asmática en general a menudo el ejercicio es estigmatizado ya que muchas de estas personas presentan problemas como dificultad para respirar o presión en el pecho durante el ejercicio, en mucho de estos casos se debe a la identificación inadecuada de la causa de estos síntomas y de un mal tratamiento que en muchos casos impide que se continúe con la práctica del entrenamiento. Un efecto negativo de esta práctica es que generalmente la población asmática presenta un nivel de condición física menor en comparación con la no asmática, deteriorando sus actividades diarias, calidad de vida, y generando trastornos del sueño y ansiedad (Cote et al., 2018, p.19).

La abstinencia a la actividad física también se observa en la población infantil, lo cual resulta en una peor condición de salud de los niños asmáticos versus los no asmáticos. Esto se explica por el desconocimiento, en muchos casos, de las familias sobre la premisa de que “el asma limita la actividad física”. La mayoría de las personas con asma controlada pueden llevar una vida normal y activa, de hecho, se ha demostrado que la capacidad que tienen dichas personas de realizar ejercicio está más relacionada con hábitos de actividad física y factores psicológicos que con la obstrucción de las vías respiratorias. En síntesis, el ejercicio frecuente no solo ayuda a mantener una buena salud, sino que mejora el control del asma (p.20).

Según la evidencia científica muchos atletas tienen diagnóstico de asma y bajo un control efectivo de la enfermedad pueden competir y rendir en altos niveles. Pese a que no se demuestran cambios significativos en el sistema respiratorio y los pulmones, el sistema cardiovascular sí se ve favorecido por la práctica habitual del ejercicio físico, lo que consecuentemente ejerce beneficios sobre el sistema respiratorio. Por ende, las directrices actuales en el manejo del asma sugieren incluir ejercicio para un abordaje óptimo, necesariamente debe haber una exigencia de educar a los pacientes y su entorno sobre los beneficios de esta práctica (p.20).

9.1 Broncoespasmo inducido por el ejercicio

Entre el 70% y el 90% de la población adulta diagnosticada con asma experimentan broncoespasmo inducido por el ejercicio (BIE), y en los niños se observa dichos fenómenos entre un 40% y un 90%. Se cree que el mecanismo exacto que provoca este fenómeno es la deshidratación de las vías respiratorias asociada con un aumento en la osmolaridad del líquido de las vías respiratorias resultante de la hiperpnea, que desencadena la contracción del músculo liso y su consecuente edema de la vía aérea. Esto ocurre posterior a que se liberan mediadores inflamatorios y broncoconstrictores como histamina, triptaza, leucotrienos y prostaglandinas, liberadas en la vía respiratoria por las células inflamatorias como los eosinófilos y mastocitos (p.20)

Relacionado con lo anterior, es importante tomar en cuenta lo que explica Craig y Dispenza (2013)

El broncoespasmo inducido por el ejercicio es una afección en la que las personas experimentan dificultad para respirar, sibilancias y opresión en el pecho dentro o después del ejercicio físico, el BIE se define formalmente como la obstrucción de las vías respiratorias que se produce en asociación con el ejercicio sin tener en cuenta la presencia del asma crónica. El diagnóstico de BIE se puede hacer mediante una disminución detectada del

volumen espiratorio forzado en un segundo (FEV1) del 10% al 15% con el ejercicio. Las disminuciones del FEV1 se correlacionan con los síntomas, el FEV1 disminuye notablemente en cuestión de minutos después del cese del ejercicio, alcanza el deterioro máximo en 5 a 10 minutos y se recupera lentamente en 10 minutos a 1 hora. (pp.133-134)

El BIE se presenta en individuos asmáticos y no asmáticos, en los no asmáticos el FEV1 puede estar normal al inicio y solo presentar síntomas durante el ejercicio. Por el contrario, si se presenta un FEV1 alterado al inicio puede tener reversibilidad broncodilatadora, y la clasificación del asma en este caso dependerá del grado de obstrucción del FEV1. Se debe distinguir entre el broncoespasmo inducido por el ejercicio (BIE) y el asma inducida por el ejercicio, la cual históricamente se define como la condición en la que se presentan síntomas de asma en personas ya diagnosticadas. mientras tanto el BIE no es exclusivo del asma (p.134).

Durante el ejercicio el BIE causa atrape de aire el cual causa restricción a la ventilación disminuyendo la presión arterial de oxígeno y presión arterial de dióxido de carbono lo cual limita la absorción de oxígeno. Comúnmente esta respuesta se observa durante 6 a 8 minutos de actividad o en algunas ocasiones se puede dar posteriormente, inicialmente durante el ejercicio se cree que se debe a una respuesta de tono vagal seguida de una influencia mecánica de la ventilación al ejercicio la cual genera un aumento mecánico del volumen corriente y acopla el tejido pulmonar a las vías respiratorias más pequeñas (Moore et al., 2016).

Cuando se trata de un ejercicio prolongado en inicio se genera una broncodilatación en los primeros 6 minutos y seguidamente se genera una disminución constante de la función de las vías respiratorias. Durante el ejercicio interválico donde se alternan moderada alta intensidad el flujo espiratorio disminuye gradualmente, pero muestra una mejora en la función de las vías aéreas (p.185).

Comúnmente el ejercicio de alta intensidad provoca BIE cuando no se cuenta con un ambiente favorable (partículas irritantes, aire seco, aire frío), esto aumenta la hiperrespuesta de la vía aérea generando inflamación, hiperproducción de moco y daño de la membrana mucosa (p.185).

Las exacerbaciones severas de asma ocurren tanto en atletas competitivos como recreativos, se han reportado 263 muertes en un periodo de 7 años relacionadas con deporte 61 relacionadas con asma, de estos ataques fatales durante el ejercicio se reportaron hombres entre 10 a 20 años con historia persistente de asma y solo uno contaba con control de corticoesteroides inhalados por lo cual es de vital importancia identificar atletas con asma y asegurarse del uso adecuado y prescrito de los medicamentos (p.185).

9.1.1. Mecanismos fisiopatológicos del BIE

En primer lugar, se genera la Teoría Osmótica del BIE, la cual describe la relación de la humedad del aire ambiental sobre el broncoespasmo inducido por el ejercicio. Es más probable que se genere este fenómeno durante el ejercicio en el aire seco que el ejercicio en aire húmedo. Esta teoría expone que el desequilibrio de agua y electrolitos en la mucosa bronquial genera reacción inflamatoria en el músculo liso de la vía aérea (Craig y Dispenza, 2013).

Cuando durante la inspiración hay pérdida de agua del aire se crea un entorno de hiperosmolaridad con aumento de iones (Cl, Na, K, y producción mucosa). Los protagonistas de esta respuesta parecen ser los eosinófilos y los mastocitos, quienes liberan mediadores inflamatorios que generan los síntomas habituales como la tos, la dificultad para respirar y la opresión en el pecho (p.134).

En segundo lugar, se genera un daño en las vías respiratorias pequeñas, esto se debe a que el aire seco requiere el uso de estas estructuras más pequeñas que se encargan de acondicionar el aire a raíz de la ventilación excesiva que se genera

durante la actividad física. Lo anterior se demuestra en algunos ensayos donde la proporción de leucotrienos de cisteril y prostaglandina es mayor de los individuos con BIE que quienes no lo padecen (p.135).

En tercer lugar, la ventilación extenuante durante el ejercicio causa enfriamiento de la vía aérea lo cual genera vasoconstricción en la circulación bronquial con su consecuente edema. Y finalmente, los irritantes por ejemplo los químicos utilizados en la desinfección de piscinas como hipoclorito, cloro gaseoso, las cloraminas y los cloroisocianatos, dañan el epitelio pulmonar. Esto se ha demostrado en algunos estudios que evidencian que hay tasas más altas de BIE en nadadores que en atletas de deportes terrestres. A pesar de que el ejercicio pueda causar episodios de BIE, varias investigaciones prueban que el ejercicio regular y el acondicionamiento aeróbico reducen la frecuencia y la gravedad de estos (p.135). Por ejemplo, se obtiene algunos beneficios como disminución del uso de medicamentos, disminución de la intensidad de las exacerbaciones, disminución del número de síntomas diarios.

10. Beneficios del entrenamiento en asma

Actualmente no existen protocolos estandarizados de ejercicio donde se exponga el programa de entrenamiento más efectivo para las personas asmáticas, sin embargo, publicaciones recientes han explorado los beneficios del entrenamiento sobre la función pulmonar, manejo de síntomas como la dificultad para respirar y sibilancias. Así como también se reportan las mejoras en la calidad de vida después de un programa de entrenamiento (Craig y Dispenza, 2013, p.139). Los entrenamientos mejoran la aptitud cardiopulmonar en los pacientes asmáticos, al mismo tiempo que el consumo máximo de oxígeno y la musculatura respiratoria.

Es importante recalcar que la ejecución del ejercicio es independiente a la gravedad de la enfermedad mientras se cuente con un buen manejo de la patología. Adicionalmente la evidencia actual demuestra que los niños diagnosticados con

asma que realizan menos actividad física son más propensos a tener sobrepeso u obesidad, provocando mayores complicaciones de la enfermedad (Wirgues et al., 2014, p. 496).

Los niños asmáticos generalmente tienen más trastornos de salud y comorbilidades que los compañeros no asmáticos, lo cual aumenta la necesidad de medicación. Entonces, con certeza se puede afirmar que el ejercicio no es perjudicial para el control del asma, contrariamente esta población puede beneficiarse de las mejoras que se obtienen en la salud por medio de la actividad física (Lucas et al., 2018, p.5).

Capítulo III

METODOLOGÍA

1. Tipo de estudio

Para iniciar este apartado es necesario definir en qué consiste una investigación basada en metaanálisis. Esta forma de investigación propone hacer una descripción comprensiva, integral y analítica, a través de métodos cuantitativos, de los resultados que se obtienen de ciertas investigaciones científicas que se han realizado sobre un problema específico. Estos resultados que se obtienen de estas investigaciones empíricas son utilizados para construir generalizaciones aplicables en el tiempo (Botella y Gambara, 2002).

El metaanálisis posee varias características que para efectos de esta investigación son fundamentales: precisión, objetividad y replicabilidad. Esto quiere decir que en términos estadísticos debe dar respuestas numéricas, consecuentemente se busca que estos resultados puedan repetirse en alguna otra investigación utilizando los mismos criterios de decisión; finalmente, cuando un análisis es objetivo se aleja de los posicionamientos propios de él o la investigadora para que el objeto de investigación no sea manipulado, de forma que los resultados sean mucho más precisos y rigurosos (Botella y Zamora, 2017).

Esta forma de realizar investigación generalmente es utilizada como una manera de evaluación alternativa de los estudios diferentes entre sí (Botella y Zamora, 2017), lo cual permite que tomando como base la información existente sobre un tema, se generen nuevas conceptualizaciones o construcciones teóricas. Cualquier información que sea tomada en cuenta dentro del metaanálisis se incluye como parte de un cuerpo amplio de fuentes, que generalmente son establecidas como primarias, esto propicia que los resultados se obtengan de su combinación.

Entendiendo esto, es que se puede afirmar que el enfoque metodológico de esta investigación es de tipo mixto, ya que no solo se aplican modelos cuantitativos de tipo estadístico, sino que también se lleva a cabo una amplia revisión bibliográfica de donde se obtienen los datos para el análisis respectivo.

2. Fuentes de información

Como mencionan Botella y Gambara (2002), las fuentes de información son primordiales en el objetivo de evidenciar los criterios de selección para la investigación, de forma que no se pueda interpretar algún tipo de arbitrariedad.

Partiendo de los objetivos y la pregunta de esta investigación se identificaron varias bases de datos adecuadas para las búsquedas respectivas de artículos científicos tanto en inglés como en español. Algunas de las bases de datos consultadas fueron:

1. EBSCO.
2. Science Direct.
3. PubMed.
4. Scielo.
5. Google Scholar.

El primer esfuerzo de investigación se dirigió hacia la búsqueda de estudios sobre la relación entre la enfermedad del asma y la infancia. La búsqueda bajo esta lógica mostró que las investigaciones sobre dicha patología son significativamente amplias, sin embargo, para el caso de los efectos de esta en niños y niñas, los resultados se reducen un poco más. Es importante aclarar que esto se tradujo en mayores dificultades para localizar las investigaciones respectivas.

3. Criterios de selección y exclusión

La inclusión de investigaciones se realizó partiendo de las siguientes consideraciones:

- a) que los estudios tuvieran corte experimental.
- b) que incluyeran niños o niñas diagnosticadas con asma.
- c) que evaluaran los efectos del ejercicio en esta población.
- d) que al menos un grupo experimental trabajara una forma de ejercicio aeróbico (actividad física sistematizada y dosificada).

En el caso de la variable calidad de vida, también se tomó en cuenta aquellas investigaciones que aplicaran algún tipo de cuestionario (test) modificado para niños y niñas sobre la calidad de vida.

Consecuentemente los criterios para la no inclusión de alguna investigación fueron:

- a) Que el estudio añadiera algún otro tipo de condición o enfermedad aparte del asma.
- b) Que la metodología no fuera lo suficientemente explicativa en cuanto al procedimiento utilizado.
- c) Que el tipo de ejercicio bajo el que se aplicaba el experimento combinara otro tipo de ejercicio aparte del entrenamiento aeróbico (por ejemplo, ejercicios de fuerza).
- d) Que el estudio no reportara la totalidad de sus resultados, limitando las estadísticas necesarias.
- e) Que las investigaciones no permitieran calcular el tamaño de efecto (sin datos sobre desviaciones estándar pre y post).

3.1 Evaluación de la calidad de los estudios

Para aclarar este aspecto se tomó en cuenta los criterios expuestos en la escala TESTEX, la cual puntúa cada estudio con un valor máximo de 15 puntos, 5 puntos

para la calidad del estudio y 10 puntos para el reporte del estudio, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

Tabla 3.

Criterios tomados en cuenta en el análisis de la calidad de los estudios seleccionados

Criterio	Puntuación
Criterios de elegibilidad especificados	1
Aleatorización especificada	1
Ocultamiento de la asignación de todos los pacientes en el momento de la aleatorización	1
Grupos similares al inicio del estudio	1
Cegamiento del evaluador	1
	>15% ningún punto; <15%
Retiros del estudio informados	1 punto
Eventos adversos informados	1
Asistencia a la sesión informada	1
Informe de comparaciones estadísticas entre grupos	1
Resultado primario informado	1
Resultado(s) secundario(s) reportado(s)	1
Medidas puntuales y medidas de variabilidad para todos los resultados notificados	1
Monitoreo de actividad en grupos de control	1
El ajuste periódico basado en la evidencia de la intensidad del ejercicio es reportado	1
Se proporciona información sobre todas las características del ejercicio (intensidad, duración, frecuencia, modo para calcular el volumen y el gasto del ejercicio)	1
Total	15 puntos

(Elaboración propia a partir de Smart et al., 2015, p.12-13)

Posterior al análisis de los criterios antes descritos en cada estudio incluido en este metaanálisis, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4.

Análisis de criterios TESTEX en los estudios incluidos en el metaanálisis

Estudio	Puntaje Final en escala TESTEX	Criterio que no sumó
Basaran et al. (2006)	13/15	No efectos adversos reportados No evidencia de la intensidad del ejercicio específicamente reportada
Ganesan y Asokan (2010)	14/15	No evidencia de la intensidad del ejercicio específicamente reportada
Wicher et al. (2010)	13/15	No efectos adversos No evidencia de la intensidad del ejercicio específicamente reportada
Barboza et al. (2014)	14/15	No efectos adversos
Latorre et al. (2014)	12/15	No efectos adversos No retiro del programa informado No evidencia de la intensidad del ejercicio específicamente reportada
Van Veldhoven et al. (2000)	12/15	No efectos adversos No retiro del programa informado No evidencia de la intensidad del ejercicio específicamente reportada

(Elaboración propia a partir de Smart et al., 2015, p.12-13)

4. Proceso de búsqueda

Los estudios que se incluyeron se limitaron a reportes completos de ensayos clínicos aleatorizados que examinaran la efectividad de un programa de ejercicios aeróbicos en comparación a un grupo control, en niños con asma. La búsqueda finalizó en septiembre del 2018.

Se realizaron búsquedas avanzadas limitando el tiempo de búsqueda entre los años 2000 y 2018, a texto completo y que incluye detalladamente las descripciones estadísticas. Los descriptores de búsqueda utilizados fueron:

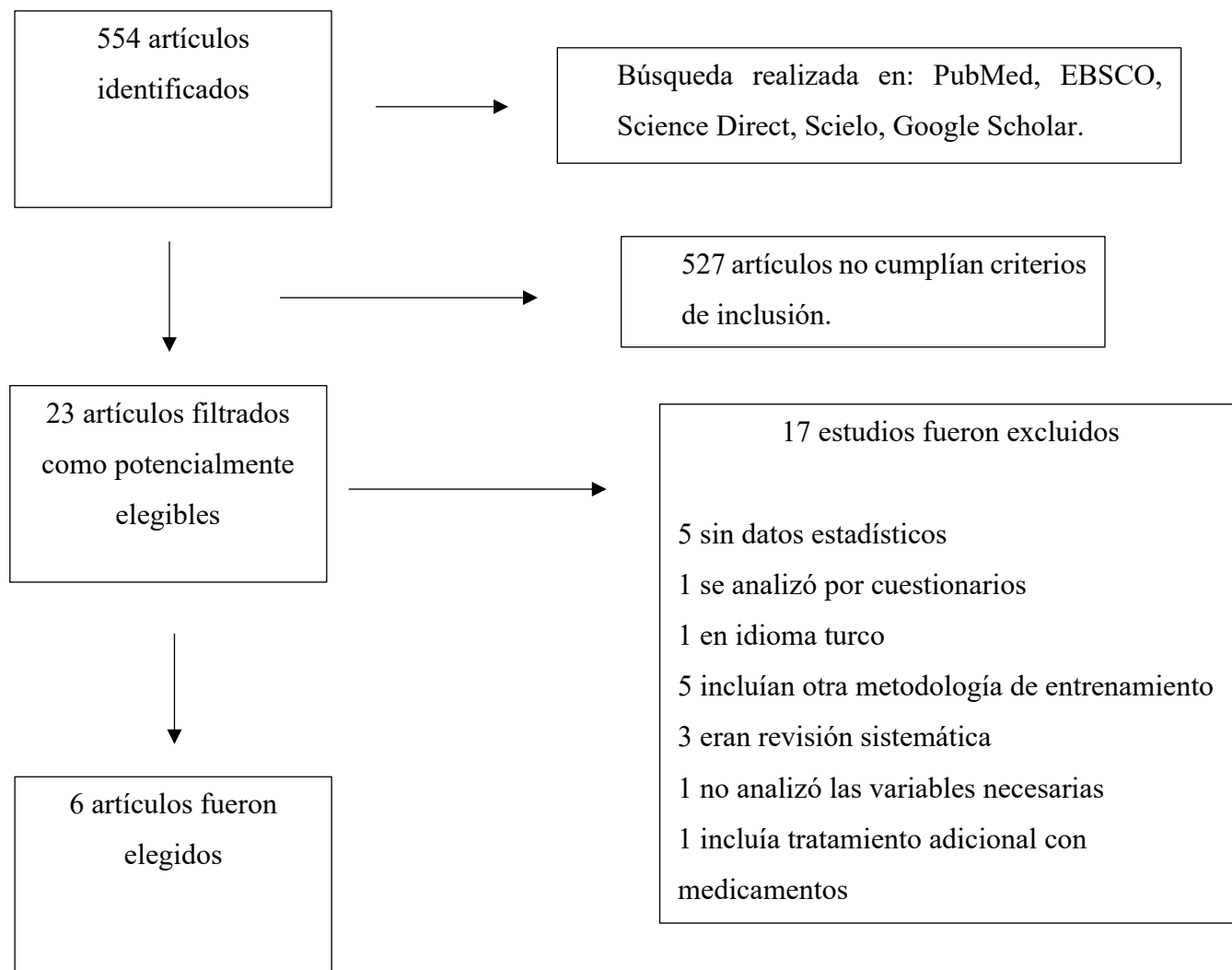
1. Asthma in children AND exercise.
2. Asthma in children AND aerobic exercise
3. Asthma in children AND exercise AND lung function.
4. Asthma in children AND exercise AND symptoms.
5. Asthma in children AND exercise AND quality of life.

Se tomaron en cuenta estudios en niños (hombres, mujeres, mixtos), con diagnóstico de asma desde leve a severa, los cuales presentaban estabilidad en los síntomas para ser incluidos en los estudios. Las edades rondaban de los 6 a los 18 años, siendo en la mayoría de los estudios 10 años la media de las edades.

Además, los estudios analizados debían incluir entrenamiento el cual se aplicó a un grupo experimental y de esta forma permitir la comparación con un grupo control. Las modalidades aplicadas en cada estudio seleccionado fueron variadas y la duración fue aproximadamente de 60 minutos dividido entre calentamiento, fase de entrenamiento y estiramiento.

Figura 1.

Flujograma del proceso de selección de artículos



5. Sistematización de datos

Para sistematizar los datos se utilizó una hoja de Excel del paquete Microsoft 365 versión 2020; se incluyeron datos sobre la población: tamaño de la muestra (n), edad promedio, sexo, severidad de los síntomas del asma y sobre la medicación de los participantes. Además, se recolectó información referente a la intervención: tipo de ejercicio, duración de la intervención, frecuencia por semana y duración de cada sesión.

6. Variables a estudiar

6.1 Variables dependientes

Como variable dependiente se definieron los puntajes pre y post de los valores de función pulmonar (FVC, FEV1 Y PEF) para medir la función pulmonar. Cabe mencionar que, para una mejor interpretación de resultados en estas variables, es importante tomar en cuenta que una menor puntuación se asocia a mayor gravedad del asma.

Por otra parte, se analizó la sintomatología, la cual se categorizó en leve, leve-moderado, moderado-severo y severo. Se debe tomar en cuenta que un valor más alto se relaciona con una severidad mayor de los síntomas.

Y por último la calidad de vida se estudió por medio del cuestionario de calidad vida en niños con asma, en el cual valores menores se relacionaron con mayor deterioro en la calidad de vida.

6.2 Variables moderadoras

El análisis de seguimiento de variables moderadoras tiene como finalidad conocer cuáles son las características de las investigaciones que pueden afectar los resultados y en consecuencia explicar la variabilidad entre los estudios. Estas variables deben ser identificadas siguiendo criterios conocidos.

Se aplicó análisis para examinar el posible efecto moderador de variables categóricas o nominales y para variables métricas o continuas.

6.2.1 Análisis de variables moderadoras categóricas

Según las indicaciones de Cooper et al. (2009) y Konstantopoulos y Hedges (2009), se aplicó el análisis análogo de varianza (cálculo del estadístico Q_B), para detectar diferencias significativas entre los TE de las categorías de una variable moderadora categórica. En este procedimiento se estimó el estadístico de heterogeneidad total (Q_T), el de heterogeneidad entre grupos (Q_B) y la heterogeneidad intragrupos de los estudios (Q_w).

Los cálculos estadísticos se realizaron de la siguiente manera:

$$Q_B = Q_T - Q_w$$

$$Q_T = \sum(\text{TEC}^2/\text{Var}) - [(\sum \text{TEC}/\text{Var})^2 / (\sum 1 / \text{Var})]$$

$$Q_w = Q_{w1} + \dots + Q_{wn}$$

Para estimar los Q_w de cada grupo se aplicó la fórmula de Q_T con los datos correspondientes a cada nivel que se comparó. Luego se contrastó Q_B con el estadístico de Chi cuadrado correspondiente a 95% de confianza y $p-1$ grados de libertad (donde p se refiere a la cantidad de grupos que se compara).

Si Q_B es superior al valor crítico de Chi cuadrado con $p-1$ grados de libertad, entonces se rechaza la hipótesis nula correspondiente ($H_0 =$ Los TE son relativamente homogéneos entre los grupos) y por tanto se concluye que la variable examinada tiene efecto moderador estadísticamente significativo con 95% de confianza. En el caso de que se estuviera comparando más de dos grupos, se procede a realizar la prueba post hoc propuesta por Konstantopoulos y Hedges (2009), siguiendo el modelo de efectos fijos.

6.2.2 Análisis de variables moderadoras métricas

Para el caso de variables moderadoras continuas o métricas se aplicó la regresión lineal de mínimos cuadrados ponderados, según indican Konstantopoulos y Hedges (2009), empleando como variable dependiente a los TEc y como factor de ponderación al inverso de la varianza y utilizando el cuadrado medio del residual de la tabla de ANOVA de la regresión lineal y el error típico del beta no estandarizado correspondiente, ambos obtenidos con el paquete estadístico SPSS versión 18, con el fin de calcular el estadístico S_j que corresponde al error típico corregido y con el cual se deducen los respectivos intervalos de confianza al 95%.

Una vez obtenidos el cuadrado medio y el error típico, se efectuaron las siguientes fórmulas para obtener el error típico corregido:

$S_j = \text{error típico} / (\sqrt{\text{cuadrado medio}})$.

Intervalos de 95% de confianza (IC):

$IC = \text{Beta no estandarizado} \pm (S_j * 1,96)$

$Z = \text{Beta no estandarizado} / S_j$

7. Análisis estadísticos

Posterior a la selección de los 6 estudios, se extrajeron los datos necesarios para los cálculos pertinentes. Dichos datos corresponden a las medias y desviaciones estándar (DE) de las variables de función pulmonar (FVC, FEV1 y PEF), así como de los síntomas y de la calidad de vida. Esta información fue extraída tanto para los grupos experimentales (GE) como para los controles (GC). Es importante mencionar que para efectos de este estudio se denominó experimental a todos los grupos que realizaron ejercicio aeróbico y grupo control a aquellos que no hicieron ningún tipo de ejercicio.

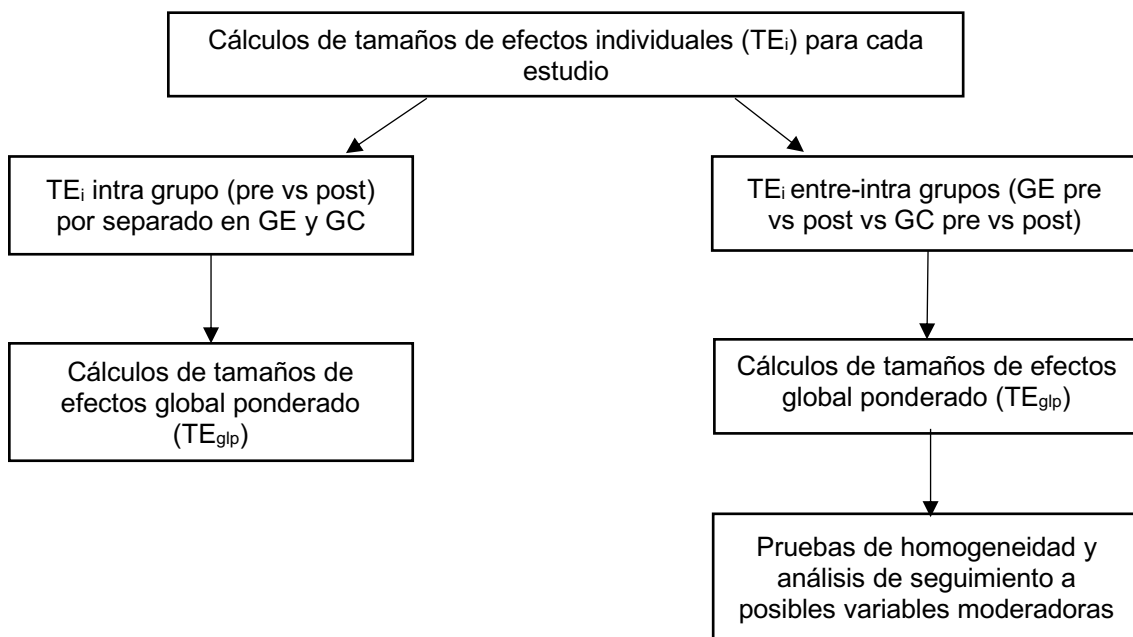
Después de que se recolectaron estos datos se procedió a calcular los tamaños de efecto de cada estudio (TE_i), seguidamente se realizaron las correcciones de los tamaños de efecto y las varianzas. Todo esto se realizó en una hoja de Excel 2020 para Windows.

Seguidamente se calcularon los tamaños de efectos globales aplicando el modelo de efectos aleatorios. Cabe destacar que se utilizaron dos tipos de técnicas para obtener los TE_i : **a)** intra grupos (es decir, medidas repetidas, pre vrs post), y **b)** entre grupos y mediciones (GE pre-post vrs GC pre-post). Los primeros se calcularon aparte para los GC y GE, mientras que los segundos se aplicaron con datos de estudios que tuvieran ambos grupos en su diseño estadístico (diseños experimentales con pre-post y control). Estos análisis fueron realizados por medio del programa estadístico Jamovi versión 1.8.4.0.

Para completar la investigación, se decidió calcular los TE_i, entre grupos y mediciones. A partir de los cálculos del TE_i en ambos procesos, se calculó el TE_{glp} y sus respectivos intervalos al 95% de confianza, aplicando las fórmulas que más adelante se detallarán. Por último, se procedió a realizar las pruebas de heterogeneidad con la finalidad de valorar si los TE_{glp} calculados son representativos de todos los estudios individuales. De igual forma, se ejecutaron análisis de seguimiento de posibles variables moderadoras.

Figura 2.

Diagrama de flujo del proceso de análisis estadístico para el metaanálisis



Las fórmulas utilizadas en cada una de las etapas mencionadas en la figura 2, se detallan a continuación.:

a) Metaanálisis intra grupos:

Se aplicó la fórmula propuesta por Becker (1988), la cual ha sido respaldada por Grissom y Kim (2012).

1. Cálculos de tamaños de efectos individuales de cada estudio (TEi)

(Media post test- media pre test)/ Desviación estándar pre

2. Cálculo de tamaño de efecto corregido (TEc)

Fórmulas: $c = 1 - (3 / (4 * (n-1) - 1))$

$TEc = TEi * c$

3. Cálculos para la varianza de tamaños de efectos (Var): Utilizando la fórmula propuesta por Gibbons, Hedeker y Davis (1993, p.275, fórmula 21):

$Var = (1/n) + [TEc^2 / (2 * (n-1))]$

Otros autores (Becker, 1988; Morris, 2008) proponen fórmulas que requieren conocer la correlación entre pre y post, dato que no suele reportarse en los estudios, mientras que en otros casos (e.g.: Thomas et al., 2015) se opta por emplear la misma fórmula de varianza para tamaños de efecto entre grupos, pero dicha fórmula tiene el problema de que se basa en grados de libertad ($n1 + n2 - 2$) que no corresponden al diseño de medidas repetidas con dos mediciones (es decir $n - 1$).

4. Corrección de varianza (Siguiendo el modelo de efectos aleatorios).

$Var_{TEc} = C^2 * Var$

5. Cálculos de intervalos de confianza:

$-IC_{95\%} = TEc - 1,96 * \sqrt{varTEc}$

$+IC_{95\%} = TEc + 1,96 * \sqrt{varTEc}$

6. Inverso de la varianza (w)

$$1 / \text{Var}_{\text{TEc}}$$

7. Prueba de heterogeneidad Q

Para este estadístico se requerirán los datos de w y TEc obtenidos previamente para cada grupo. Q se obtiene de la siguiente fórmula:

$$Q = \Sigma(w^* \text{TEc}^2) - ((\Sigma(w^* \text{TEc}))^2 / \Sigma w)$$

Donde

$\Sigma(w^* \text{TEc}^2)$ es la suma de la multiplicación de w por su respectivo TEc elevado al cuadrado.

$\Sigma(w^* \text{TEc})$ es la suma de w por su respectivo TEc

Σw es la suma del estadístico w de cada grupo.

8. Cálculo de estadístico T^2

$$T^2 = (Q - (k - 1)) / (\Sigma w - (\Sigma w^2 / \Sigma w))$$

k : es la cantidad de tamaños de efecto individuales a partir de los que se calcula

9. Cálculo de (W^*)

$$W = 1 / (\text{VAR}_{\text{TEc}} + T^2)$$

10. Cálculos de Tamaños de efectos ponderados (TE_{glp})

$$\Sigma(W^* \text{TEc}) / \Sigma W^*$$

11. Cálculo de la varianza del tamaño de efecto promedio ponderado (Var TE_{glp})

$$\text{Var TE}_{\text{pp}} = 1 / \Sigma W^*$$

12. Cálculos de intervalos de confianza del TE_{glp} .

$$-IC_{95\%} = \text{TEc} - 1,96^* \sqrt{\text{var}_{\text{TEpp}}}$$

$$+IC_{95\%} = \text{TEc} + 1,96^* \sqrt{\text{var}_{\text{TEpp}}}$$

13. Cálculo del Índice I^2

Este índice representa en qué porcentaje los TE individuales (de cada grupo de estudios metaanalizados) llegan a ser heterogéneos; los valores de 25, 50, 75 indicarían una heterogeneidad baja, media o alta respectivamente según Borenstein et al. (2011).

$$\text{Fórmula: } I^2 = [Q - (n - 1)] / Q$$

Donde “ n ” es la cantidad de tamaños de efectos individuales a partir de los cuales se calcula TE_{glp} . I^2 se multiplica por 100 para expresar porcentaje de heterogeneidad. En caso de que I^2 sea negativo se le da el valor de cero (por tanto 0% de heterogeneidad).

Prueba de sesgo: el Test de Egger (1997) fue aplicado para calcular la magnitud del sesgo. Este se basa en la regresión lineal de la magnitud del efecto (TE) dividida por su error estándar sobre el inverso de la varianza. En este caso el valor crítico en la toma de decisiones para el rechazo de la hipótesis nula (que supone que “no existe sesgo de publicación”) es el valor $p < 0,10$.

b) Metaanálisis entre intra grupos

1. Tamaño de efecto sin corregir (TE_i): se aplican las fórmulas propuestas por Morris (2008).

$$TE_i = [(M_{postG1} - M_{preG1}) - (M_{postG2} - M_{preG2})] / DSpre$$

$$DSpre = \sqrt{[(n_{G1} - 1) * DE^2_{preG1} + (n_{G2} - 1) * DE^2_{preG2}] / (n_{G1} + n_{G2} - 2)}$$

Donde

n_{G1} es el tamaño de la muestra del grupo experimental.

n_{G2} es el tamaño de la muestra del grupo control.

M_{preG1} y M_{postG1} corresponden a los promedios de las mediciones pre y post del grupo experimental.

$M_{preG2} - M_{postG2}$ son los promedios de las mediciones pre y post (o mediciones 1 y 2) del grupo control.

DE^2_{preG1} y DE^2_{preG2} son los cuadrados de las desviaciones estándar del pre test del grupo experimental y del control, respectivamente.

2. Cálculo del factor de corrección (c)

$c = 1 - [3 / (4 * m - 1)]$ siendo $m = n_{G1} + n_{G2} - 2$

3. Tamaño de efecto corregido (TEc)

Se multiplica el TE por el factor de corrección c :

$TEc = TE * c$

4. Varianza del tamaño de efecto corregido

Fórmula propuesta por Thomas et al. (2015) entre otros autores

$Var = [(n_{G1} + n_{G2}) / [(n_{G1} * n_{G2})] + [TEc^2 / (2 * (n_{G1} + n_{G2}))]$

Dado que en este metaanálisis se aplicó el mismo modelo de efectos aleatorios que en el anterior (metaanálisis intragrupo) se procedió con las mismas fórmulas hasta llegar al análisis de seguimiento de variables moderadoras donde se aplicó los procedimientos ya señalados.

Capítulo IV

RESULTADOS

A partir de la búsqueda y revisión de la literatura científica, se da la selección de 6 estudios los cuales cumplieron con los criterios de inclusión previamente establecidos. Un total de 350 niños fueron evaluados en los diferentes estudios. En todos los casos el sexo de los niños del grupo control y experimental fue mixto, los rangos de edad medios oscilaron entre los 10 a 12 años en ambos grupos.

Además, como se observa en la tabla 4 tanto los niños del grupo control como del experimental se encontraban medicados y tenían una severidad de los síntomas entre leve-moderada y moderada-severa. Por otra parte, los estudios incluyeron intervenciones con entrenamiento de tipo aeróbico, se llevaron a cabo durante 4 a 12 semanas, con una frecuencia semanal aproximada de 3 veces; la duración de cada sesión fue de una hora.

Tabla 5.

Descripción de las características de los estudios metaanalizados y su metodología de intervención

Autor / Año	Características del estudio	Metodología
Van Veldhoven et al. (2000)	-Grupo Exp (n=23, edad: 10,5 años) / -Grupo Cont (n=10,7, edad: 10,6 años). -Sexo: mixto. Población: Asmáticos. Medicados: -Grupo: Exp: Sí. -Grupo Control: No Indica.	Frecuencia: 3 v x sem/12 sem Tiempo: 60 min. Tipo: ejercicios varios gimnasios.

Autor / Año	Características del estudio	Metodología
Basaran et al. (2006)	-Grupo Exp (n=31, edad: 10,3 años) / -Grupo Cont (n=31, edad: 10,4 años). -Sexo: mixto. Población: Asmáticos. Medicados: -Grupo: Exp: Sí. -Grupo Control: Sí.	Frecuencia: 3 v x sem/8 sem Tiempo: 60 min. Tipo: baloncesto.
Ganesan y Asokan (2010)	-Grupo Exp (n=26, edad: 12,4 años) / -Grupo Cont (n=16 edad: 12,4 años). -Sexo: mixto. Población: Asmáticos. Medicados: -Grupo: Exp: Sí. -Grupo Control: Sí.	Frecuencia: 3 v x sem/6 sem Tiempo: 60 min. Tipo: banda sin fin.
Wicher et al. (2010)	-Grupo Exp (n=30, edad: 10,3 años) / -Grupo Cont (n=31 edad: 10,9 años). -Sexo: mixto. Población: Asmáticos. Medicados: -Grupo: Exp: Sí. -Grupo Control: Sí.	Frecuencia: 3 v x sem/6 sem Tiempo: 60 min. Tipo: banda sin fin.
Barboza et al. (2014)	-Grupo Exp (n=14, edad: 11,7 años) / -Grupo Cont (n=19 edad: 11,4 años). -Sexo: mixto. Población: Asmáticos. Medicados: -Grupo: Exp: Sí. -Grupo Control: Sí.	Frecuencia: 3 v x sem/6sem Tiempo: 60 min. Tipo: banda sin fin.
Latorre et al. (2014)	-Grupo Exp (n=58, edad: 11,6 años) / -Grupo Cont (n=47 edad: 11,5 años). -Sexo: mixto. Población: Asmáticos. Medicados: -Grupo: Exp: Sí. -Grupo Control: Sí.	Frecuencia: 3 v x sem/12 sem Tiempo: 60 min. Tipo: ejercicio en interiores.

En todos los estudios seleccionados se analizó por medio de la espirometría alguna de las variables de función pulmonar en búsqueda de cambios en estos datos posterior a la intervención aplicada. Tal y como se observa en la tabla 5, no todos los estudios seleccionados analizaron todas las variables de función pulmonar propuestas y los cambios significativos se evidenciaron en la mayoría de los casos en el flujo exhalatorio máximo (PEF).

Tabla 6.

*Resumen de metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la función pulmonar, sintomatología y calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos** y TE intra grupos (pre v.s. post)*

VD	Tipo	k	n de TE	TE pp	EE	Intervalos de confianza			I ²	Test de Egger
						IC-	IC+	Q		
FEV1	Entre-intra grupos	6	6	0,10	0,29	-0,480	0,673	42,83 (p<0,001)	85,69%	p=0,067
	Intra grupos (experimentales)	6	6	0,26	0,33	-0,391	0,920	71,03 (p<0,001)	93,98%	p=0,904
	Intra grupos (controles)	6	6	0,16	0,08	0,011	0,308	3,99 (p=0,550)	0%	p=0,664
FVC	Entre-intra grupos	4	4	0,06	0,14	-0,216	0,328	0,92 (p=0,820)	0%	p=0,677
	Intra grupos (experimentales)	4	4	0,16	0,12	-0,079	0,409	4,42 (p=0,219)	34,71%	p=0,756
	Intra grupos (controles)	4	4	0,15	0,10	-0,049	0,340	3,15 (p=0,370)	6,6%	p=0,926
PEF	Entre-intra grupos	4	4	1,34	0,88	-0,384	3,073	99,04 (p<0,001)	96,97%	p=0,326
	Intra grupos (experimentales)	4	4	1,30	0,81	-0,285	2,887	88,32 (p<0,001)	97,57%	p=0,051
	Intra grupos (controles)	4	4	0,01	0,37	-0,720	0,736	26,36 (p<0,001)	93%	p<0,001
Síntomas	Entre-intra grupos	4	4	1,06	0,99	-0,875	2,993	94,12 (p<0,001)	97,7%	p=0,128
	Intra grupos (experimentales)	4	4	0,89	0,93	-0,930	2,705	114,09 (p<0,001)	98,15%	p=0,109
	Intra grupos (controles)	4	4	-0,09	0,09	-0,265	0,085	2,60 (p=0,458)	0%	p=0,301
CV	Entre-intra grupos	3	3	2,60	1,22	0,212	4,979	30,55 (p<0,001)	97,55%	p=0,002

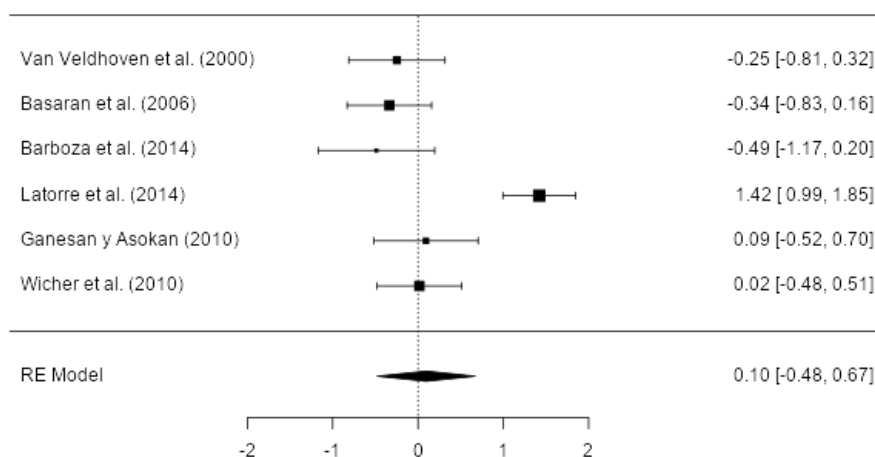
VD	Tipo	k	n de TE	TE pp	EE	Intervalos de confianza			I ² *	Test de Egger
						IC-	IC+	Q		
	Intra grupos (experimentales)	3	3	2,24	0,55	1,163	3,318	7,09 (p=0,029)	87,5%	p=0,018
	Intra grupos (controles)	3	3	-0,02	0,28	-0,567	0,537	12,32 (p=0,002)	85,61%	p=0,688

Notas: **TE entre-intra grupos: se calcula la diferencia entre medias post y pre del grupo experimental menos la diferencia entre medias post y pre del control y el resultados se divide entre desviación ponderada (Morris, 2008); Tipo: indica el tipo de metaanálisis aplicado; VD: variable dependiente; FEV1: Volumen espirado en el primer segundo de la maniobra; FVC: Capacidad vital forzada; PEF: Flujo exhalatorio forzado, las 3 variables de función pulmonar entre mayor puntaje mejor capacidad pulmonar; Síntomas: Severidad de los síntomas, a mayor puntaje mayor severidad de los síntomas; CV: calidad de vida, a mayor puntaje mejor percepción de CV; k: cantidad de estudios; n de TE: cantidad de tamaños de efecto (TE); TEpp: tamaño de efecto promedio ponderado; EE: error estándar; *: los resultados del estadístico I² se presentan en porcentajes. Test de Egger: se presentan los valores p de esta prueba, interpretándose p<0,1 como indicador de sesgo de publicación (Egger et al., 1997). Se aplicó el modelo de efectos aleatorios de máxima verosimilitud restringida.

Sobre el metaanálisis de tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos:

Figura 3.

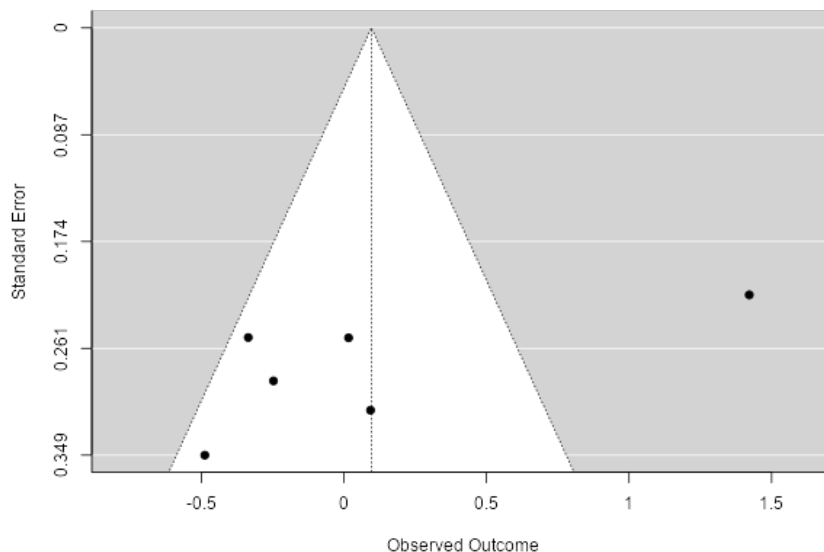
Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FEV1 de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos**



Notas: **TE entre-intra grupos: se calcula la diferencia entre medias post y pre del grupo experimental menos la diferencia entre medias post y pre del control y el resultados se divide entre desviación ponderada (Morris, 2008)

Figura 4.

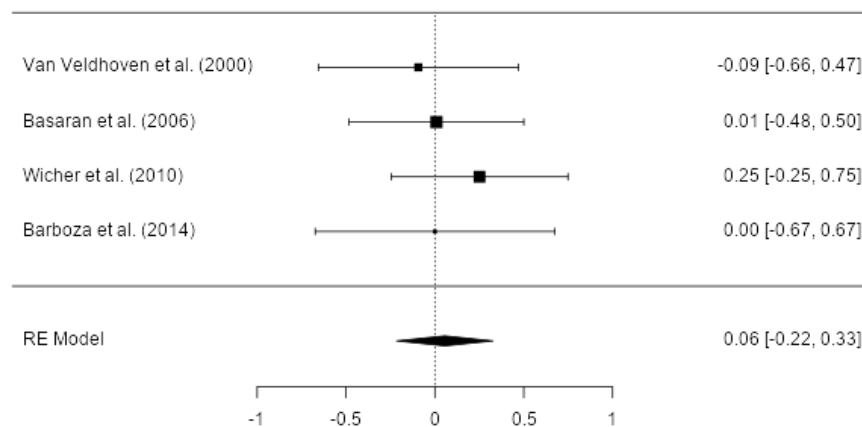
Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FEV1 de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos**



Notas: **TE entre-intra grupos: se calcula la diferencia entre medias post y pre del grupo experimental menos la diferencia entre medias post y pre del control y el resultados se divide entre desviación ponderada (Morris, 2008)

Figura 5.

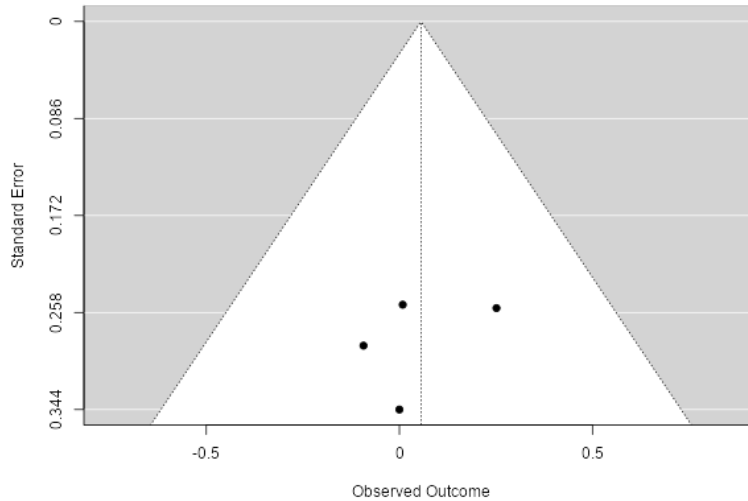
Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FVC de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos**



Notas: **TE entre-intra grupos: se calcula la diferencia entre medias post y pre del grupo experimental menos la diferencia entre medias post y pre del control y el resultados se divide entre desviación ponderada (Morris, 2008)

Figura 6.

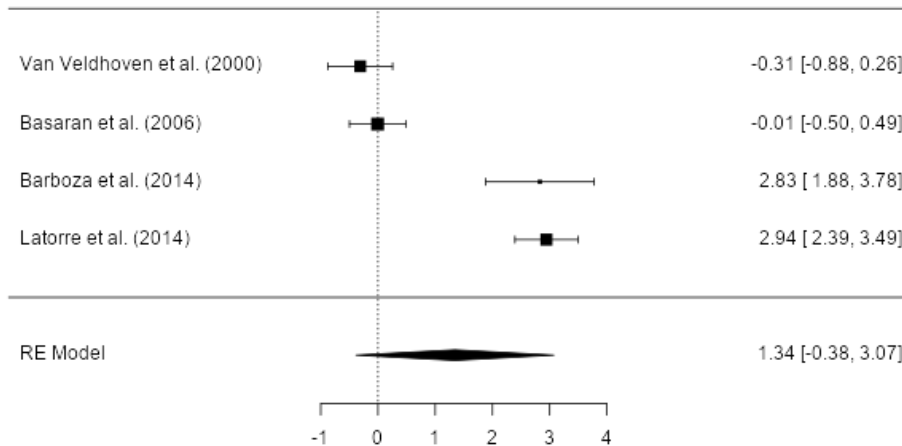
Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FVC de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos**



Notas: **TE entre-intra grupos: se calcula la diferencia entre medias post y pre del grupo experimental menos la diferencia entre medias post y pre del control y el resultados se divide entre desviación ponderada (Morris, 2008)

Figura 7.

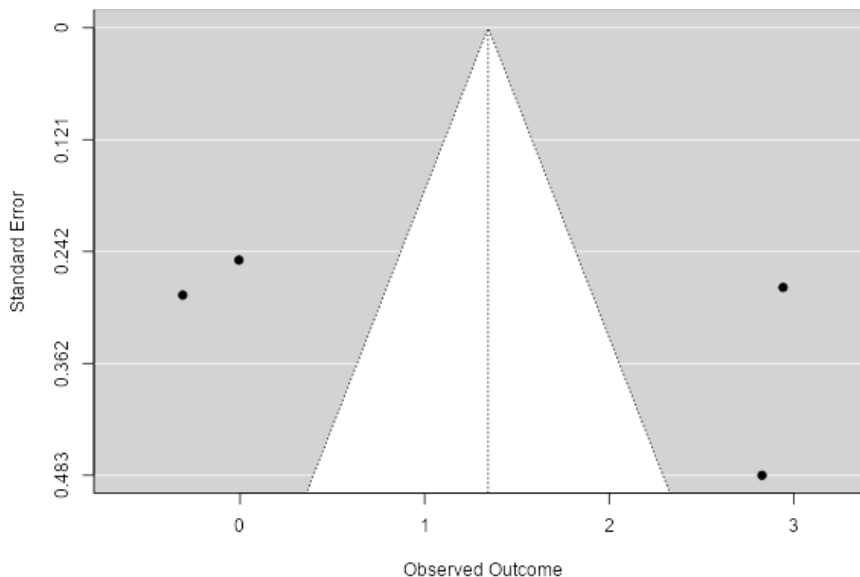
Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre PEF de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos**



Notas: **TE entre-intra grupos: se calcula la diferencia entre medias post y pre del grupo experimental menos la diferencia entre medias post y pre del control y el resultados se divide entre desviación ponderada (Morris, 2008)

Figura 8.

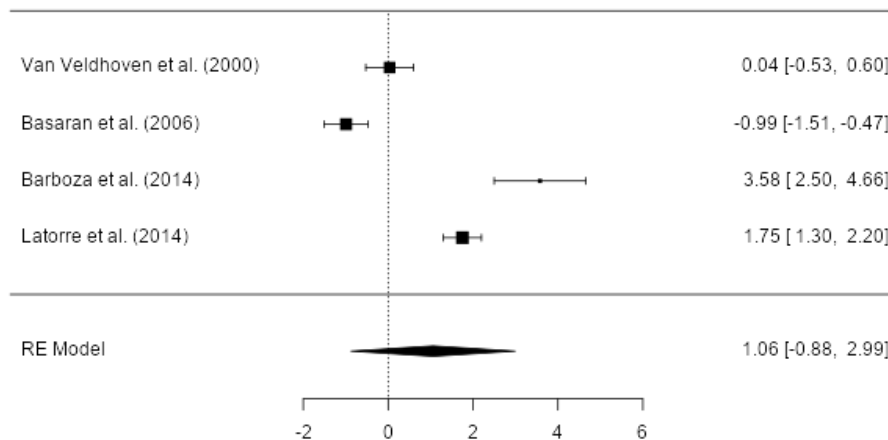
Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre PEF de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos**



Notas: **TE entre-intra grupos: se calcula la diferencia entre medias post y pre del grupo experimental menos la diferencia entre medias post y pre del control y el resultados se divide entre desviación ponderada (Morris, 2008)

Figura 9.

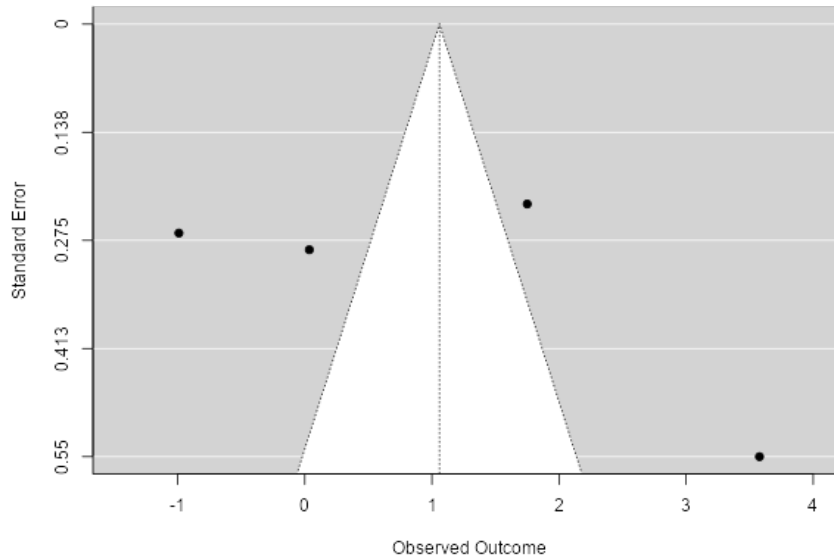
Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre los síntomas de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos**



Notas: **TE entre-intra grupos: se calcula la diferencia entre medias post y pre del grupo experimental menos la diferencia entre medias post y pre del control y el resultados se divide entre desviación ponderada (Morris, 2008)

Figura 10.

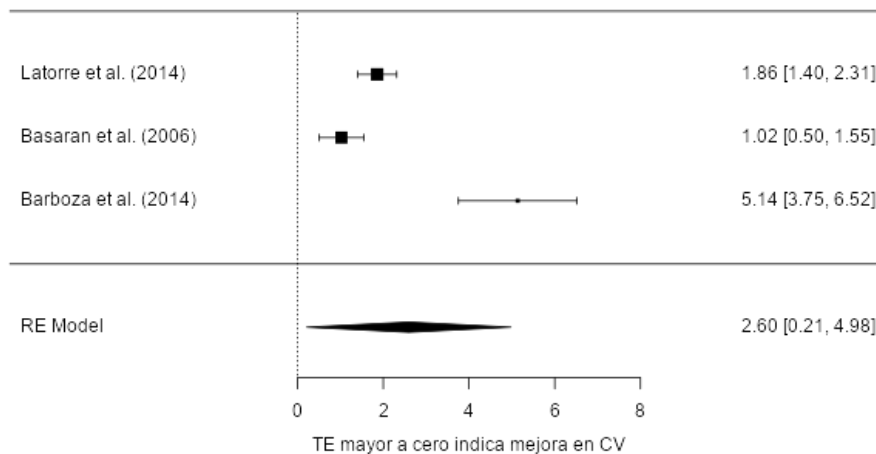
Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre los síntomas de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos**



Notas: **TE entre-intra grupos: se calcula la diferencia entre medias post y pre del grupo experimental menos la diferencia entre medias post y pre del control y el resultados se divide entre desviación ponderada (Morris, 2008)

Figura 11.

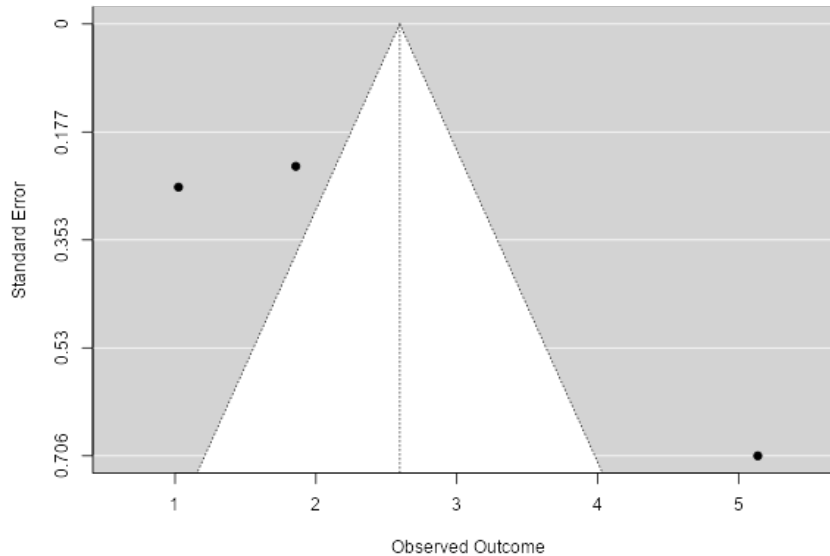
Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos**



Notas: **TE entre-intra grupos: se calcula la diferencia entre medias post y pre del grupo experimental menos la diferencia entre medias post y pre del control y el resultados se divide entre desviación ponderada (Morris, 2008)

Figura 12.

Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos**



Notas: **TE entre-intra grupos: se calcula la diferencia entre medias post y pre del grupo experimental menos la diferencia entre medias post y pre del control y el resultados se divide entre desviación ponderada (Morris, 2008)

Sobre el metaanálisis de tamaños de efecto (TE) intra grupos:

a) Grupos experimentales:

Figura 13.

Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FEV1 de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales

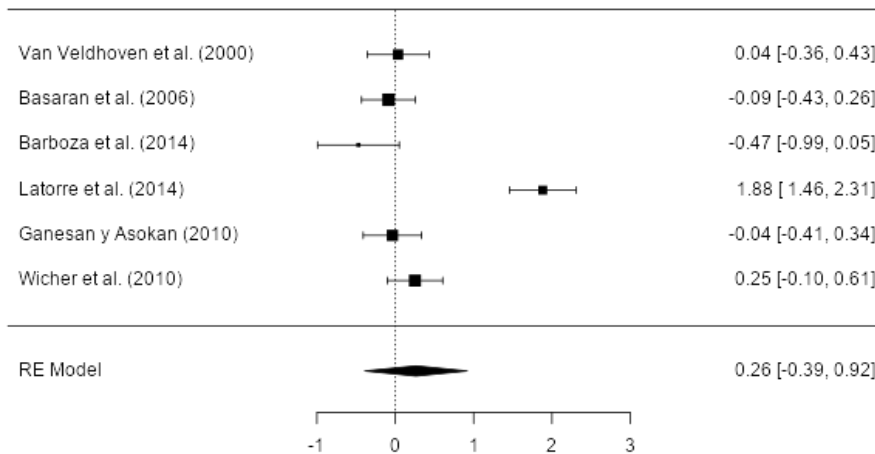


Figura 14.

Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FEV1 de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales

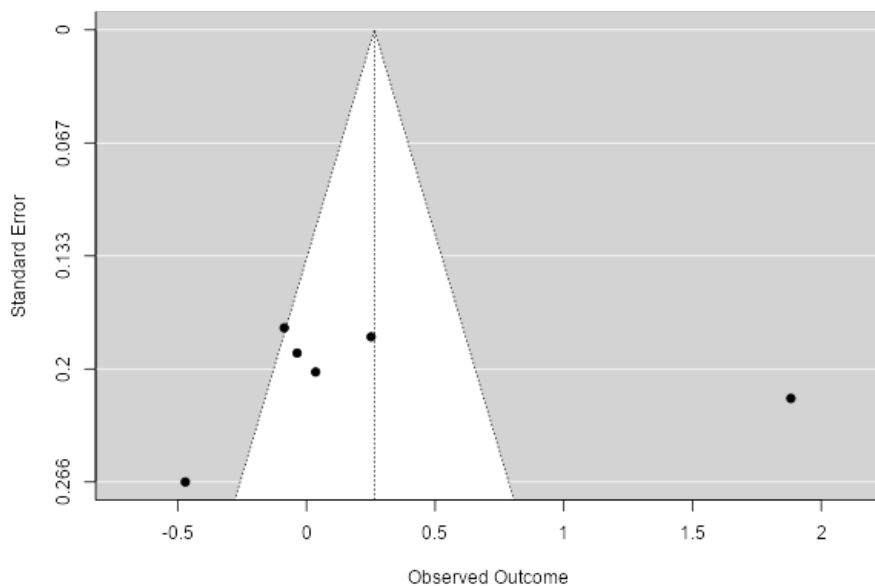


Figura 15.

Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FVC de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales

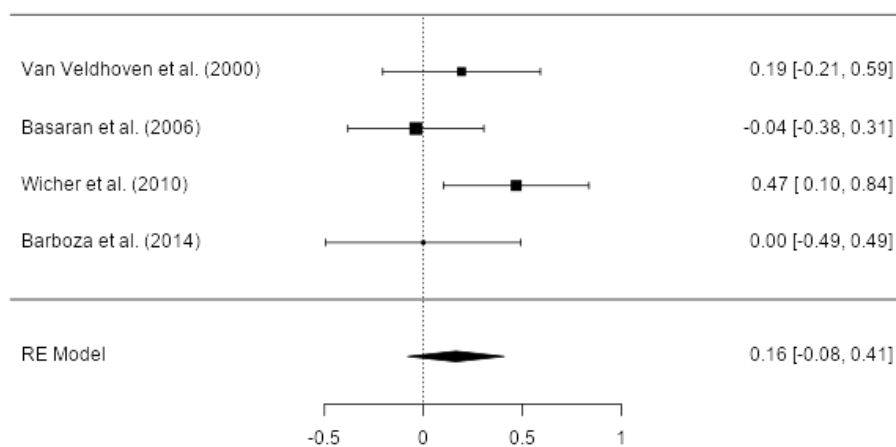


Figura 16.

Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FVC de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales

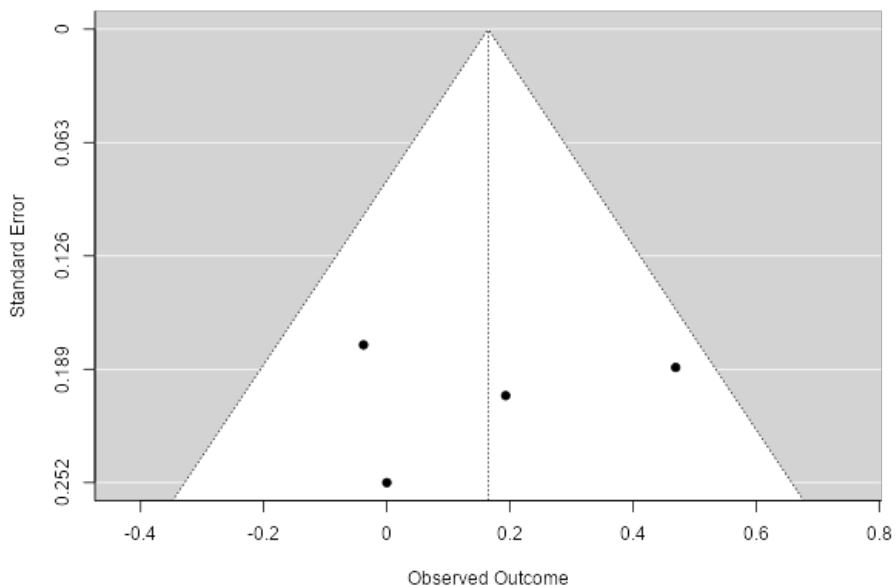


Figura 17.

Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre PEF de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales

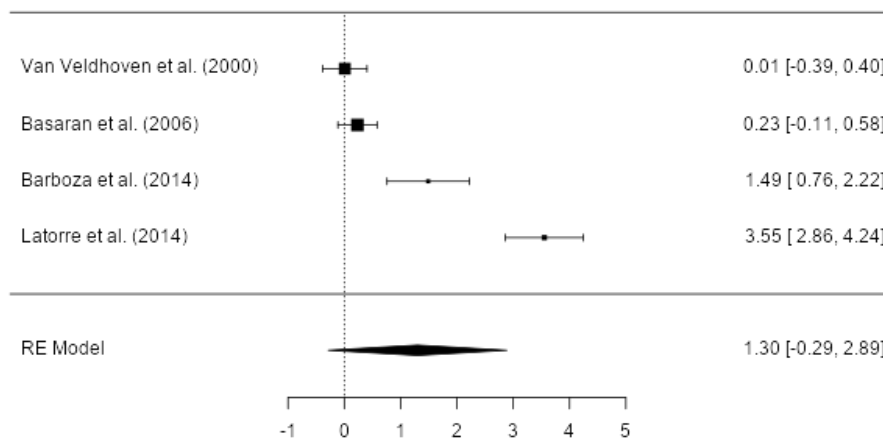


Figura 18.

Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre PEF de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales

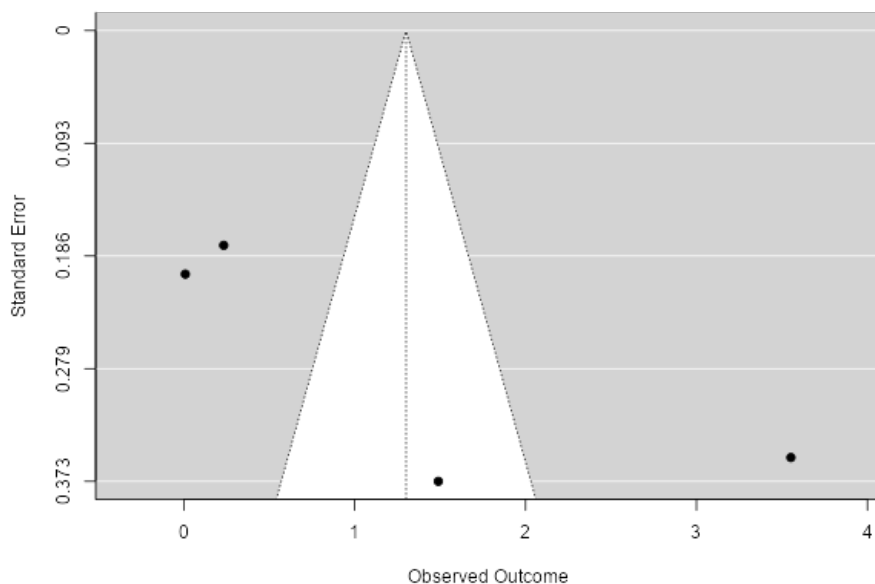


Figura 19.

Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre síntomas de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales

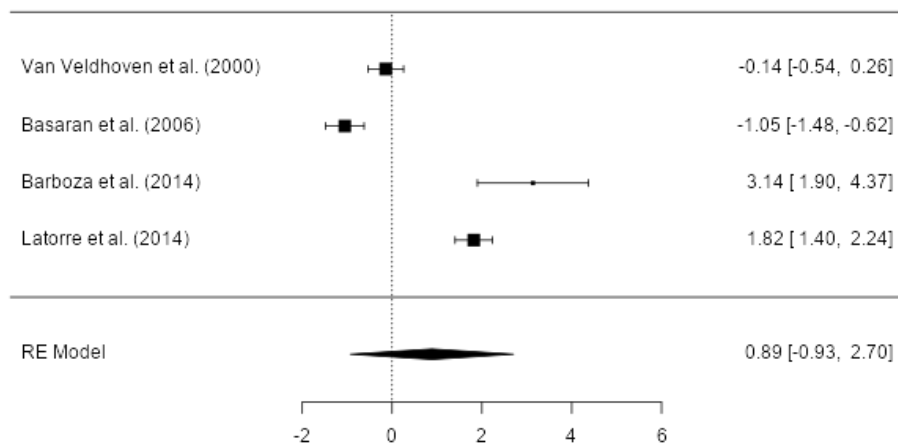


Figura 20.

Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre síntomas de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales

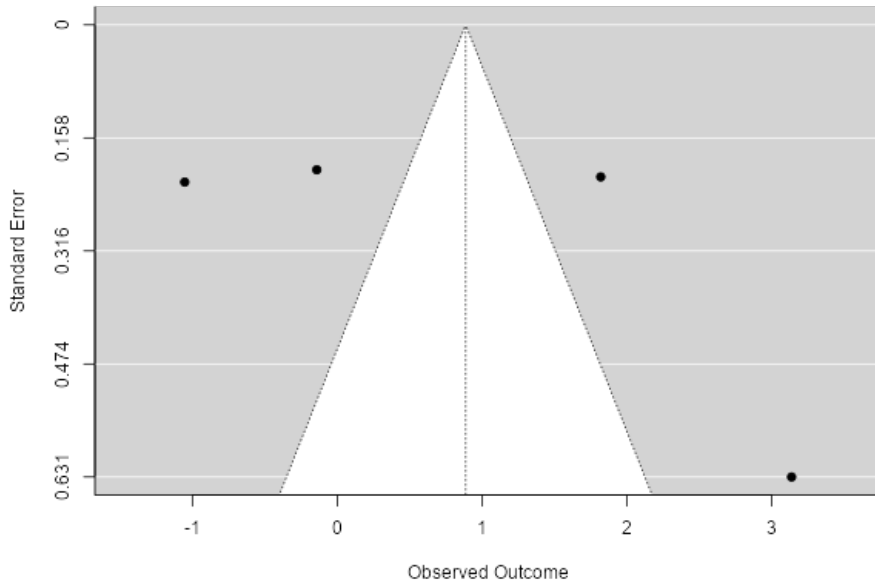


Figura 21.

Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales

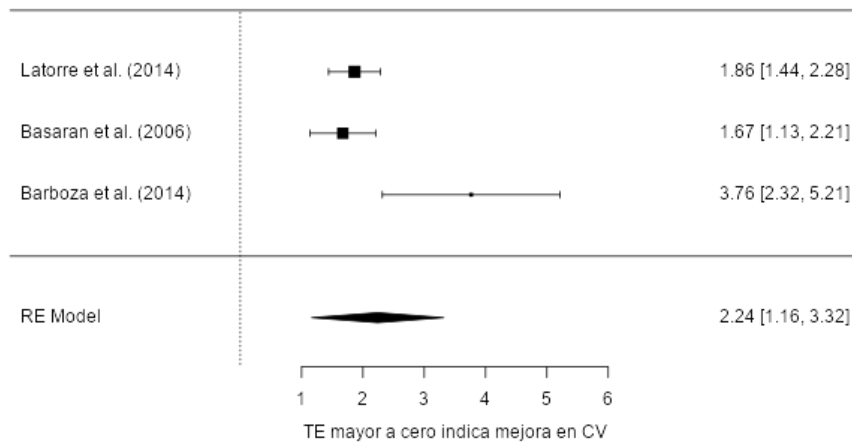
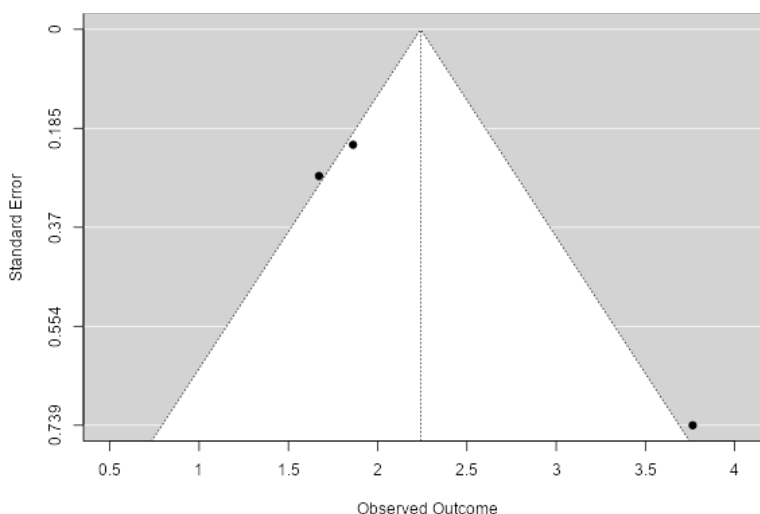


Figura 22.

Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos experimentales



b) Grupos controles:

Figura 23.

Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FEV1 de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles

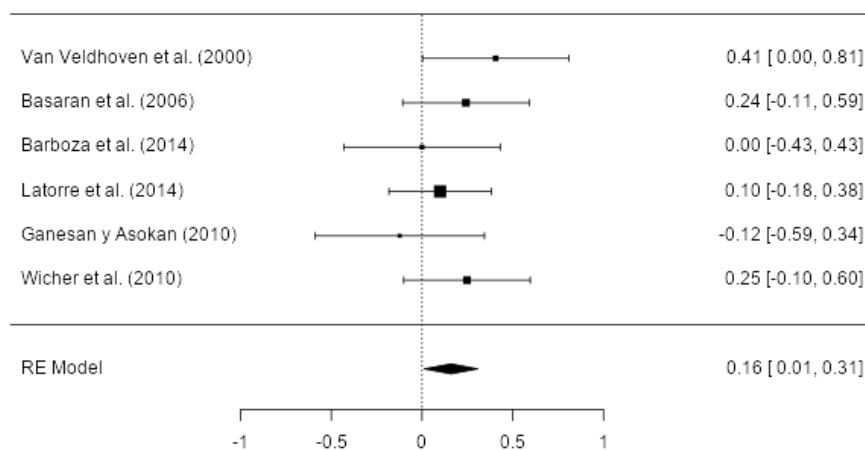


Figura 24.

Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FEV1 de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles

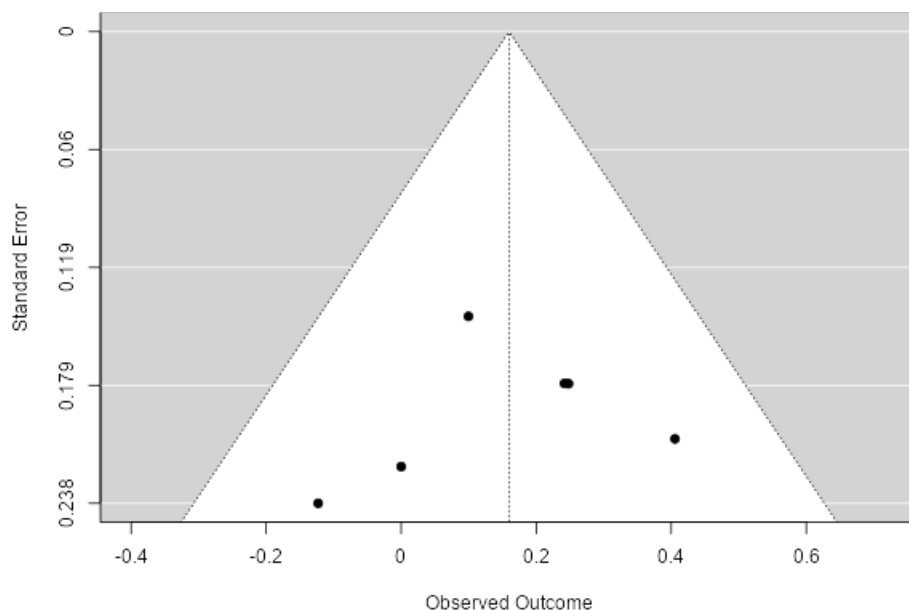


Figura 25.

Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FVC de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles

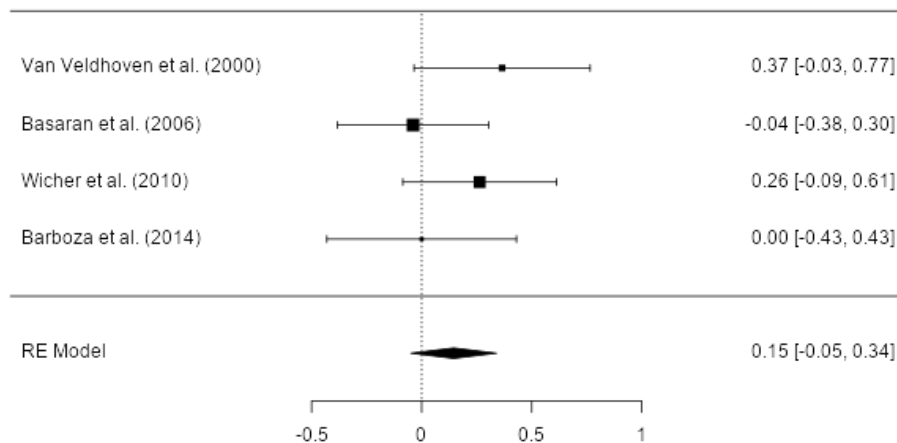


Figura 26.

Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre FVC de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles

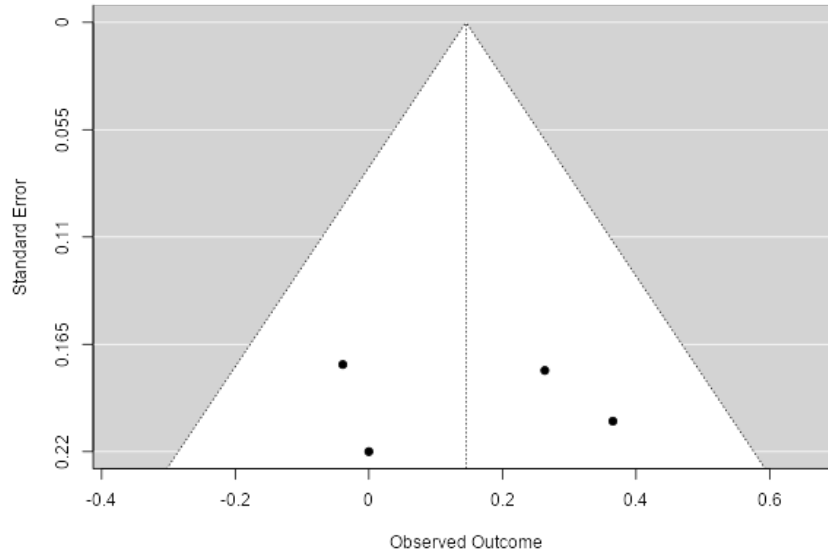


Figura 27.

Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre PEF de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles

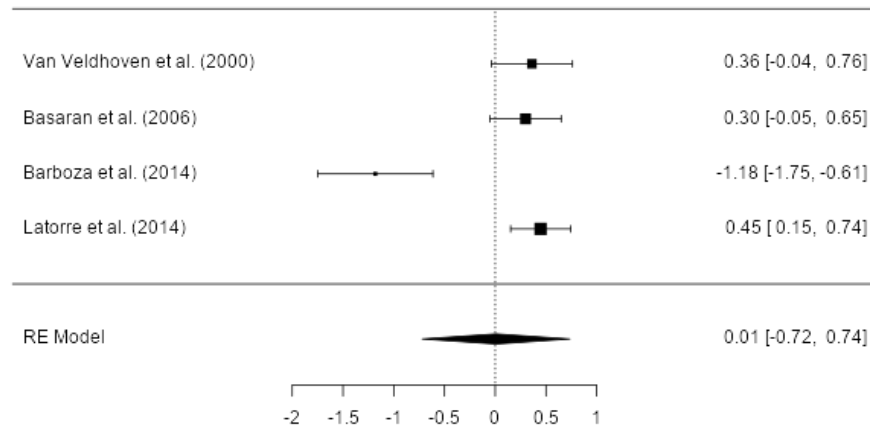


Figura 28.

Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre PEF de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles

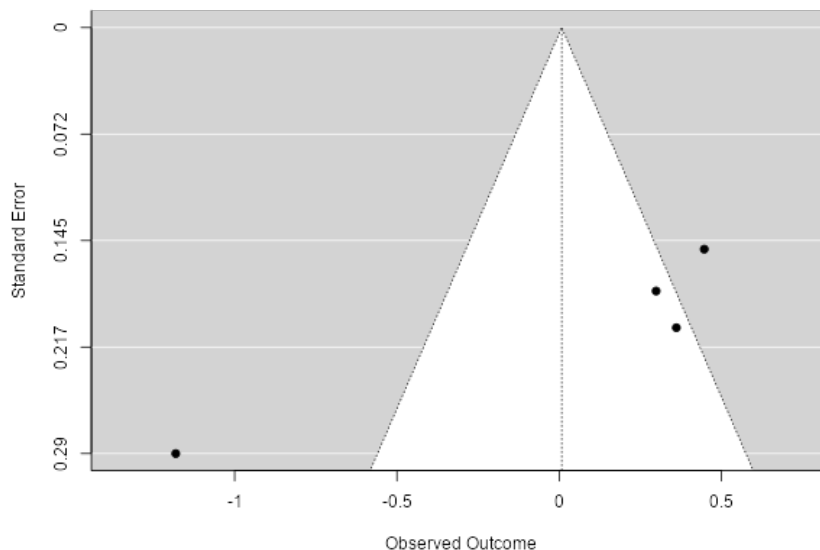


Figura 29.

Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre síntomas de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles

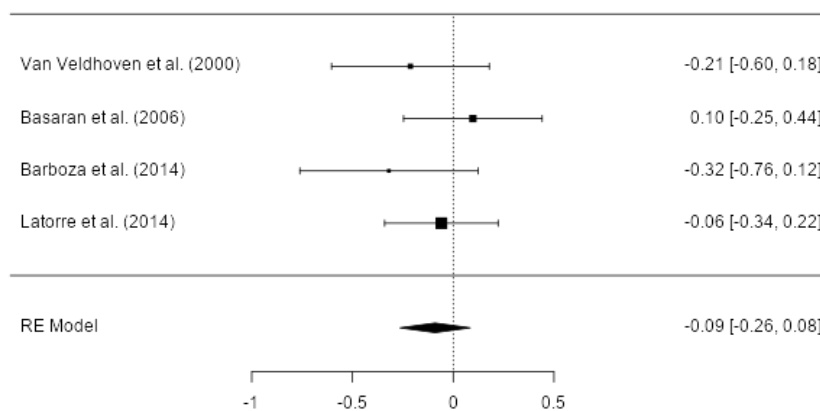


Figura 30.

Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre síntomas de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles

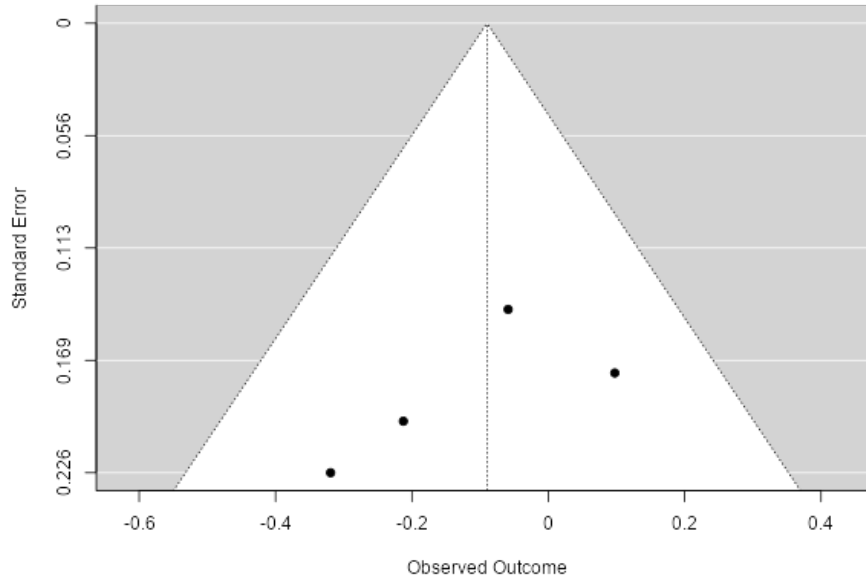


Figura 31.

Gráfico de bosque del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles

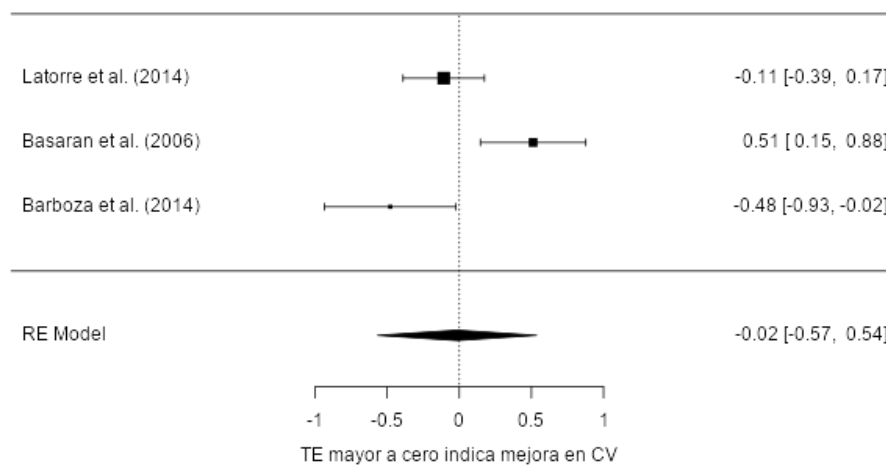
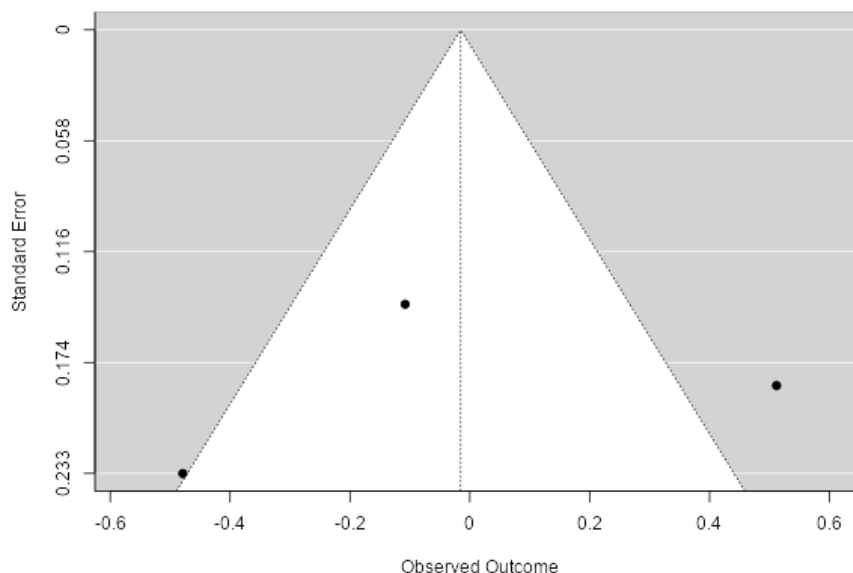


Figura 32.

Gráfico de embudo del metaanálisis del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos. Datos de grupos controles



Sobre análisis de variables moderadoras:

Tabla 7.

Resumen del análisis de seguimiento a variables moderadoras categóricas del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la función pulmonar, sintomatología y calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos

Variable dependiente y variables moderadoras	Niveles	TE	n	95% de confianza		Qb	gl
				IC-	IC+		
<i>FEV1</i>							
Tipo de ejercicio	Limitado	-0,20 ^a	3	-0,558	0,165	8,56*	1
	Deporte-aire libre	0,48	3	0,207	0,754		
Severidad del asma	Leve a moderado	0,82 ^a	2	0,478	1,166	18,74*	1
	Moderado a severo	-0,16	4	-0,443	0,121		
<i>FVC</i>							
Tipo de ejercicio	Limitado	-0,055	2	-0,496	0,385	0,40	1
	Deporte-aire libre	0,128	2	-0,226	0,483		
Severidad del asma	Leve a moderado	-0,093	1	-0,665	0,479	0,34	1

Continuación de tabla 7 (viene de página 67)

<i>PEF</i>	Moderado a severo	0,102	3	-0,213	0,417		
Tipo de ejercicio	Limitado	0,505 ^a	2	0,010	1,000	6,55*	1
	Deporte-aire libre	1,312	2	0,942	1,682		
Severidad del asma	Leve a moderado	1,379 ^a	2	0,979	1,778	6,83*	1
<i>Síntomas</i>	Moderado a severo	0,584	2	0,141	1,027		
Tipo de ejercicio	Limitado	0,784	2	0,276	1,292	0,38	1
	Deporte-aire libre	0,591	2	0,248	0,934		
Severidad del asma	Leve a moderado	1,092 ^a	2	0,737	1,446	16,62*	1
<i>Calidad de vida:</i>	Moderado a severo	-0,143	2	-0,619	0,333		
Tipo de ejercicio	Limitado	5,136 ^a	1	3,718	6,555	23,82*	1
	Deporte-aire libre	1,499	2	1,153	1,847		
Severidad del asma	Leve a moderado	1,857	1	1,398	2,317	0,91	1
	Moderado a severo	1,527	2	1,031	2,024		

Nota: Si $Q_b > \chi^2$ (99% de confianza con "niveles" - 1 gl) implica que los TE de los niveles que se compara son heterogéneos (existen diferencias entre al menos dos de ellos). Se marca (*) los Q_b estadísticamente significativos. n = cantidad de tamaños de efecto. ^aDiferencias (post hoc) entre ambas categorías.

Tabla 8.

Resumen del análisis de seguimiento a variables moderadoras categóricas del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la función pulmonar, sintomatología y calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos (pre v.s. post de datos derivados de grupos experimentales)

Variable dependiente y variables moderadoras	Niveles	TE	n	95% de confianza		Q_b	gl
				IC-	IC+		
<i>FEV1</i>							
Tipo de ejercicio	Limitado	-0,10 ^a	3	-0,348	0,152	14,21*	1
	Deporte-aire libre	0,54	3	0,322	0,759		
Severidad del asma	Leve a moderado	0,91 ^a	2	0,614	1,207	26,33*	1
	Moderado a severo	-0,02	4	-0,220	0,175		
<i>FVC</i>							

Continuación de tabla 8 (viene de página 68)

Variable dependiente y variables moderadoras	Niveles	TE	n	95% de confianza		Qb	gl
				IC-	IC+		
Tipo de ejercicio	Limitado	0,119	2	-0,205	0,443	0,14	1
	Deporte-aire libre	0,198	2	-0,059	0,456		
Severidad del asma	Leve a moderado	0,193	1	-0,219	0,606	0,02	1
	Moderado a severo	0,159	3	-0,072	0,391		
<i>PEF</i>							
Tipo de ejercicio	Limitado	0,330 ^a	2	-0,031	0,692	5,69*	1
	Deporte-aire libre	0,917	2	0,599	1,235		
Severidad del asma	Leve a moderado	0,908	2	0,555	1,261	3,46	1
	Moderado a severo	0,453	2	0,129	0,777		
<i>Síntomas</i>							
Tipo de ejercicio	Limitado	0,151	2	-0,242	0,543	1,39	1
	Deporte-aire libre	0,449	2	0,144	0,754		
Severidad del asma	Leve a moderado	0,814 ^a	2	0,519	1,108	30,52*	1
	Moderado a severo	-0,628	2	-1,047	-0,210		
<i>Calidad de vida:</i>							
Tipo de ejercicio	Limitado	3,765 ^a	1	2,226	5,304	6,03*	1
	Deporte-aire libre	1,790	2	1,452	2,128		
Severidad del asma	Leve a moderado	1,862	1	1,434	2,290	0,02	1
	Moderado a severo	1,908	2	1,390	2,426		

Nota: Si $Qb > \chi^2$ (99% de confianza con "niveles" - 1 gl) implica que los TE de los niveles que se compara son heterogéneos (existen diferencias entre al menos dos de ellos). Se marca (*) los Qb estadísticamente significativos. *n*= cantidad de tamaños de efecto. ^aDiferencias (post hoc) entre ambas categorías.

Tabla 9.

Resumen de regresión de mínimos cuadrados ponderados. Análisis de variables moderadoras continuas del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la función pulmonar, sintomatología y calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) entre-intra grupos

VD / Vm	Beta estandarizada	no Error típico corregido	Intervalos de Confianza (95%)		Z*
			IC-	IC+	
<i>FEV1:</i>					
Edad (años)	0,424	0,147	0,135	0,713	2,87
Duración de intervención con ejercicio (semanas)	0,179	0,049	0,083	0,275	3,66
Duración de las sesiones de ejercicio (minutos)	0,045	0,022	0,003	0,088	2,09
<i>FVC:</i>					
Edad (años)	-0,074	0,291	-0,645	0,497	-0,25
Duración de intervención con ejercicio (semanas)	0,019	0,057	-0,093	0,131	0,33
Duración de las sesiones de ejercicio (minutos)	0,004	0,026	-0,047	0,055	0,16
<i>PEF:</i>					
Edad (años)	2,469	0,256	1,967	2,971	9,64
Duración de intervención con ejercicio (semanas)	0,088	0,067	-0,043	0,219	1,32
Duración de las sesiones de ejercicio (minutos)	-0,133	0,035	-0,201	-0,065	-3,83
<i>Síntomas:</i>					
Edad (años)	2,182	0,242	1,708	2,656	9,02
Duración de intervención con ejercicio (semanas)	0,162	0,068	0,029	0,295	2,40
Duración de las sesiones de ejercicio (minutos)	-0,209	0,039	-0,285	-0,133	-5,38
<i>Calidad de vida:</i>					
Edad (años)	0,951	0,278	0,406	1,496	3,42
Duración de intervención con ejercicio (semanas)	-0,013	0,079	-0,169	0,143	-0,16
Duración de las sesiones de ejercicio (minutos)	-0,242	0,050	-0,340	-0,144	-4,86

Notas: VD= variable dependiente. Vm= variable moderadora continua. Z*= si el valor absoluto de Z>1,96 entonces la VM tiene efecto estadísticamente significativo al 95% de confianza.

Tabla 10.

Resumen de regresión de mínimos cuadrados ponderados. Análisis de variables moderadoras continuas del efecto del entrenamiento de tipo aeróbico sobre la función pulmonar, sintomatología y calidad de vida de niños con asma. Tamaños de efecto (TE) intra grupos (pre v.s. post de datos derivados de grupos experimentales)

VD / Vm	Beta estandarizada	no Error típico corregido	Intervalos de Confianza (95%)		Z*
			IC-	IC+	
<i>FEV1:</i>					
Edad (años)	0,133	0,102	-0,068	0,334	1,30
Duración de intervención con ejercicio (semanas)	0,181	0,037	0,108	0,254	4,84
Duración de las sesiones de ejercicio (minutos)	0,054	0,016	0,023	0,085	3,44
<i>FVC:</i>					
Edad (años)	-0,148	0,219	-0,578	0,282	-0,67
Duración de intervención con ejercicio (semanas)	0,073	0,042	-0,010	0,156	1,72
Duración de las sesiones de ejercicio (minutos)	0,013	0,019	-0,024	0,050	0,68
<i>PEF:</i>					
Edad (años)	1,918	0,240	1,447	2,389	7,97
Duración de intervención con ejercicio (semanas)	0,059	0,054	-0,048	0,166	1,08
Duración de las sesiones de ejercicio (minutos)	-0,061	0,028	-0,115	-0,006	-2,19
<i>Continuación de tabla 10 (viene de página 66)</i>					
<i>Síntomas:</i>					
Edad (años)	2,180	0,216	1,757	2,603	10,11
Duración de intervención con ejercicio (semanas)	0,270	0,061	0,150	0,390	4,42
Duración de las sesiones de ejercicio (minutos)	-0,193	0,045	-0,282	-0,104	-4,25
<i>Calidad de vida:</i>					
Edad (años)	0,283	0,279	-0,264	0,830	1,01
Duración de intervención con ejercicio (semanas)	-0,049	0,080	-0,205	0,107	-0,62
Duración de las sesiones de ejercicio (minutos)	-0,132	0,054	-0,238	-0,026	-2,45

Notas: VD= variable dependiente. Vm= variable moderadora continua. Z*= si el valor absoluto de Z>1,96 entonces la VM tiene efecto estadísticamente significativo al 95% de confianza.

En general, los quince metaanálisis aplicados (10 involucrando a los grupos experimentales de alguna manera), no evidencian beneficios de las intervenciones de ejercicio con componente aeróbico, en la función pulmonar y los síntomas de niños y niñas con asma (tabla 6). Solo en calidad de vida se observó beneficios estadísticamente significativos, pero esta evidencia no es robusta, por lo que debe tomarse con cautela, como se explicará a continuación.

El metaanálisis aplicado a los datos de calidad de vida evidencia beneficios en esta variable, atribuibles a las intervenciones con ejercicio aeróbico aplicadas a población pediátrica con asma, observándose un efecto grande (según criterios de Cohen, 1988; Ellis, 2009), pero con alta heterogeneidad (superior al 75% delimitado por autores como Cooper et al., 2009) y además con evidencia de sesgo de publicación (Egger et al., 1997). Estos resultados se ilustran con más detalle en los gráficos de bosque (figuras 11, 21 y 31) y de embudo (figuras 12, 22 y 32) correspondientes. En el gráfico de bosque se muestra que el TE del estudio de Barboza et al. (2014) fue extremo y así, es la principal causa del sesgo señalado. Más adelante en el capítulo de discusión, se profundizará las características de este estudio que podrían explicar este comportamiento.

Al eliminar el estudio de Barboza et al. (2014), se mantuvo el resultado global de beneficios del ejercicio aeróbico sobre la calidad de vida ($TE=1,5$; $IC95\%=1,15 - 1,85$) y disminuyó la heterogeneidad pero manteniéndose todavía alta ($I^2= 81,55\%$) y así mismo, se mantuvo el sesgo de publicación ($p=0,02$). Por tanto, esta evidencia indica que las intervenciones con ejercicio aeróbico pueden favorecer la percepción de calidad de vida de niños y niñas con asma, pero estos resultados deben tomarse con cuidado ante el sesgo de publicación detectado. Además, la heterogeneidad detectada indica que existen características (variables moderadoras) en los estudios sistematizados, que podrían explicar estos resultados. Más adelante (tablas 7 a 10) se presentan los resultados del análisis de seguimiento de estas variables.

Volviendo a los resultados de las otras variables metaanalizadas, salvo por el caso de FVC, en todas hubo alta heterogeneidad, lo cual indica que bajo ciertas condiciones podrían evidenciarse beneficios. Por tanto, es necesario el examen de variables moderadoras para dilucidar esta cuestión.

Por otro lado, los cinco metaanálisis aplicados a datos de los grupos control de forma aislada, mostraron que para el caso de los efectos en FEV1, existió afectación de variables extrañas a la intervención con ejercicio (en este caso los controles tuvieron efecto de mejora mientras que los experimentales no), y esto podría indicar debilidad en el diseño de los estudios y por tanto, debilidad en las evidencias. Este problema no se detectó en las otras cuatro variables metaanalizadas (ver tabla 8).

Como se aprecia en las tablas 7 a 10, los análisis de variables moderadoras permiten observar efectos de las intervenciones de ejercicio que estaban ocultos por la alta heterogeneidad observada en las variables metaanalizadas.

En el caso de FEV1 se encontró efecto moderador del tipo de ejercicio y de la severidad del asma. Los estudios donde se aplicaron intervenciones de ejercicio con componente aeróbico mediante actividades deportivas o realizadas al aire libre, y los estudios que tuvieron participantes de severidad leve a moderada de asma, tuvieron mejoras estadísticamente significativas en FEV1 (tabla 8), siendo este efecto distinto entre grupos experimentales y controles (tabla 7). Además, la duración en semanas de la intervención (a mayor cantidad de semanas mayor efecto) y en minutos de las sesiones (a mayor tiempo mayor efecto), moderan los efectos del ejercicio en FEV1 (tabla 10), difiriendo este efecto entre individuos intervenidos y controles (tabla 7). En el caso de la edad, en principio mostró efecto moderador (tabla 9), pero dicho efecto no se verificó en los participantes de grupos de ejercicio (tabla 10).

Por otro lado, en la variable FVC no se evidenció efectos moderadores del tipo de intervención con ejercicio ni de la severidad del asma, de la edad ni de la duración

en semanas de las intervenciones ni de la duración en minutos de las sesiones de ejercicio, algo esperable ante la relativa homogeneidad de los TE de los metaanálisis de esta variable (Tabla 6). De forma consistente no hubo efectos estadísticamente significativos.

En cuanto a la variable PEF, el tipo de ejercicio tuvo efecto moderador, al igual que la severidad del asma, además de la edad y la duración de las sesiones de ejercicio en minutos (tablas 7 a 10). Los participantes de ejercicio mediante actividades deportivas o al aire libre, tuvieron mayores efectos de mejora de PEF atribuibles al ejercicio, en comparación con quienes realizaban ejercicio en condiciones más controladas o enclaustradas (gimnasio, banda sin fin), quienes no tuvieron efectos atribuibles al ejercicio (tabla 8). Así mismo, los participantes con severidad leve a moderada tuvieron mayores efectos beneficiosos que quienes se catalogaban en el nivel de asma moderado a severo (pero que también mostraron beneficios del ejercicio). En cuanto a los otros efectos moderadores, a mayor edad, mayor efecto beneficioso del ejercicio en la variable PEF y a menor duración de las sesiones, mayor efecto (tablas 9 y 10).

Con respecto a los síntomas, el análisis de variables moderadoras muestra resultados que requerirán una discusión cuidadosa más adelante. Teniendo en cuenta que un TE positivo indica aumento en el puntaje de síntomas (es decir, peor condición), se observó que los participantes con asma leve a moderado tuvieron efectos de aumento de síntomas, mientras que los participantes con asma moderado a severo tuvieron efecto de disminución de los síntomas. Además, el ejercicio realizado mediante actividades deportivas o al aire libre, tuvo tendencia al aumento de síntomas, pero este efecto moderador no fue estadísticamente significativo (tabla 8). Por otro lado, la edad, las semanas de intervención y los minutos de duración de las sesiones, tuvieron efecto moderador estadísticamente significativo (tablas 9 y 10). Los participantes de más edad mostraron efectos de aumento de los síntomas, al igual que las intervenciones más largas, mientras que las sesiones más cortas tienden a aumentar los síntomas (relación inversa).

Finalmente, con respecto a la variable calidad de vida, el tipo de ejercicio tuvo efecto moderador (ambas categorías de ejercicio mejoran la calidad de vida, pero los efectos fueron mayores en quienes realizaron ejercicio en condiciones más controladas), al igual que la duración en minutos de las sesiones de ejercicio (sesiones más cortas generan efectos de mejora de la percepción de calidad de vida).

Capítulo V DISCUSIÓN

Actualmente se conoce que la práctica regular de actividad física no solo mejora la salud general, sino que también puede tener un impacto positivo en el manejo de distintas patologías. En el caso del asma, mejora el control de la enfermedad, así como, la calidad de vida de las personas que lo padecen. Asimismo se reconoce que es un componente importante para mantener un estilo de vida saludable y que se debe contemplar como parte de la rutina de vida de los niños, múltiples estudios han demostrado que los niños que hacen ejercicio regularmente tienen un menor riesgo de depresión, mejora de la salud ósea de por vida, tienen menor riesgo de obesidad e hipertensión y mejora de la función pulmonar (McLoughlin et al., 2021).

Los niveles bajos de actividad física llevan a des acondicionamiento crónico, particularmente el asma más severa genera que los niños sean menos activos y que tengan una condición cardiorrespiratoria más baja en comparación con los niños sanos de mismos rangos de edad. Los proveedores de atención médica tienen la oportunidad de influir en los niveles de actividad física de sus pacientes durante las visitas regulares al consultorio. No obstante, el personal de atención médica a menudo pasa por alto el asesoramiento sobre actividad física como complemento de la terapia farmacológica y el abordaje integral en pacientes con asma (Nyenhuis et al., 2021).

Por otra parte los síntomas de asma pueden limitar actividades rutinarias, tendiendo a generar en las personas diagnosticadas aumento del sedentarismo, esto porque dicha personas son propensas a evitar la práctica del ejercicio. Tal y como lo comenta Barboza (2014) en su estudio de los beneficios del entrenamiento aeróbico sobre el componente inflamatorio del asma, la calidad de vida es el principal componente que se ve beneficiado con la inclusión del ejercicio en el manejo del asma, ya que se reduce el número de visitas a salas de emergencia, menos exacerbaciones, y todo esto lleva a mejorar los aspectos psicosociales del individuo.

Pese a que el metaanálisis de dicha variable se redujo a únicamente tres estudios que utilizaron, todos, el mismo instrumento (Cuestionario de calidad de vida en niños con asma, PAQLQ), se demostraron resultados francamente positivos. Tomando en cuenta que el instrumento evalúa los síntomas, la limitación de la actividad y la función emocional, el aporte estadísticamente significativo de este análisis demuestra que la inclusión de la actividad física es de vital importancia para mejorar las tres dimensiones antes mencionadas.

Un análisis del impacto de un programa de entrenamiento aeróbico en la calidad de vida relacionada con la salud específica del asma, los síntomas de asma, la ansiedad y las puntuaciones de depresión en pacientes con asma persistente moderada o grave encontró que el entrenamiento aeróbico tenía un papel importante en el tratamiento clínico del asma persistente (Lu et al., 2021).

De forma individual los estudios incluidos en el metaanálisis no demostraron efectos estadísticamente significativos en el componente de función pulmonar de los grupos experimentales versus grupo control. Dentro de la revisión de literatura consultada únicamente una revisión Cochrane de 2013 la cual evaluó 8 estudios de entrenamiento de natación para niños con asma, encontró que la natación se asoció con una mejora en la función pulmonar (demostrada por un aumento del volumen espiratorio forzado en el 1 segundo (FEV1), capacidad vital forzada (FVC) y flujo espiratorio forzado entre el 25% y 75% de la maniobra. Este hallazgo es un caso atípico porque la mayoría de las intervenciones de actividad física en niños con asma no han producido una mejora significativa en las mediciones de la función pulmonar (Nyenhuis et al., 2021).

Esto se puede explicar porque los efectos de la actividad física sobre la función pulmonar son mixtos y el efecto positivo sobre la salud cardiovascular, la calidad de vida y disminución de síntomas se roban protagonismo con mejoras mucho más significativas. El grado variable de mejora en cuanto a función pulmonar puede

deberse a matices dentro de las intervenciones de actividad física, como la intensidad y la duración. Los participantes con la mayor mejora tuvieron sesiones de entrenamiento más largas varias veces por semana (Chang et., 2020).

En cuanto al volumen exhalatorio forzado en el primer segundo (FEV1) más bien se evidencio una mejora en el grupo control versus el experimental. Esto se puede justificar debido a que la muestra fue verdaderamente limitada. Actualmente no se cuenta con la cantidad de estudios experimentales suficientes sobre el entrenamiento aeróbico en niños, siendo esto una limitación significativa para la obtención de resultados más claros. Sin embargo, en un análisis más profundo en donde se incluyen variables como el número de semanas de entrenamiento y el tiempo de sesión, se demuestra que si la intervención es mayor en cuanto a semanas y tiempo, se demuestran cambios positivos en la variable, especialmente en los pacientes categorizados de leve a moderados (Lack et al., 2020).

Por tanto, si se plantean métodos de entrenamiento más claros con respecto a estas variables podrían manifestarse resultados mucho más alentadores.

En cuanto a la capacidad vital forzada (FVC) se evidenciaron resultados homogéneos, en todos los estudios metaanalizados no se mostraron cambios en los valores espirométricos de los grupos intervenidos. Como ya se explicó anteriormente se relaciona con el diseño de los estudios en donde la metodología de intervención se construyó con algunas falencias, por ejemplo

- Tamaño de muestra muy pequeño (debido a los mitos que existen alrededor de pacientes asmáticos y actividad física).
- Tiempos de intervención y tiempos de sesión muy cortos: Tomando en cuenta que los principales cambios asociados con el entrenamiento se producen entre 6 a 10 semanas todos los programas de entrenamiento bien elaborados incluyen el principio de sobrecarga progresiva que explica que “para maximizar los beneficios del entrenamiento, el estímulo del

entrenamiento debe incrementarse progresivamente conforme el cuerpo se adapta al estímulo actual” (Wilmore y Costill, 2007, p.409). Aspecto que no se cumplió en todos los estudios incluidos en el metaanálisis, ya que algunos de ellos definieron periodos de intervención más cortos siendo esta la posible causa de la afectación en el resultado estadístico final.

Ahora bien, en cuanto al flujo espiratorio máximo (PEF) se mostraron cambios positivos en los pacientes catalogados entre leve y moderado, y aunque en menor grado también se dieron mejoras en los moderados a severos. Esta variable sí presentó cambios positivos en los estudios que se incluyeron en el metaanálisis lo cual es muy valioso siendo este el parámetro que orienta el grado de obstrucción de la vía aérea.

En el caso de los síntomas los resultados deben analizarse con cautela ya que en el caso del grupo con síntomas leves a moderados se mostró un aumento de los síntomas, esto significa mayor severidad. Lo anterior se puede explicar posiblemente por el broncoespasmo inducido por el ejercicio que experimentan las personas asmáticas. Sin embargo, evaluando la evidencia científica, los estudios sugieren que el ejercicio aeróbico regular de intensidad baja a moderada reduce la inflamación eosinofílica y linfocítica. Otros mecanismos a través de los cuales el ejercicio podría proteger contra las lesiones respiratorias incluyen la reducción de la hipertrofia e hiperplasia del músculo liso de las vías respiratorias, la infiltración de leucocitos y la producción de citoquinas proinflamatorias (Del Giacco et al., 2022).

Esto se comprueba con el análisis de variable moderadora que relacionó un aumento de los síntomas en las actividades que se realizaron al aire libre versus las que se realizaron en ambiente controlado, ya que como se explicó a partir de Craig y Dispenza (2013) el aumento de síntomas y broncoespasmo durante el ejercicio se asocia altamente con la práctica de entrenamiento en ambientes no favorables (ambientes con partículas irritantes, aire seco o frío), aumentando así la hiperrespuesta de la vía aérea.

Aun cuando los resultados obtenidos no fueron estadísticamente significativos es importante tomarlo en cuenta para plantear de mejor forma un futuro programa de entrenamiento para esta población.

Por otra parte los síntomas en los pacientes moderados a severos disminuyeron, lo que representa un parte muy relevante; ya que elimina la creencia popular de que el paciente más críticos deben ser el más inactivo. De la mano con esta, los resultados obtenidos muestran que este grupo es el que podría verse más beneficiado de la práctica habitual de actividad física.

El beneficio más constante del ejercicio regular se correlaciona con el análisis de la literatura la cual expone mejoras puntuales en menor cantidad de ingresos hospitalarios, síntomas como sibilancias, uso de medicamentos y ausentismo escolar. La necesidad de incluir entrenamiento aeróbico también permite controlar el broncoespasmo inducido por el ejercicio de manera efectiva (Del Giacco et al., 2022).

Para finalizar no se puede dejar de lado la importancia de un adecuado manejo de la enfermedad a través del uso correcto de la medicación, la educación en los factores desencadenantes, así como el abordaje integral de la enfermedad. Estos aspectos sí fueron tomados en cuenta para los criterios de inclusión de todos los estudios utilizados en el metaanálisis; siendo el control de estos factores muy importante para la aplicación de los entrenamiento.

No es posible realizar intervenciones experimentales en población con enfermedad descompensada. Así como si estuviesen asociadas otras patologías de fondo.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

1. La evidencia científica en cuanto a intervenciones de entrenamiento en niños asmáticos es muy escasa, esto impide análisis con resultados más concluyentes y significativos que los que se obtuvieron en esta investigación. Es de vital importancia plantear investigaciones de tipo experimental dirigidas a esta población.
2. Pese a que existe a nivel internacional el Manual de manejo del ejercicios para personas con enfermedades crónicas y discapacidades, no se incluye a la población infantil. Es decir, los esfuerzos por plantear direcciones homogéneas en la atención del asma no se llevan a cabo tomando en cuenta las particularidades de este grupo de la sociedad.
3. Los programas de ejercicio que se aplicaron en las investigaciones tomadas en este metaanálisis fueron diversos. Esto quiere decir que no hay estándares que rijan la actividad física de forma que los resultados sean mucho más significativos. Esto vuelve más evidente la necesidad de establecer protocolos de manejo de la enfermedad.
4. La inactividad en la población asmática se asocia con obesidad, aumento de síntomas y aumento de la necesidad de fármacos, lo cual implica nivel de gasto mucho mayor al sistema de salud. A diferencia de que se estuviese abordando la enfermedad a través de protocolos de actividad física, entonces la implementación de un estilo de vida más activo se vuelve absolutamente necesaria.
5. La actividad física es una herramienta fundamental que se debe tomar en cuenta en el manejo integral del asma, sin importar la severidad de los síntomas propios de cada paciente.
6. Es necesario romper con ciertas creencias o mitos sociales alrededor del asma y el ejercicio. La evidencia científica muestra sus beneficios y es necesario socializarlos para que así la población infantil diagnostica con esta enfermedad mejores su calidad de vida y desarrollo psicosocial y motor.

7. A nivel nacional es importante también mencionar que el sistema de salud no cuenta con programas de este tipo en la intervención o manejo de pacientes asmáticos de la población infantil.

Capítulo VII

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar investigación experimental en niños y niñas, que al mismo tiempo se construya con metodologías robustas y muestran significativas. Las cifras mundiales muestran que son un amplio sector de la población, es necesario tomarlos en cuenta y dirigir investigaciones específicas.
2. Se recomienda que los estudios futuros en este ámbito generen un protocolo estandarizado de entrenamiento aeróbico que incluya las variables de programación del entrenamiento de forma más clara y detallada.
3. Se recomienda la educación en la familia, sin embargo también es fundamental el rol que cumplen las personas educadoras físicas de estos niños y niñas. Ya que en ocasiones se han visto excluidos de las dinámicas de ejercicio por padecer esta enfermedad.
4. Se recomienda incorporar actividades por medio de juegos, en donde se trabaje intensidades de bajas a moderadas. Y las actividades de alta intensidad por períodos cortos.
5. Se recomienda que futuras investigaciones incluyan intervenciones por tiempos más prolongados, tanto en la duración de sesiones, días a la semana, y período completo de experimentación.
6. Se recomienda una futura investigación que incluya también el entrenamiento de musculatura respiratoria, en combinación con las actividades del entrenamiento aeróbico.

Referencias

- Aguirre Pérez, O., Álvarez Carmenate, M., González Ortega, E., Martínez, D., P, C., Sansón, B., ... Elena, M. (2010). Calidad de vida en el adolescente asmático. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 26(4), 636-646.
- Avallone, K. M., y McLeish, A. C. (2013). Asthma and Aerobic Exercise: A Review of the Empirical Literature. *Journal of Asthma*, 50(2), 109-116. <https://doi.org/10.3109/02770903.2012.759963>
- Barboza, L; Britto, M; Silva, N; García, R y Figueroa, J. (2014). Efficacy of aerobic training in improving the inflammatory component of asthmatic children. Randomized trial. *ELSEVIER INC*, 108, 1438-1445. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmed.2014.07.009>
- Barranco, P., Delgado, J., Gallego, L. T., Bobolea, I., Pedrosa, M. ^a, García de Lorenzo, A., y Quirce, S. (2012). Asma, obesidad y dieta. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 138-145.
- Basaran, S; Guler, F; Ergen, N; Seydaoglu, G; Bingol, G y Ufuk, D. (2006). Effects of physical exercise on quality of life, exercise capacity and pulmonary function in children with asthma. *J Rehabil Med*, 38, 130-135. doi: 10.1080/16501970500476142
- Bolados, C; Sánchez, Pablo; Zafra, Edson y Espino, A. (2016). Entrenamiento aeróbico de alta intensidad: Historia y fisiología clínica del ejercicio. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 48(3),275-284. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3438/343846574002.pdf>
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., y Rothstein, H. R. (2011). Introduction to Meta-Analysis [Introducción al metaanálisis]. John Wiley & Sons.

Botella, J. y Gambará, H. (2002). *Que es el Meta-análisis*. España: Editorial Biblioteca Nueva.

Botella, J., y Zamora, Á. (2017). El meta-análisis: una metodología para la investigación en educación. *Educación XX1*, 20(2), 17-38. doi: 10.5944/educxx1.18241

Bontsevich, R (et al). (2020). Pharmacotherapy, etiopathogenesis, and diagnostics of bronchial asthma: assessment of the level of senior medical students' knowledge. Comparison of the ASSA-I and ASSA-II project results. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4265459>

Brumpton, B. M., Langhammer, A., Henriksen, A. H., Camargo, C. A., Chen, Y., Romundstad, P. R., & Mai, X.-M. (2017). Physical activity and lung function decline in adults with asthma: The HUNT Study. *Respirology*, 22(2), 278-283. <https://doi.org/10.1111/resp.12884>

Caro, W; Monroy, L y Agudelo, C. (2016). Perfil de manifestación de la fuerza de tren inferior en jugadores universitarios de tenis de mesa de Tunja, Colombia. *Revista de Educación Física*, 5 (2), 31-40. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/313751003_Perfil_de_manifestacion_de_la_fuerza_de_tren_inferior_en_jugadores_universitarios_de_tenis_de_mesa_de_Tunja_Colombia

Cano-De La Cuerda, R., Useros-Olmo, A. I., y Muñoz-Hellín, E. (2010). [Effectiveness of therapeutic education and respiratory rehabilitation programs for the patient with asthma]. *Archivos De Bronconeumología*, 46(11), 600-606.

Chang, A. B., Oppenheimer, J. J., Irwin, R. S., Adams, T. M., Altman, K. W., Azoulay, E., ... & Vertigan, A. E. (2020). Managing chronic cough as a symptom in children and

management algorithms: CHEST guideline and expert panel report. *Chest*, 158(1), 303-329.

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2 ed.)*. Lawrence Erlbaum.

Cooper, H., Hedges, L., & Valentine, J. (2009). *The handbook of research synthesis and meta-analysis (2 ed.) [El manual de síntesis de investigación y metaanálisis]*. Russell Sage Foundation.

Coté, A; Turmel, J y Boulet, L. (2018). Exercise and asthma. *Seminars in respiratory and Critical Care Medicine*, 39 (1), 19-28. doi <https://doi.org/10.1055/s-0037-1606215>

Craig, T y Dispenza, M. (2013). Benefits of exercise in asthma. *ELSEVIER INC*, 110, 133-140. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anai.2012.10.023>

Crosbie, A. (2012). The effect of physical training in children with asthma on pulmonary function, aerobic capacity and health-related quality of life: a systematic review of randomized control trials. *Pediatric Exercise Science*, 24(3), 472-489.

Cruz, B. del P., Cruz, J. del P., Limones, F. J. G., y Gutiérrez, R. M. A. (2012). Relación entre el nivel de actividad física y sedentarismo, sobrepeso y calidad de vida relacionada con la salud en niños asmáticos en edad escolar: un estudio exploratorio en Sevilla. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (22), 53-56.

De la Vega Pazitková, T., Pérez Martínez, V. T., Castillo Iriarte, L., y Fabrè Ortiz, D. (2015). Necesidades de aprendizaje sobre el asma bronquial de los especialistas de Medicina General Integral. *Learning requirements on the bronchial asthma of the integral general medicine specialists.*, 29(4), 706-717.

- Del Giacco, S., Couto, M., Firinu, D., & Garcia-Larsen, V. (2022). Management of intermittent and persistent asthma in adolescent and high school athletes. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 8(7), 2166-2181.
- Durán, R. (2015). Fisiopatología del asma: una mirada actual. *Revista colombiana de Neumología*, 27 (3), 226-230.
<https://doi.org/10.30789/rcneumologia.v27.n3.2015.79>
- Egger, M., Davey Smith, G., Schneider, M., & Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ (Clinical research ed.)*, 315(7109), 629–634. <https://doi.org/10.1136/bmj.315.7109.629>.
- Eijkemans, M., Mommers, M., Draaisma, J. M. T., Thijs, C., y Prins, M. H. (2012). Physical Activity and Asthma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS ONE*, 7(12), 1-11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0050775>
- Ellis, P.D. (2009). Thresholds for interpreting effect sizes. [Website]. Disponible en: http://www.polyu.edu.hk/mm/effectsizefaqs/thresholds_for_interpreting_effect_size_s2.html. Accesado: 26 de octubre, 2020.
- Ferrer, L; Ortiz, G; Celis, E; Dueñas, C y Varón, F. (2017). *Tratado de ventilación mecánica. Un enfoque interdisciplinario*. Editorial Distribuna.
- Figuerola, J; López, A y Martínez, M. (2012). Concepto de asma. En López, A y Korta, J (Ed). *El asma en la infancia y adolescencia*. Fundación BBVA. Fundación María José Jove (pp. 37-49). [Archivo PDF]. Recuperado de https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE_2012_asma_infancia.pdf

- Francisco, C; Bhatawadekar S; Babineau, J; Reid, W.D y Yadollahi, A. (2018). Effects of physical exercise training on nocturnal symptoms in asthma: Systematic review. *PLoS ONE*. 13(10):e0204953. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204953>
- García, L; Martínez, A; Battles, J; Morales, M; García, G y Escribano, A. (2001). International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) fase II: metodología y resultados de participación en España. *Anales españoles de pediatría*, 55 (5), 400-405. doi: 10.1016/S1695-4033(01)77711-9
- García Merino, Á., y Mora Gandarillas, I. (2013). Diagnóstico del asma. *Pediatría Atención Primaria*, 15, 89-95. <https://doi.org/10.4321/S1139-76322013000300010>
- Global Initiative for Asthma (GINA). (2021). *Global Strategy for Asthma Management and Prevention* [Archivo PDF]. Recuperado de <https://ginasthma.org/gina-reports/>
- González-Díaz SN, Partida-Ortega AB, Macías-Weinmann A, Arias-Cruz A, Galindo-Rodríguez G, Hernández-Robles M, et al. (2017). Evaluación de la capacidad funcional mediante prueba de marcha de 6 minutos en niños con asma. *Rev Alerg Mex*. 64(4):415-429
- González Jiménez, E., y Álvarez Ferre, J. (2011). Obesidad Infantil y Asma: ¿Una relación de causa y consecuencia? *Revista Clínica de Medicina de Familia*, 4(2). <https://doi.org/10.4321/S1699-695X2011000200007>
- Gutiérrez, F.J; Barchilón, J; Casas, F; Entrenas, L.M; Fernández, J.S; García de Vinuesa, G; González, A; Hidalgo, A; Ignacio, J.M; Jiménez de la Cruz, M; López, J.L; Lubián, M; Martín, J.J; Morán, A; Romero, P; Pereira, A; Pérez, A.M; Quintano, J.A; Sánchez, I; Sojo, A; Solís, M; Soto, G y Trillo, C. (2009). Documento de consenso

sobre asma bronquial en Andalucía. *Revista Española de Patología Torácica*, 21 (4), 201-235.

Jaakkola, M; Aalto, S; Hyrka's-Palmu, H y Jaakkola, J. (2020) Association between regular exercise and asthma control among adults: The population-based Northern Finnish Asthma Study. *PLoS ONE* 15(1): e0227983. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227983>

Jassal, M. S. (2015). Special considerations--asthma in children. *International Forum of Allergy & Rhinology*, 5 Suppl 1, S61-67. <https://doi.org/10.1002/alr.21577>

Jayasinghe, H; Kopsaftis, Z y Carson, K. (2015). Asthma Bronchiale and Exercise-Induced Bronchoconstriction. *Respiration*, 89, 1-8. doi: 10.1159/000433559

Ji J, Wang S-q, Liu Y-j, He Q-q. (2013). Physical Activity and Lung Function Growth in a Cohort of Chinese School Children: A Prospective Study. *PLoS ONE*, 8(6): e66098. doi:10.1371/journal.pone.0066098

Kathiresan, G y Asokan. (2010). Effect of aerobic training on airflow obstruction, VO2 max, EIB in stable asthmatic children. *Health*, 2 (5), 458-464. doi:10.4236/health.2010.25069

Konstantopoulos, S. y Hedges, L.V. (2009). Analyzing effect sizes: fixed-effects models. En, Harris Cooper., Larry V. Hedges, y Jeffrey C. Valentine [Eds], *The handbook of research synthesis and meta-analysis* (2 ed.). Russell Sage Foundation.

Lakens, D. (2017). Equivalence Tests: A Practical Primer for t Tests, Correlations, and Meta-Analyses. *Social Psychological and Personality Science*, 8(4), 355–362.

- Lack, S., Schechter, M. S., Everhart, R. S., Thacker II, L. R., Swift-Scanlan, T., & Kinser, P. A. (2020). A mindful yoga intervention for children with severe asthma: A pilot study. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 40, 101212.
- Latorre, P; Navarro, A y García, F. (2014). The effectiveness of an indoor intermittent training program for improving lung function, physical capacity, body composition and quality of life in children with asthma. *Journal of Asthma*, 51 (5), 544-551 doi: 10.3109/02770903.2014.888573
- Lucas, J.A; Moonie, S; Hogan, M.B y Evans, W.N. (2018). Efficacy of an exercise intervention among children with comorbid asthma and obesity. *ELSEVIER INC*, 1-6.
- Lu, K., Sidell, M., Li, X., Rozema, E., Cooper, D. M., Radom-Aizik, S., ... & Koebnick, C. (2022). Self-reported physical activity and asthma risk in children. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 10(1), 231-239. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2018.02.014>
- McLoughlin, R. F., Berthon, B. S., & Wood, L. G. (2021). Weight loss in obese children with asthma—is it important? *Paediatric Respiratory Reviews*, 37, 10-14.
- Moore, G; Durstine, J y Painter, P. (2016). *ACSM's exercise management for persons with chronic diseases and disabilities*. Human Kinetics.
- Morales, R., Anthony, P., González, G., Santiago, E., Obando, A., Arturo, E., ... Rene, M. (2017). Beneficios de la natación en el asma. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 36(2), 150-158
- Muñoz, F. (2019). Asthma: endotypes and phenotypes at a pediatric age. *Revista Alergia México*, 66 (33), 361-365.

- Neffen, H., Vidaurreta, S., Balanzat, A., Gennaro, D., Silvia, M., Giubergia, V., ... Teper, A. M. (2012). Asma de difícil control en niños y adolescentes: Estrategias diagnóstico-terapéuticas. *Medicina (Buenos Aires)*, 72(5), 403-413.
- Nyenhuis, SM, Kahwash, B., Cooke, A., Gregory, KL, Greiwe, J. y Nanda, A. (2022). Recomendaciones para la actividad física en el asma: Informe de un grupo de trabajo del Comité de deportes, ejercicio y estado físico de la AAAAI. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice* , 10 (2), 433-443.
- Núñez C, M., y Mackenney P, J. (2015). Asma y ejercicio: Revisión bibliográfica. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 31(1), 27-36. <https://doi.org/10.4067/S0717-73482015000100004>
- Ocampo, J; Gaviria, R y Sánchez, J. (2017). Prevalencia del asma en América Latina. Mirada crítica a partir del ISAAC y otros estudios. *Revista Alergia México*, 64 (2), 188-197.
- Pérez Marín, M. L., Yélamos Rodríguez, F., y Rodríguez Pérez, M. A. (2015). Intervención con un Programa de Ejercicio Físico en la empresa. *Med. Secur. Trab*, 61(240), 342–353. doi: 10.4321 / S0465-546X2015000300004
- Ram, F; Robinson, S; Black, P. (2000). Effects of physical training in asthma: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 34(3), 162–167. doi:10.1136/bjism.34.3.162
- R Core Team (2019). R: A Language and environment for statistical computing. (Version 3.6) [Computer software]. Disponible en <https://cran.r-project.org/>.
- Samart, N; Waldron, M; Ismail, H; Giallauria, F; Vigorito, C; Cornelissen, V y Dieberg, G. (2015). Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in

exercise training studies: TESTEX. *International Journal of Evidence-Based Healthcare*, 9-18. doi: 10.1097/XEB.0000000000000020

Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR). (2013). *Normativa sobre la Espirometría (revisión 2013)* [Archivo PDF]. Recuperado de http://www.hca.es/huca/web/enfermeria/html/f_archivos/Normativa%20Separ%20Espirometria.pdf

Sousa Félix, A. F., Branco Rocha Lopes, B. A., Pereira Henriques, M. A., y Rodrigues Soares, M. de la S. (2019). Control del asma infantil: principales factores asociados. *Enfermería Global*, 19(1), 1-41. <https://doi.org/10.6018/eglobal.19.1.360321>

The jamovi project (2020). jamovi. (Version 1.2) [Computer Software]. Disponible en <https://www.jamovi.org>.

Thomas, J. R. y French, K. E. (1986). The use of meta-analysis in exercise and sport: a tutorial [El uso del metaanálisis en ejercicio y deporte: Un tutorial]. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57(3), 196- 204.

Van Veldhoven, N; Vermeer, A; Bogard, J.M; Hessels M.G.P; Colland, V.T; Wijnroks, L y Van Essen, E.E.M. (2000). Children with asthma and physical exercise: effects of an exercise program. *Clinical Rehabilitation*, 15, 360-370. <https://doi.org/10.1191/026921501678310162>

Viechtbauer, W. (2010). Conducting Meta-Analyses in R with the metafor Package. *Journal of Statistical Software*, 36(3), 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v036.i03>

Welsh, L., Roberts, R. G. D., & Kemp, J. G. (2004). Fitness and Physical Activity in Children with Asthma. *Sports Medicine*, 34(13), 861–870. doi:10.2165/00007256-200434130-00001

West, J y Luks, A. (2016). *West Fisiopatología respiratoria. Fundamentos*. Wolters Kluwer.

Wicher, I; Goncalves, A; Baribieri, D; Silva, C; Dalbo, A; Teixeira, R; Brito, F y Dirceu, J.

(2010). Effects of swimming on spirometric parameters and bronchial hyperresponsiveness in children and adolescents with moderate persistent atopic asthma. *Jornal de Pediatria*, 86 (5), 384-390. doi:10.2223/JPED.2022

Wilmore, J y Costill, D. (2007). *Fisiología del esfuerzo y el deporte*. Editorial Paidotribo.

Wirgues, A; Barros, A; Arruda, M y Carvalho, C. (2014). Daily physical activity in asthmatic children with distinct severities. *Journal of Asthma*, 51 (5), 493-497. Doi: 10.3109/02770903.2014.888571