



Carrera de Kinesiología  
Facultad de Medicina  
Universidad de Valparaíso

---

### **Seminario de Título**

PRUEBA ÓPTIMA DE ESTIMACIÓN INDIRECTA DEL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO EN RELACIÓN CON LA DISNEA Y SU CORRELACIÓN CON EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO PARA NIÑOS ENTRE 10 A 16 AÑOS CON DIAGNOSTICO DE ASMA LEVE A MODERADO QUE ASISTEN AL CONSULTORIO DE QUEBRADA VERDE.

**SEMINARIO DE TÍTULO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA**

**AUTORES: JORGE FERNÁNDEZ HERRERA**

**MARCO SILVA TORCHIO**

**ROBERTO TORRES TEJEIRO**

**PROFESOR GUÍA: JOHANA SOTO SÁNCHEZ**

**Prof. Educación Física, Msc. en Entrenamiento Deportivo**

Valparaíso-Chile

2008



Carrera de Kinesiología  
Facultad de Medicina  
Universidad de Valparaíso

---

### **Seminario de Título**

PRUEBA ÓPTIMA DE ESTIMACIÓN INDIRECTA DEL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO EN RELACIÓN CON LA DISNEA Y SU CORRELACIÓN CON EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO PARA NIÑOS ENTRE 10 A 16 AÑOS CON DIAGNOSTICO DE ASMA LEVE A MODERADO QUE ASISTEN AL CONSULTORIO DE QUEBRADA VERDE.

**SEMINARIO DE TÍTULO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA**

**AUTORES: JORGE FERNÁNDEZ HERRERA**

**MARCO SILVA TORCHIO**

**ROBERTO TORRES TEJEIRO**

**PROFESOR GUÍA: JOHANA SOTO SÁNCHEZ**

**Prof. Educación Física, Msc. en Entrenamiento Deportivo**

Valparaíso-Chile

2008

Agradecemos a todos aquellos quienes participaron y colaboraron para llevar a cabo nuestra investigación.

En primer lugar a Johana Soto Sánchez, nuestra tutora, quien puso sus manos al fuego por nosotros y creyó en nuestras intenciones, por su paciencia y animo, quien nos motivó a trabajar con rigurosidad en el desarrollo de este proyecto. Gracias por la disposición y su tiempo al momento de que requiriéramos de su colaboración y consejo.

Agradecemos a la directiva de la Carrera por su colaboración y buena disposición para facilitarnos los implementos requeridos para la realización de este proyecto.

Un cordial agradecimiento, a Klg. Mario Chávez y a todo el personal del Consultorio de Quebrada Verde y Capresalud, por su disposición y cooperación requeridas para concretar esta investigación.

Un agradecimiento muy especial, a los niños y padres que participaron de este proyecto, gracias por su responsabilidad y confianza, sin ustedes esto no sería posible.

*“A mis padres Sandra y Jorge por todo lo que me han entregado siempre, por el enorme esfuerzo que han puesto en mi felicidad y sobretodo por el amor de familia que tanto aprecio. A mi familia especialmente a mi tía Edith que me ha dado su apoyo y cariño incondicional hasta el final. A mis amigos, en especial a Daniel que me entrego gran alegría y una mano amiga. A Gissella a quien amo profundamente y me ha dado comprensión y amor al lograr mis metas.”*

*Jorge*

*“Dedicado a mi amor, que dedico tiempo, espacio y estuvo en todo momento a mi lado. A mi familia, por el apoyo y cariño incondicional que siempre me han brindado. A mis amigos, con los que estuvimos en las buenas y malas, y nos sucumbimos para que esto resultara de la mejor manera.”*

*Marco*

*“Dedicada a mi familia, abuelos, tíos, primos, y hermana. Especialmente a mis padres, quienes han sido mi ejemplo, por su esfuerzo y dedicación, siendo parte fundamental de quien soy como persona y de los logros de mi vida. A mi amor, gracias por tu cariño, comprensión y animo en los momentos difíciles. A mis compañeros de tesis, que después de tantas dificultades y alegrías los considero grandes amigos. Y a todos los que en su momento brindaron ánimo y preocupación por este proyecto.”*

*Roberto*

*“Y en general, va dedicada a todas las personas que han participado en nuestra formación como personas en este proceso universitario.”*

# ÍNDICE

Página

## ABREVIATURAS

i

## RESUMEN

iii

## I INTRODUCCION

1

## II MARCO TEÓRICO

4

### 2.1 Asma

4      2.1.1 Epidemiología      4

2.1.2 Factores de riesgo      6

2.1.3 Patogenia      7

2.1.3.1 Cambios estructurales en la vía aérea      10

2.1.4 Fisiopatología      12

2.1.4.1 Mecanismos especiales      14

2.1.5 Diagnóstico	15
2.1.5.1 Exámenes de laboratorio	17
2.1.6 Clasificación	19
2.1.7 Tratamiento	22
2.1.7.1 Tratamiento crónico del asma	23
2.1.7.1 Tratamiento farmacológico	24
2.2 Disnea	27
2.2.1 Disnea en el asma	27
2.2.2 Instrumentos para valorar la Disnea en el asma	31
2.3 Ejercicio Físico y Asma	
33	
2.4 Consumo Máximo de Oxígeno	
36	
2.5 Pruebas de Valoración de Potencia Aeróbica	
39	
2.5.1 Test de la Milla o Prueba de Rockport	41
2.5.2 Test del Escalón de Queen`s	43
2.5.3 Test de Naveta	44
2.5.4 Test PWC-170	45

### **III HIPÓTESIS**

<b>IV OBJETIVO GENERAL</b>	50
<b>V OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	50
<b>VI MATERIALES Y MÉTODO</b>	
51	
6.1 Población de Estudio	
51	
6.2 Muestra	
51	
6.3 Criterios de Inclusión	
51	
6.4 Criterios de Exclusión	
52	
6.5 Procedimiento de Selección	
52	
6.6 Lugar de Evaluación	
54	
6.7 Diseño de Investigación	
55	
6.8 Variables	
55	

6.9 Procedimiento

56

6.10 Instrumentos

58 6.11 Análisis estadístico

59

## **VII RESULTADOS**

61

7.1 Disnea

61

7.2 Consumo máximo de oxígeno

64

7.3 Relación entre  $VO_2$  máx. y disnea final por prueba

65

## **VIII DISCUSIÓN**

71

## **IX CONCLUSIÓN**

82

## **X BIBLIOGRAFÍA**

85

## **XI ANEXOS**

97

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura N° 1.</b> Preguntas Claves en el Diagnóstico y tratamiento del asma en el menor de 15 años.	16
<b>Figura N° 2.</b> Clasificación de Asma según severidad.	20
<b>Figura N° 3.</b> Clasificación de Asma según severidad y síntomas.	21
<b>Figura N° 4.</b> Clasificación por nivel de control.	22
<b>Figura N° 5.</b> Escala modificada de Borg.	33
<b>Figura N° 6.</b> Esquema procedimiento de Selección de la Muestra.	53
<b>Figura N° 7.</b> Valores de VO <sub>2</sub> máx. obtenidos por prueba	65
<b>Figura N° 8.</b> Relación entre la Disnea final y el VO <sub>2</sub> máx en el Test del Escalón	66

**Figura N° 9.** Relación entre la Disnea final y el  $VO_2$  máx. en el Test PWC170 67

**Figura N° 10.** Relación entre la Disnea final y el  $VO_2$  máx. en el Test de la Milla 68

**Figura N° 11.** Relación entre la Disnea final y el  $VO_2$ máx en el Test de Naveta 69

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
<b>Tabla N°1.</b> Tratamiento farmacológico del Asma según su clasificación.	26
<b>Tabla N° 2.</b> Descripción de los 10 niños seleccionados para el estudio.	54
<b>Tabla N°3.</b> Descripción de las variables del estudio.	55
<b>Tabla N° 4.</b> Valores de Disnea final e inicial obtenidas por prueba.	61
<b>Tabla N° 5.</b> Frecuencia de Disnea totales antes de la actividad física.	62
<b>Tabla N° 6.</b> Frecuencia de Disnea posterior a la actividad física.	63
<b>Tabla N° 7.</b> Valores de Disnea según la mediana antes de iniciar y al finalizar las pruebas de valoración indirecta del VO <sub>2</sub> máx.	64
<b>Tabla N° 8.</b> Valores promedio del VO <sub>2</sub> máx. obtenidos por pruebas.	64

**Tabla N° 9.** Correlación No Paramétrica Spearman de la variable Consumo máximo de Oxígeno y Disnea. 65

**Tabla N° 11.** Correlación No Paramétrica Kendall de la variable Consumo máximo de Oxígeno y Disnea. 70

## ABREVIATURAS

Actividades de la Vida Diaria	AVD
Capacidad Vital Forzada	CVF
Consumo de Oxígeno	VO <sub>2</sub>
Consumo Máximo de Oxígeno máx.	VO <sub>2</sub>
Diferencia Arterio-venosa de Oxígeno	D (a-v)O <sub>2</sub>
Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica EPOC	
Escala del Consejo Médico de Investigación	MRC
Espiratorio Forzado en el primer segundo	VEF <sub>1</sub>
Estudio Internacional sobre Asma y Alergias en al Niñez ISAAC	
Flujo Espiratorio Forzado entre el 25 y 75% 2575	FEF
Flujo Espiratorio Máximo	PEF
Frecuencia Cardiaca	FC
Gasto Cardiaco	Q
Índice Basal de Disnea	BDI
Infección Respiratoria Aguda	IRA
Infecciones Respiratorias Agudas	IRAs

Inhalador Dosis Medida	IDM
Iniciativa Global para el Asma	GINA
Inmunoglobulina E	IgE
Ministerio de Salud	
MINSAL	
Organización Mundial de la Salud	OMS
Oxígeno	O <sub>2</sub>
Power Work Capacity 170	PWC-170
Relación Ventilación-Perfusión	V/Q
Unidad de Cuidado Intensivo	UCI
Unidad de Tratamiento Intensivo	UTI

## **ABSTRACT**

Asthma is a disease that affected with a high frequency In subjects aged between 11 and 16 years. These children often show a sharp decline in exercise performance and there is no evidence for this specific population group. The objective of this study was to determine which of 4 test that measured Maximum Oxygen Consumption indirectly, Mile test, Step test, Course Navette test and PWC 170 test, was the most optimal related breathlessness that is the most important symptom of the disease.

We evaluated 10 subjects, 7 males and 3 females, with an average age of 12.10 years of the Consultorio Quebrada Verde suffering from the mild to moderate asthma pathology, they had to perform tests measuring Maximum Oxygen Consumption to know and correlating the values of VO<sub>2</sub> max. and dyspnea in exercise performance.

We obtained values of  $43.62 \pm 5.46$  mlkg<sup>-1</sup>min<sup>-1</sup> for the Mile test,  $36,50 \pm 3,01$  mlkg<sup>-1</sup>min<sup>-1</sup> for the Step test,  $38,12 \pm 4,01$  mlkg<sup>-1</sup>min<sup>-1</sup> for the Course Navette test and  $42,35 \pm 8,60$  mlkg<sup>-1</sup>min<sup>-1</sup> for the PWC 170 test. It correlated the results of VO<sub>2</sub> max. with dyspnea through the Spearman Rho method presenting a high negative correlation with the step test value -0831. According to the results obtained the Step test presents major advantages for this sample

of the population, as it is a relationship of 0.70 between  $VO_2$  máx. and dyspnea, as well as being less expensive and easier to implement.

Key words: Dyspnea, asthma, oxygen consumption, indirect test.

## RESUMEN

El asma es una patología que afecta a la población con una alta frecuencia en sujetos con edades entre 11 y 16 años. Estos niños muchas veces presentan una disminución marcada en la performance del ejercicio y no existen pruebas específicas para este grupo de la población. El objetivo del estudio fue determinar cuál de 4 pruebas que miden de forma indirecta el Consumo Máximo de Oxígeno (prueba de la Milla, prueba del Escalón, prueba de Course Navette y prueba PWC 170), resulta ser más óptima relacionada con la disnea que es el síntoma más importante de la enfermedad.

Se evaluó a 7 de sexo masculino y 3 de sexo femenino del Consultorio Quebrada Verde que padecían la patología asma leve a moderado, con edades de  $12,10 \pm 1,60$  años, peso de  $49,90 \pm 8,23$  kg y talla de  $149,40 \pm 10,255$  cm, debiendo realizar las pruebas de medición de Consumo Máximo de Oxígeno para conocer y correlacionar los valores de  $VO_2$  máx. y disnea en la performance del ejercicio.

Se obtuvieron valores de  $43,62 \pm 5,46$  ml.kg<sup>-1</sup>min<sup>-1</sup> para la prueba de la Milla,  $36,50 \pm 3,01$  ml.kg<sup>-1</sup>min<sup>-1</sup> para la prueba del Escalón,  $38,12 \pm 4,01$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> para Course Navette y  $42,35 \pm 8,60$  ml.kg<sup>-1</sup>min<sup>-1</sup> para la prueba PWC 170. Se correlacionó los resultados del  $VO_2$  máx. con la disnea a través

del método Spearman presentando una alta correlación negativa la prueba del escalón con valor  $-0,831$ . Se concluye que la mas óptima para esta población en relación al  $VO_2$  máx. y Disnea es la prueba del Escalón presentando una relación sobre  $0,70$  entre las variables  $VO_2$  max y disnea, además de ser de menor costo y más fácil de aplicar.

Palabras claves: Disnea, asma, consumo de oxigeno, prueba indirecta.

## I Introducción

El Asma es una enfermedad pulmonar crónica de alta incidencia que limita las actividades de la vida diaria (AVD) y el ejercicio físico a través de la Disnea, que es el principal síntoma de la enfermedad (Chapman, 1983; Martínez *et al*, 2003). La Disnea se define como la sensación subjetiva del esfuerzo respiratorio, siendo de carácter multifactorial, manifestándose en respuesta a diversos estímulos. En el Asma, la hiperinsuflación dinámica y el desajuste neuroventilatorio probablemente sean la causa más aceptada de la Disnea (Manning *et al*, 2001), aumentando de esta manera el trabajo respiratorio del paciente para satisfacer esta nueva dificultad al respirar, influyendo en el desempeño del ejercicio.

Los pacientes que se ven más afectados por esta enfermedad son los niños, en especial los escolares (Rodríguez & Undurraga, 2004), afectando las actividades de la vida diaria y el ejercicio físico. De hecho, los asmáticos responden de manera única ante este estrés; cierta intensidad de trabajo físico produce un aumento agudo de sus síntomas incluida la Disnea, lo que se conoce como bronco espasmo inducido por el ejercicio (López *et al.*, 2006; Ram, 2005). Sin embargo, se ha demostrado que programas de entrenamiento físico de predominio aeróbico producen mejoras en parámetros fisiológicos como el Consumo Máximo de Oxígeno ( $VO_2$  máx.), presión arterial, Frecuencia

Cardiaca (FC) y otros, del mismo modo que en las personas sanas, contribuyendo a la salud general (Ram, 2005; Ram, 2000).

En la Atención Primaria de Salud de Chile, esto también representa una problemática, ya que el tratamiento que se entrega es de corte sintomatológico, incluyendo la prevención y el tratamiento farmacológico. De esta manera, se dejan de lado las limitaciones que la enfermedad pone en la aptitud física general y el desarrollo de la actividad física, llegando incluso a repercutir en las AVD.

Es así como se hace necesario conocer la aptitud física que tiene cada paciente asmático a través de parámetros objetivos como el  $VO_2$  máx. Para este propósito se utilizan diversas pruebas de medición de forma directa e indirecta, con diversos resultados (López *et al.*, 2006; Noonan *et al.*, 2000). Sin embargo, los recursos necesarios para implementar laboratorios que puedan recoger mediciones de estos valores de forma directa en el sistema de Salud Público Primario de Chile resultan inaccesibles.

Por otro lado, se ha demostrado que en poblaciones que padezcan alguna patología cardiovascular o pulmonar es necesario utilizar una prueba de ejercicio Submáxima, ya que implica más seguridad y los resultados son más cercanos a las AVD (Noonan *et al.*, 2000). Aún así, las pruebas de ejercicio

Submáximas tienden a ser menos valoradas que las Máximas pues han sido menos desarrolladas y estudiadas (Noonan *et al*, 2000). Pese a que existen pruebas utilizadas para valorar a sujetos asmáticos se desconocen los motivos que permiten escoger una prueba estándar para valorar  $VO_2$  máx. y que a su vez desencadene menos Disnea en este grupo de pacientes, es decir, no se sabe cuál es la prueba indirecta óptima para la población de niños asmáticos.

Frente a lo expuesto ¿Cuál es la prueba indirecta óptima para valorar el  $VO_2$  máx. en niños con diagnóstico de Asma leve a moderado con edades entre 10 y 16 años que asisten al Consultorio de Quebrada Verde en el período 2007-2008?. Al desarrollar y responder esta pregunta se logrará una guía útil para la evaluación del  $VO_2$  máx. en este grupo de pacientes en un Sistema de Salud que pretende optimizar sus recursos para el manejo adecuado de toda la población otorgando un test de medición efectivo y eficiente, que además pretende intervenir en esta población utilizando como herramienta la rehabilitación.

## **II MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Asma**

El Asma es la enfermedad crónica más frecuente en pediatría; pese a esto hoy en día no existe una definición precisa para el Asma. Las organizaciones médicas a nivel internacional han desarrollado una definición clínica que engloba sus principales aspectos. Según la Iniciativa Global para el Asma (GINA), se define como: “Un desorden inflamatorio crónico de las vías aéreas en la cual muchas células y elementos celulares juegan un rol. La inflamación crónica es asociada con hipersensibilidad de la vía aérea que lleva a episodios recurrentes de sibilancias, Disnea, opresión torácica, y tos, particularmente de noche o en la madrugada. Estos episodios son usualmente asociados con extensa, pero variable, obstrucción del flujo aéreo que es a menudo reversible de manera espontánea o con tratamiento” (Global Initiative for Asthma, 2006).

#### **2.1.1 Epidemiología**

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 1998, el Asma afectaba a 155 millones de personas en el mundo. Recientemente, en el año 2004, la Iniciativa Global del Asma aportó importante información sobre el

Impacto Global del Asma en 20 regiones diferentes a nivel mundial, concluyendo que alrededor de 300 millones de personas actualmente padecen Asma, determinándose que el Asma es una de las enfermedades crónicas más comunes en el mundo (Global Burden of Asthma, 2004). Ciertamente la prevalencia del Asma es difícil de determinar debido a la falta de pruebas diagnósticas objetivas, diferentes métodos de clasificación de la condición y diferente interpretación de los síntomas en los diferentes países. Es por esto que para la estimación de la prevalencia global del Asma, se ha tomado en cuenta la prevalencia del Asma clínicamente diagnosticada y un 50% de la prevalencia de sibilancias recurrentes en la niñez, estableciéndose como prevalencia global del Asma rangos que van entre 1 a 18 % de la población en diferentes países (Global Burden of Asthma, 2004).

En Chile la situación no difiere del resto del mundo, ya que “es la enfermedad crónica más frecuente de la niñez, la que más afecta la calidad de vida de quienes la padecen, y la que más provoca ausentismo escolar” (Astudillo, Mayo 2007).

Un estudio en el año 1999 que forma parte del International Study on Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC), muestra que la prevalencia acumulada del Asma en escolares chilenos es de entre el 9.7% y 16.5 % en

niños de 6 a 7 años y de 7.3% a 12.4% en los de 13 a 14 años (Javier Mallol *et al*, 1999).

Se estima que la mortalidad para el Asma corresponde a 250.000 muertes anuales a nivel mundial, aceptándose que ésta ha ido en aumento especialmente en los países desarrollados. Sin embargo, en nuestro país la mortalidad en individuos menores de 20 años ha ido en progresivo descenso y es claro que su gravedad ha disminuido en los últimos 15 años (Astudillo, Mayo 2007).

El Ministerio de Salud (MINSAL) a través de su departamento de Estadística e Información estima que en el año 2007 se presentaron 20.563 caso de Asma en las salas de infecciones respiratorias agudas (IRA) del país, de la misma forma el Servicio de Salud de Valparaíso-San Antonio reportó 1210 casos de Asma; de este numero 85 corresponden al Consultorio de Quebrada Verde (MINSAL, 2007).

### **2.1.2 Factores de riesgo**

Los factores que influyen el riesgo de padecer Asma han sido divididos en aquellos que causan el desarrollo del Asma y aquellos que gatillan los síntomas de la misma. Dentro de los factores que causan el desarrollo del

Asma se encuentran los factores del huésped y los factores ambientales, los que se interrelacionan de manera compleja en la producción de las manifestaciones del Asma. La genética, obesidad y sexo son los factores indicados como del huésped. Alergenos, infecciones, sensibilizadores ocupacionales, humos de tabaco, contaminación extra/intradomiciliaria y la dieta son reconocidos como factores ambientales que pueden contribuir al desarrollo de Asma, algunos de estos también se comportan como gatillantes de síntomas, algunos provocan ambos efectos y otros no estarían claramente relacionados.

### **2.1.3 Patogenia**

El desorden inflamatorio de la vía aérea característico de la enfermedad es persistente aunque los síntomas sean episódicos. En la mayoría de los pacientes la inflamación de la vía aérea afecta al tracto respiratorio en toda su extensión comprometiendo también el tracto respiratorio superior y las fosas nasales, sin embargo, es en los bronquios de diámetro medio donde son más pronunciados estos efectos patológicos (Global Initiative for Asthma, 2006).

El papel inicial en el fenómeno de la inflamación en la vía aérea lo desempeñan las células mastocíticas, ubicadas en la luz bronquial. Estas células son activadas por alérgenos a través de receptores inmunoglobulina E

(IgE) de alta afinidad, liberando mediadores broncoconstrictores; histamina, cisteinil leucotrieno, prostaglandinas D2, como también por estímulos que afectan la osmolaridad del medio; ejercicio e hiperventilación, liberando diferentes citoquinas capaces de mantener la inflamación de la vía aérea. También desempeñan un papel en el remodelado bronquial por la estimulación de los fibroblastos a través de la triptasa, y se cree que el incremento de estas células en la musculatura lisa de la vía aérea podría estar ligado a la hiperreactividad de la vía aérea (Robinson, D., en Global Initiative for Asthma 2006).

Los linfocitos T son otras de las células participantes en el fenómeno inflamatorio. Estas células se encuentran en un incrementado número en las vías aéreas, liberando citoquinas específicas, incluyendo IL-4, IL-5, IL-9 y 13 que orquestan la inflamación eosinofílica y la producción de IgE por los Linfocitos B estimulados por la IL-4 (Larche *et al.*, en Global Initiative for Asthma 2006). El incremento en la actividad de los Linfocitos Th2 puede estar debido a una reducción en las células T que normalmente inhiben a los linfocitos Th2. También puede haber un aumento en las células innaturales killer T que liberan grandes cantidades de citoquinas Th1 y Th2 (Akbari O *et al.*, en Global Initiative for Asthma, 2006).

Las células dendríticas, supuestos macrófagos diferenciados que tienen gran participación en la sensibilización alérgica, fagocitan el alérgeno y migran hacia los ganglios linfáticos regionales para estimular a los linfocitos Th0 (no diferenciados) favoreciendo su diferenciación a linfocitos Th2 específicos para alérgenos (Holt *et al.*; Lambrecht *et al.*, en GEMA 2003).

Son activados por alérgenos a través de receptores IgE de baja afinidad, liberando así mediadores inflamatorios y citoquinas que amplifican la respuesta inflamatoria (Peters-Golden, en Global Initiative for Asthma 2006).

Los eosinófilos son las células con mayor responsabilidad en la respuesta tardía del Asma. Son capaces de producir la mayoría de los mediadores de la inflamación de la vía aérea, amplifican la respuesta inflamatoria y provocan daño epitelial por liberación de proteína básica y radicales libres de oxígeno (Gleich; Robinson *et al.*, en GEMA 2003).

Los neutrófilos están en número incrementado en la vía aérea y en el esputo de pacientes con Asma severa y en asmáticos fumadores, pero su rol fisiopatológico es desconocido, y se piensa que el incremento en su número se debe a la terapia con glucocorticoides (Wenzel, en Global Initiative for Asthma 2006).

Las células estructurales de la pared bronquial producen también mediadores inflamatorios y contribuyen de distintas maneras en el mantenimiento de la inflamación (Chung, en Global Initiative for Asthma 2006).

Las células endoteliales de la circulación sanguínea bronquial juegan un rol en reclutar células inflamatorias desde la circulación hacia la vía aérea. Los nervios colinérgicos pueden ser activados por una gatillación refleja en la vía aérea provocando broncoconstricción y secreción de moco. Los nervios sensoriales pueden ser sensibilizados por el estímulo inflamatorio incluyendo neurotrofinas, causando cambios reflejos y síntomas como tos y tiraje, pudiendo liberar neuropéptidos inflamatorios (Groneberg *et al.*, en Global Initiative for Asthma 2006).

### **2.1.3.1 Cambios estructurales en la vía aérea**

Junto a la inflamación se producen cambios estructurales característicos de la vía aérea, determinando trastornos funcionales con cierto grado de irreversibilidad. Estos cambios estructurales a menudo se describen como remodelación de la vía aérea pudiendo representar reparaciones en respuesta a inflamación crónica.

Dentro de los cambios estructurales de la vía aérea se aprecia la pérdida de tejido epitelial pasando a formar parte de una de las últimas fases del

proceso inflamatorio. Esta pérdida de tejido se desarrolla con la propia participación de las células epiteliales, las cuales a través de la liberación de quimiocinas (RANTES, eotaxina), atraen eosinófilos activados que van a provocar el posterior daño epitelial.

Otro elemento que se ve involucrado en este proceso es la membrana basal de la vía aérea observándose un engrosamiento de ésta por depósito subyacente de colágeno tipos I y III y fibronectina. Este depósito se conoce con el nombre de lámina reticular.

Los capilares sanguíneos de la vía aérea sufren cambios tanto en su permeabilidad (favoreciendo el edema) como también en su superficie capilar que contribuye al aumento del grosor de la pared bronquial.

Las células caliciformes sufren hipertrofia e hiperplasia contribuyendo a la formación de tapones mucosos, esto sumado a la ocupación volumétrica por las estructuras glandulares submucosas cuatro veces mayor comparado con sujetos sanos, aportando gran rigidez a la pared bronquial.

La musculatura lisa de las vías aéreas sufre hipertrofia que parece secundaria a mediadores inflamatorios, citoquinas y factores de crecimiento, aunque también ha surgido la hipótesis de hipertrofia muscular por

contracciones repetidas. La hipertrofia le confiere a la pared bronquial gran rigidez y capacidad de producir una gran constricción de bronquiolos. Se ha demostrado que el número de fibroblastos se encuentra aumentado, relacionándose éste con el grosor de la lámina reticular. El colágeno y la tenascina muestran un incremento favoreciendo la rigidez de la pared bronquial. El responsable en mayor medida de esto son los fibroblastos y en menor medida las células musculares. Se ha evidenciado el depósito de colágeno junto a la capa adventicia de la vía aérea. Se cree que esta situación puede disminuir la dilatación bronquial por pérdida de la tracción de las estructuras vecinas e incluso afectar la relajación del músculo por abolir su estiramiento pasivo.

#### **2.1.4 Fisiopatología**

La obstrucción en grado variable de las vías aéreas y la hiperreactividad bronquial conforman los trastornos funcionales característicos del Asma. La obstrucción bronquial en grado variable se clasifica en reversible y parcialmente reversible. La obstrucción bronquial reversible agrupa como causas la contracción de la musculatura lisa bronquial, edema y la exagerada secreción mucosa. La contracción de la musculatura lisa en respuesta a los múltiples mediadores broncoconstrictores y neurotransmisores, es el mecanismo predominante de la obstrucción bronquial.

El edema de la mucosa bronquial se debe al incremento en la extravasación microvascular en respuesta a los mediadores inflamatorios. Esto parece ser importante durante las exacerbaciones agudas. La hipersecreción de moco puede llevar a la oclusión del lumen bronquial, producto del incremento en la secreción de moco y exudado inflamatorio. El engrosamiento de la vía aérea forma parte del fenómeno de obstrucción bronquial parcialmente reversible, y es debido a cambios estructurales agrupados bajo el término de “remodelación de la vía aérea”. La hiperreactividad bronquial resulta en el estrechamiento de la vía aérea en pacientes asmáticos en respuesta a agentes que pueden ser inocuos para personas normales. El estrechamiento de la vía aérea como consecuencia de la hiperreactividad bronquial deja limitación variable del flujo aéreo y síntomas intermitentes. La hiperreactividad esta ligada a la inflamación y a la reparación de las vías aéreas, siendo parcialmente reversible con terapia. Los mecanismos implicados en hiperreactividad de la vía aérea son entendidos parcialmente. Uno de estos mecanismos hace referencia a la contracción excesiva de la musculatura lisa de la vía aérea, pudiendo resultar del incremento en el volumen y/o de la contracción muscular de las células del músculo liso en la vía aérea.

Otro mecanismo explicaría un desacoplamiento de la contracción de la vía aérea como resultado de cambios inflamatorios provocando excesivo estrechamiento de la vía aérea, perdiendo el máximo plato de contracción

encontrado en las vías aéreas normales cuando una sustancia broncoconstrictora es inhalada. El engrosamiento de la pared de la vía aérea amplificaría su estrechamiento debido a la contracción de la musculatura lisa por razones geométricas. También los nervios sensoriales serían sensibilizados por la inflamación, provocando broncoconstricción exagerada en respuesta a estímulos sensoriales.

#### **2.1.4.1 Mecanismos especiales**

Dentro de los mecanismos encontramos aquellos que producen exacerbaciones agudas, entendidas como empeoramientos transitorios producidas por la exposición a factores de riesgo para los síntomas de Asma o “disparadores”, como el ejercicio o contaminantes aéreos. El empeoramiento más prolongado se debe a infecciones virales del tracto respiratorio alto (rhinovirus, virus respiratorio sincicial, virus influenza), o a la exposición alérgica con incremento de la inflamación de las vías aéreas bajas. Aunque también se describen en caso como el Asma nocturna, explicable posiblemente a través del ciclo circadiano, cambios estructurales en la vía aérea en el Asma crónico y el consumo de tabaco.

### 2.1.5 Diagnóstico

El diagnóstico de Asma se fundamenta sobre la base de tres premisas fundamentales (MINSAL, 2006).

- Historia clínica y examen físico sugerentes (diagnóstico clínico).
- Demostración de obstrucción al flujo aéreo, reversible parcial o totalmente de forma espontánea o con fármacos broncodilatadores (diagnóstico funcional).
- Exclusión de posibles diagnósticos alternativos (diagnóstico diferencial).

El diagnóstico de Asma es sugerente cuando en la historia clínica encontramos:

- Episodios recurrentes de dificultad respiratoria, sibilancias, tos generalmente irritativa, de predominio nocturno o matinal, y sensación de ahogo, que mejoran con tratamiento broncodilatador aunque la falta de respuesta no excluye el diagnóstico.
- Tos crónica y/o recurrente, especialmente en períodos de otoño y primavera.
- Síntomas como sibilancias, tos y Disnea o dificultad para respirar, referida también como sensación de falta de aire o ahogo, que empeoran en la noche o con la hiperventilación (ejercicio, llanto, risa),

desencadenados por: infecciones virales, frío, alérgenos, irritantes inhalatorios, emociones, medicamentos.

- Sensación de opresión torácica referida en algunos niños como dolor.
- Presencia de síntomas derivados de atopía como rinitis alérgica, conjuntivitis alérgica, eczema, entre otros.
- Antecedentes de Asma, rinitis alérgica u otra manifestación de atopía en familiares directos.

Estos síntomas suelen presentarse de forma episódica, espontánea o tras la exposición de factores desencadenantes. Se caracterizan por tener variabilidad estacional y/o diaria, acentuándose en la noche o al despertar. El alivio de los síntomas con el uso de broncodilatadores apoya el diagnóstico. La recurrencia de los episodios sibilantes fundamenta el diagnóstico clínico del Asma. Además se establecen preguntas claves para el diagnóstico y tratamiento del Asma muestra preguntas claves, cuya respuesta afirmativa sugiere muy probablemente el diagnóstico de asma (Figura N°1)

1. ¿Ha tenido algún episodio de silbido al pecho en el último año?
2. ¿Ha presentado tos persistente, silbido al pecho o dificultad respiratoria en la noche?
3. ¿Ha tenido tos o silbido al pecho relacionados con ejercicio, llanto o risa?
4. ¿Ha presentado tos o silbido al pecho cuando se ha expuesto a alérgenos o contaminantes?
5. ¿Ha tenido episodios de bronquitis en forma recurrente? ¿Duran éstos más de diez días?
6. ¿Existen antecedentes de alergia, rinitis alérgica o asma en familiares directos como padres y/o hermanos?

**Figura N°1:** Preguntas Claves en el Diagnóstico y tratamiento del asma en el menor de 15 años tomado de Ministerio de Salud (MINSAL, 2006).

### 2.1.5.1 Exámenes de laboratorio

El estudio de la función pulmonar tiene por objeto demostrar la presencia de obstrucción bronquial variable y/o reversible acompañada de hiperreactividad bronquial frente a diversos estímulos inespecíficos o específicos (British Guideline on the Management of Asthma, 2003).

Los métodos aceptados para valorar la obstrucción bronquial son la Espirometría y el Flujo Espiratorio Máximo (PEF) en niños cooperadores (mayores de 5 años) (Carrasco *et al.*, 1996).

La Espirometría establece la limitación obstructiva del flujo aéreo al establecer la proporcionalidad del Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo ( $VEF_1$ ) de la Capacidad Vital Forzada (CVF), debido a que la medición única de un  $VEF_1$  reducido no excluye el diagnóstico de otras enfermedades pulmonares (Global Initiative for Asthma, 2006). La relación  $VEF_1/CVF$  disminuida respecto de los valores de referencia con  $VEF_1$  normal o disminuido define la limitación obstructiva del flujo aéreo. Se consideran normales valores espirométricos sobre el percentil 5 de los valores de referencia. Se puede observar como única alteración espirométrica una reducción del Flujo Espiratorio Forzado entre el 25 y 75% (FEF 25-75) en casos de obstrucción al flujo aéreo mínima (Carrasco *et al.*, 1996).

La modificación de la obstrucción al flujo aéreo posbroncodilatador también es otra prueba espirométrica que pone en evidencia la reversibilidad de la obstrucción bronquial, considerando significativo un aumento del VEF<sub>1</sub> de un 12% o más y/o un aumento del FEF 25-75 del 30% prebroncodilatador. Se considera que el paciente asmático suele tener una espirometría normal en su etapa estable.

La variabilidad de los síntomas o de la función pulmonar se valora a través de la medición del PEF y puede apoyar el diagnóstico de Asma cuando tras la inhalación de un broncodilatador, su valor es  $\geq 15\%$  sobre el valor inicial, cuando la variabilidad diurna es  $\geq 20\%$  o, cuando tras la prueba de provocación mediante el ejercicio, su valor de caída es  $\geq 20\%$  sobre el valor inicial (Global Initiative for Asthma, en GEMA 2003).

“La hiperreactividad bronquial se valora a través de las pruebas de provocación con ejercicio o metacolina, es de gran valor a la hora de apoyar el diagnóstico de Asma pero hay que considerar que esta puede estar presente en otras patologías” (Carrasco *et al.*, 1996).

Para establecer un posible diagnóstico diferencial o evaluar aquellos agentes desencadenantes se utilizan exámenes complementarios. La

radiografía de tórax es un examen importante en todo aquel paciente que se sospeche de Asma, sobre todo en lactantes en los que el diagnóstico diferencial es amplio. Debido a que la manifestación de Asma alérgica es una situación frecuente en la niñez (50% en Chile), el test cutáneo realizado después de los tres años de edad y la IgE sérica específica pueden ser de utilidad como un elemento de diagnóstico de atopía.

### **2.1.6 Clasificación**

Las normas técnicas del Ministerio de Salud de Chile han clasificado el Asma según las recomendaciones del internacional Pediatric Asthma Consensus Group (Warner *et al.*, en Astudillo, 2007). Esta forma de clasificación divide al Asma en dos tipos: episódica y persistente.

- Asma episódica (leve o infrecuente): es aquella que presenta intervalos libres de síntomas con función pulmonar normal entre crisis.
- Asma persistente (severa): es aquella que tiene periodos libres de síntomas de muy corta duración (menor a una semana) y presenta pruebas funcionales alteradas.

La Figura N°2 muestra la clasificación del Asma según severidad (MINSAL, 2007). Esta clasificación se aplica al momento del diagnóstico cuando el paciente se encuentra sin tratamiento. Si está en tratamiento se debe asumir un grado de severidad mayor. Al aplicar esta clasificación se debe tomar en cuenta:

- El tiempo acumulado necesario para establecer la frecuencia real de las crisis es de al menos un año. Si el período es menor se calificará de acuerdo con la severidad de las crisis.
- El antecedente de hospitalizaciones por crisis agudas y el ingreso a una Unidad de Cuidado Intensivo (UCI) indican severidad de la enfermedad.

	Episódica <i>Infrecuente</i>	Episódica <i>Frecuente</i>	<i>Persistente</i>
Número de exacerbaciones	5 o menos al año	6 o más al año	Semanales
Síntomas nocturnos	No.	Ocasionales	Frecuentes
Períodos intercríticos	Asintomáticos	Tos y sibilancias ocasionales	Tos y sibilancias persistentes
Tos inducida por ejercicio en intercrisis	No	Si	Persistente
Ausentismo escolar	No	Frecuente. sumado 1 mes al año)	Frecuente.(Sumado > 1 mes al año)
Consultas de Urgencia (oxígeno y corticoides)	No	Ocasionales Máximo 2	Frecuentes
Hospitalizaciones (cuadro respiratorio).	No	Infrecuentes 1 al año sin UTI	Frecuentes, o UTI
PEF o VEF1	Normal	Normal *	Alterada

**Figura N°2.** Clasificación de Asma según severidad. UTI: unidad de tratamiento intensivo; PEF: flujo espiratorio máximo; VEF1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo. Tomado de **Guía de bolsillo para el manejo y prevención del asma en niños. (2006)** [en línea]. Disponible: <http://www.ginasthma.org> [10 Julio 2007].

La GINA del 2006 clasifica al Asma en 4 grados de severidad (Figura N°3) basándose en sintomatología, limitación del flujo aéreo y variabilidad en las pruebas de función pulmonar.

Sin embargo se ha reconocido que la severidad del asma depende tanto de la severidad de la enfermedad como tal, así como de la respuesta al tratamiento. Además se sabe que la severidad puede cambiar con los meses o años en los pacientes asmático siendo una característica variable.

	<b>Síntomas diurnos</b>	<b>Síntomas nocturnos</b>	<b>PEF o VEF1 Variabilidad PEF</b>
Nivel 1 Leve Intermitente	< 1 vez semana Exacerbaciones breves Asintomático y PEF normal entre crisis	≤ 2 veces al mes	≥ 80% < 20%
Nivel 2 Leve Persistente	> 1 vez por semana, pero < 1 vez al día Exacerbaciones que pueden afectar la actividad física y el sueño Tos por ejercicio	> 2 veces mes	≥ 80% 20-30%
Nivel 3 Moderada Persistente	Síntomas diarios Exacerbaciones que comprometen la actividad física y el sueño Uso diario de β2 agonista de acción corta	> 1 vez a la semana	60-80% > 30%
Nivel 4 Severa Persistente	Síntomas continuos Exacerbaciones frecuentes Limitación de la actividad física	Frecuente	≤ 60% > 30%

**Figura N°3.** Clasificación de Asma según severidad y síntomas. PEF: flujo espiratorio máximo; VEF1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo. Tomado de Global Initiative for Asthma. (2006). **Global strategy for asthma management and prevention [en línea]**. Disponible: <http://www.ginasthma.org>. [16 Mayo 2007].

Por esta razón este consenso plantea una nueva clasificación por nivel de control que es más útil para el manejo del asma (Figura N°4,) (Guía de bolsillo para el manejo y prevención del asma en niños, 2006).

Característica	Controlado (Todas las siguientes)	Parcialmente controlado (Cualquiera / semana)	No controlado
Síntomas diurnos	No ( 2 o menos / semana)	Mas de 2 veces / sem	Tres o mas características del asma parcialmente controlada presentes en cualquier semana
Limitación actividades	No	Alguna	
Síntomas nocturnos / despiertan paciente	No	Alguna	
Necesidad medicamento rescate	No (2 o menos / sem)	Mas de 2 veces / sem	
Función Pulmonar (PEF / FEV1) †	Normal	<80% valor predictivo o mejor valor personal	
Exacerbaciones	No	Una o mas / año *	

\* Posterior a cualquier exacerbación se debe de revisar bien el tratamiento para asegurarse que sea adecuado.  
† Por definición, cualquier exacerbación que se presente durante una semana hace que durante esa semana el paciente se clasifique como no controlado.  
‡ No se contempla en niños de 5 años o menores la realización de pruebas de función pulmonar.

**Figura N°4.** Clasificación por nivel de control. PEF: flujo espiratorio máximo; VEF1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo. Tomado de Global Initiative for Asthma. (2006). **Global strategy for asthma management and prevention [en línea]**. Disponible: <http://www.ginasthma.org>. [16 Mayo 2007].

### 2.1.7 Tratamiento

Debido a lo expuesto en la fisiopatología y patogenia en base a los mecanismos que la comprometen es que no se descubre todavía la cura total para la enfermedad y el tratamiento está dirigido principalmente a prevenir y

controlar los síntomas de ésta. Para este propósito la guía clínica del MINSAL establece que el tratamiento de la enfermedad debe estar basado principalmente en la educación y el correcto control farmacológico. Dentro de las terapias para el abordaje del Asma se enfatiza en la participación de los pacientes en programas educativos que incluyan un plan de acción por escrito junto con el automanejo y una revisión médica regular. Para esto debe perseguir los siguientes objetivos:

- Información acerca de la enfermedad, tratamiento e historia natural.
- Mejorar calidad de vida del paciente.
- Enseñar técnicas inhalatorias.
- Reconocimiento de exacerbaciones.
- Mejora del cumplimiento del tratamiento.
- Establecer buena relación medico-paciente.
- Eliminar temores en el paciente y entorno (uso prolongado de medicamentos).

#### **2.1.7.1 Tratamiento crónico del asma**

Su objetivo principal es controlar los síntomas de la enfermedad, mejorando todos los parámetros asociados pero no pretende curarla en forma absoluta.

Objetivos del tratamiento:

- Eliminar mortalidad por crisis aguda de Asma.
- Disminuir frecuencia de las crisis.
- Reducir consultas de urgencia.
- Disminuir hospitalizaciones.
- Eliminar el ausentismo escolar.
- Mejorar la calidad de vida.
- Disminuir al mínimo el uso de aliviadores.
- Evitar la aparición de efectos adversos.
- Permitir las actividades físicas normales.
- Mantener la función pulmonar dentro de los límites de normalidad.
- Alcanzar expectativas (razonablemente informadas).

Las guías disponibles siguen una estrategia de escalera para orientar el tratamiento farmacológico crónico, de manera que sea proporcional a la situación clínica de cada paciente.

#### **2.1.7.1.1 Tratamiento farmacológico**

En Chile, la norma técnica para el manejo de enfermedades respiratorias del niño del año 2003 ha propuesto el tratamiento del Asma según grados de severidad como se muestra en la Tabla N° 1.

Para el Asma leve el tratamiento es indicado y controlado en Atención Primaria donde durante el episodio sintomático de Asma se trata con  $\beta$ 2 agonista en aerosol 2 puff (200 ug) cada 6 horas hasta el control de los síntomas.

El tratamiento para el Asma moderada es indicado en Atención Secundaria y controlado en Atención Primaria, es así que durante el episodio sintomático se administra  $\beta$ 2 adrenérgico en aerosol 2 puff (200 ug) cada 6 horas, o más, hasta que se controle la sintomatología, aquí el tratamiento de mantención se opta en cada caso según decisión del nivel secundario por Beclometasona en aerosol 250 ug cada 12 horas, ó Budesonida en aerosol 200ug cada 12 horas, ó Fluticasona en aerosol 125 ug cada 12 horas.

Se evalúa al paciente dentro de 4 meses, continuando con la terapia en el caso de que haya respuesta y derivando al especialista en caso contrario.

Para el Asma severa el tratamiento es indicado y controlado por un especialista de nivel secundario. Durante el episodio sintomático se utiliza  $\beta$ 2 adrenérgico en aerosol 2 puff (200ug) cada 4-6 horas, o mas según necesidad, hasta que se controle la sintomatología; puede agregarse Bromuro de Ipatropio 2 puff cada 6 horas. Para el tratamiento de mantención se utiliza Salmeterol en

aerosol 2 puff (50 ug) cada 12 horas, Beclometasona en aerosol 250-500ug cada 12 horas o Budesonida en aerosol 200-400 ug cada 12 horas o Fluticasona en aerosol 250 ug cada 12 horas. Cuando se alcanzan dosis de Beclometasona iguales o mayores a 1000 ug por día, debe preferirse Budesonida o Fluticasona. Si no hay respuesta puede usarse en casos excepcionales Prednisona 1-2 mg. kg<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup> que es una dosis única por la mañana en días alternos, sin sobrepasar dosis de 40 mg/día (Astudillo, 2007).

**Tabla N°1.** Tratamiento farmacológico del Asma según su clasificación.

	Asma Leve	Asma Moderada	Asma Severa
Tratamiento (indicación y control)	Atención primaria	Indicado atención secundaria y control en atención primaria	Indicado y controlado por especialista en atención secundaria
Durante episodio sintomático	β <sub>2</sub> adrenérgico en aerosol 2 puff cada 6 horas*	β <sub>2</sub> adrenérgico en aerosol 2 puff cada 6 horas o más*	β <sub>2</sub> adrenérgico en aerosol 2 puff cada 4-6 horas *; puede agregarse bromuro de Ipatropio 2 puff cada 6 horas
Tratamiento de mantención		Beclometasona en aerosol 250 ug cada 12 horas; ó Budesonida en aerosol 200 ug cada 12 horas; ó Fluticasona en aerosol 125 ug cada 12 horas **	Salmeterol en aerosol 2 puff cada 12 horas; Beclometasona *** en aerosol 250-500 ug cada 12 horas; ó Budesonida en aerosol 200-400 ug cada 12 horas; ó Fluticasona en aerosol 250 ug cada 12 horas

\* Hasta que se logre control de síntomas.

\*\* Se evalúa al paciente dentro de 4 meses continuando terapia en caso de respuesta y derivación a especialista en caso contrario.

\*\*\* Cuando se alcanzan dosis de Beclometasona iguales o superiores a 1000 ug por día debe preferirse Budesonida o Fluticasona. Si no hay respuesta puede usarse en casos exclusivos Prednisona 1-2 mg/kg/día que es una dosis única por la mañana en días alternos, sin sobrepasar dosis de 40 mg/día.

## **2.2 Disnea**

La Disnea se ha definido como “La sensación subjetiva de falta de aire o de dificultad respiratoria, y es expresada por quienes la experimentan como ahogo, asfixia, falta de aire, pecho apretado, cansancio entre otros. Es la manifestación clínica más frecuente en diversas patologías que afectan no sólo al aparato respiratorio sino que a otros sistemas como por ejemplo, el sistema cardiovascular” (Cruz & Moreno, 1994).

### **2.2.1 Disnea en el Asma**

Del mismo modo la Disnea es la característica principal de la sintomatología en el Asma limitando incluso las actividades de la vida diaria (Chapman *et al.*, 1983; Cruz & Moreno 1994; Martínez *et al.*, 2003; Manning, 2001).

Como se trata de una sensación subjetiva existen numerosas acepciones validadas para referirse a ella. Dos estudios mostraron similares sensaciones respiratorias referidas a la Disnea en pacientes asmáticos de Estados Unidos e

Inglaterra, mostrando que existen 45 frases y 12 agrupaciones de frases respectivamente para referirse a ella pese a las diferencias culturales entre ambos países (Manning, 2001). A razón de la variedad en el lenguaje de la Disnea es que se presume que está determinada por más de un factor. Recientemente, la declaración de consenso elaborado por la Sociedad Torácica Americana establece que la Disnea es una sensación subjetiva que se origina por una interacción de factores fisiológicos, psicológicos, sociales y ambientales. Debido a la naturaleza multifactorial de la Disnea, puede ser difícil de predecirla durante las actividades de la vida diaria utilizando sólo mediciones de las vías respiratorias en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas, y los estudios concuerdan en que no existe relación ante factores espirométricos y Disnea (Martínez *et al.*, 2003). Sin embargo existen estudios destinados a esclarecer la fisiología y los mecanismos de la Disnea involucrados en el Asma.

La mayoría de los pacientes con Asma refieren mayor dificultad respiratoria en la inspiración (Manning, 2001; Martínez *et al.*, 2003). Es posible explicar este fenómeno si se tiene en consideración que los músculos inspiratorios debe generar una mayor tensión para superar el aumento de la resistencia al flujo aéreo que acompaña a la broncoconstricción. Sin embargo, esto parece representar una proporción relativamente menor de la carga que enfrentan los músculos inspiratorios. De mayor importancia es la hiperinflación

dinámica, que ejerce una serie de efectos adversos en la músculos inspiratorios: los músculos operan a una menor longitud en la que son menos eficaces de generar tensión, debido a cambios en la radio curvatura del diafragma principal músculo inspiratorio, lo que reotorga una desventaja mecánica, determina un nuevo umbral de la carga que deben superar los músculos inspiratorios. Como resultado de estos factores, aumentan las eferencias motoras de la respiración, con consiguiente aumento de la sensación de esfuerzo muscular respiratoria. De esta manera la evidencia sugiere que éste desajuste aferente-eferente probablemente contribuye de manera significativa para explicar la Disnea en el Asma. Éste mecanismo conocido como disociación neuroventilatoria y un aumento de la sensación de esfuerzo respiratorio secundario a la hiperinflación dinámica son los mecanismos más importantes de la Disnea experimentada por los asmáticos, sobre todo cuando la hiperinflación es significativa (Manning, 2001).

Los receptores vagales en respuesta a irritantes probablemente también contribuyen a la patogénesis de la Disnea en el Asma y puede dar cuenta de algunas de sus características cualitativas. Estímulos químicos (Hipoxia e hipercapnia) puede ser un factor en el paciente con crisis ocasionales, en el Asma grave, pero probablemente tiene menor importancia en la Disnea experimentada por la mayoría de los pacientes con Asma crónica. Se desconoce si la hiperinflación per se (es decir, independiente de sus efectos

sobre los músculos inspiratorios) se relaciona con la estimulación de la Disnea pulmonar y/o con receptores de la pared torácica (Martínez *et al.*, 2003).. Entre estos factores que determinan la Disnea, los más importantes son: la edad, el factor emocional, el Volumen Espiratorio Forzado en el Primer Segundo (VEF<sub>1</sub>), y los niveles de depresión; de hecho estos sirven para explicar más del 50% de la Disnea en asmáticos. Los asmáticos leves perciben más Disnea cuando la enfermedad comienza al llegar a adultos; es decir, cuando tienen menos tiempo de adaptarse. En asmáticos moderados, los factores que condicionan altos niveles de Disnea son la depresión y la edad de aparición de la enfermedad. En cambio, cuando los pacientes sufren de Asma severa, es el grado de obstrucción de la vía respiratoria el parámetro más relacionado con éste síntoma. Éste último hecho es interesante pues se ha demostrado que la hiperinsuflación del pulmón contribuye de manera decisiva sobre la percepción del Asma durante un episodio agudo (Lougheed *et al.*, 1993).

La descripción de la Disnea durante el ejercicio en los asmáticos ha sido poco estudiada en comparación con los enfermos pulmonares obstructivos crónicos (EPOC). y los resultados encontrados son controversiales al compararlos con personas sanas. Numerosos estudios refieren que las personas asmáticas presentan algún grado de broncoconstricción al realizar ejercicio y que ésta es más pronunciada ante ejercicios de alta carga en poco tiempo (Ram, 2005). Mientras un estudio refiere valores similares e incluso

menores de Disnea en pacientes adultos asmáticos al compararlos con sujetos sanos (Mahler *et al.*, 2006), utilizando para valorar un dispositivo poco utilizado para éste propósito. Por ende todavía no existe un real consenso sobre los efectos del ejercicio controlado sobre la percepción de la Disnea en el Asma.

En la intención de poder validar y valorar la Disnea de manera cuantitativa se han descrito numerosas escalas y test para éste propósito; es así como existen variadas clasificaciones de acuerdo con su aparición, su permanencia y la relación con la intensidad de trabajo físico en que se presenta, este último factor nos permite valorarla en cuanto a la gravedad de su presentación, ya que en patologías de mayor gravedad suele aparecer incluso en reposo (Martínez *et al.*, 2003).

### **2.2.2 Instrumentos para valorar la Disnea en el asma**

Actualmente existen tres instrumentos clínicos extensamente utilizados para la medición de la Disnea en los asmáticos que nos permiten estudiarla de manera más precisa y objetivable: El Índice Basal de Disnea (BDI), la escala del Consejo Médico de Investigación (MRC), y la escala modificada de Borg (Manning, 2001). Las tres escalas clínicas de Disnea presentan un grado similar de asociación con la severidad del Asma, con variables psicológicas y fisiológicas, y con la calidad de vida (Martínez *et al.*, 2003). Esto nos permite

usar la escala más rápida y práctica; la escala modificada de Borg sin perder cualquier calidad de la información en lo que concierne a otros instrumentos disponibles.

La escala de Borg es un tipo de escala visual análoga, estandarizada y validada en español, rápida y fácil de aplicar, que permite evaluar de forma gráfica la percepción subjetiva de la dificultad respiratoria por el mismo paciente. Se utiliza desde 1970 y está constituida en un rango de 0 a 10 (Figura N°5), determinando así la intensidad de la Disnea y tiene agregado al número una expresión escrita, que ayuda a categorizar la sensación de Disnea (Kendrick, 2000; Mahler *et al.*, 1992).

El intervalo entre los rangos de la escala aumenta progresivamente, el número 10 manifiesta la mayor percepción de Disnea, es utilizada mayormente en clínica con el objetivo de dar valor a la Disnea.

0	Nada en absoluto
0.5	Muy, muy leve (apenas se nota)
1	Muy leve
2	Leve
3	Moderada
4	Algo severa
5	Severa
6	
7	Muy severa
8	
9	Muy, muy severa
10	Máxima

**Figura N° 5.** Escala modificada de Borg. Kendrick., (2000). Usefulness of the modified 0-10 Borg scale in assessing the degree of dyspnea in patients with COPD and asthma. J Emerg Nurs, 26(3), 216-22.

### 2.3 Ejercicio Físico y Asma

El conocimiento de las bondades del ejercicio físico en la salud general de las personas sin patologías, ha sido estudiada con resultados positivos, ya en 1991 diversos estudios demostraban que la actividad física de intensidad regular, duración adecuada y desarrollando grandes grupos musculares, otorga numerosos efectos benéficos en la salud general, incluyendo mejora: en la capacidad aeróbica, en la composición corporal, flexibilidad, fuerza muscular y factores psicosociales (Lea & Febiger,). Estos efectos pueden ser

particularmente provechosos para pacientes que sufren de patologías crónicas no transmisibles tales como insuficiencia cardiaca congestiva, Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), y Asma bronquial. Pese a esto las personas con enfermedades respiratorias crónicas tienden a mostrar menor tolerancia al ejercicio físico (Am Rev Respir Dis, 1984).

Los sujetos con Asma responden de una manera única a la actividad física. Por una parte, el ejercicio puede provocar un aumento de la resistencia de vías aéreas caracterizado por un episodio de broncoconstricción con disminución de  $VEF_1$  ante cierto tipo de ejercicio de corta duración y alta carga, desencadenando en algunos casos lo que se conoce como Asma inducida por el ejercicio, lo que se refiere mas bien a un fenómeno de broncoespasmo inducido por el ejercicio (López *et al.*, 2006). Por otro lado han sido diseñados programas de entrenamiento físico para pacientes con Asma con el objetivo de mejorar la salud física, la coordinación neuromuscular, y la autoestima (Ram, 2005; Ram, 2000). La actividad física regular y la participación en deportes, tiene buenos resultados en el manejo del Asma, especialmente en niños y adolescentes, pero esto no ha sido investigado con el mismo detalle que los mecanismos fisiopatológicos del Asma inducido por el ejercicio (Ram, 2000).

A pesar de esto, el miedo a sufrir un episodio de dificultad respiratoria inhibe a muchos pacientes con Asma a practicar actividad física. De esta

manera un nivel bajo de actividad física conduce a una disminución de la salud general, es por esta razón que los pacientes con Asma poseen una función cardiorrespiratoria disminuida en comparación a sus pares que puede limitar aún más su rendimiento físico (Clark, 1988; Garfinkel *et al.*, 1992).

Los estudios sobre los efectos del entrenamiento en asmáticos arrojan resultados desorientadores; se analizaron 2 meta-análisis realizados en el año 2000 y en el 2005 respectivamente (Ram, 2005; Ram, 2000). Ambas revisiones incluyeron todos aquellos estudios en donde el Asma estuviera diagnosticada, los sujetos del estudio tuvieran 8 o más años de edad, que el entrenamiento físico durara al menos 20 minutos por sesión, dos veces por semana para un mínimo de 4 semanas. Los resultados más claros de estos meta-análisis consisten en mejoras significativas en el Consumo Máximo de Oxígeno ( $5.4, 5.6 \text{ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ ) (Ram, 2000) en el grupo de entrenamiento físico. Esto muestra que la respuesta de sujetos con Asma al entrenamiento físico es similar a la de los sujetos sanos, y por lo tanto las ventajas de salud mediadas por la optimización del sistema cardiorrespiratoria también se puede alcanzar en estos pacientes. No es claro si la mejora de la salud se traduce en una reducción de síntomas o una mejora en la calidad de vida.

Los estudios revisados en estos meta-análisis son insuficientes para justificar el análisis de subgrupo por el sexo, la edad, o la intensidad de

ejercicio. Ambas revisiones arrojaron resultados negativos en la mejora de valores de la capacidad y función pulmonar. Esto no es sorprendente, ya que no existe ninguna razón obvia para que el ejercicio regular mejore el VEF<sub>1</sub>.

Debido a estos resultados cualquier ventaja del ejercicio físico regular en pacientes con Asma no debe relacionarse a efectos sobre la función pulmonar. Lamentablemente, ninguno de los datos valoraban las medidas de resultado de interés en la sintomatología del paciente (menos la frecuencia de obstrucción, el empleo de broncodilatador, y las medidas de calidad de vida).

Estas revisiones han revelado un déficit importante en nuestro conocimiento sobre los efectos en la percepción de los síntomas como resultado del entrenamiento físico en el Asma y su relación con parámetros fisiológicos como la Disnea.

#### **2.4 Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub> máx.)**

Se denomina Consumo Máximo de Oxígeno a “la cantidad máxima de oxígeno (O<sub>2</sub>) que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo” (López *et al.*, 2006).

El Consumo de Oxígeno en el organismo está determinado por diversos factores, como son el gasto cardiaco y la diferencia arteriovenosa de Oxígeno, expresado en la ecuación de Fick:

$$VO_2 = Q \times D (a-v) O_2.$$

El  $VO_2$  máx. se expresa de forma general en cantidades absolutas ( $ml \cdot min^{-1}$ ) o en cantidades relativas al peso corporal del sujeto ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ).

En el ejercicio incremental, el  $VO_2$  máx. se presenta como una meseta en la curva  $VO_2$  e intensidad del ejercicio, siendo esta curva más lineal aunque según algunos autores, por sobre el umbral láctico, la relación del  $VO_2$  y la intensidad es curvilínea (Zoladz, en López *et al.*, 2006); por tanto, en el punto de la curva donde se produce el plató, aunque aumente la intensidad del trabajo el  $VO_2$  no aumentará. Su factor limitante es la capacidad de utilizar el oxígeno.

La variabilidad del  $VO_2$  máx. entre los individuos depende de los siguientes factores:

- Dotación Genética
- Edad
- Composición corporal
- Sexo
- Grado de entrenamiento y acondicionamiento físico

Las limitaciones del Consumo Máximo de Oxígeno están dadas tanto por la disponibilidad del O<sub>2</sub> como por la utilización de éste por el organismo: factores de respuesta cardiovasculares como vasoconstricción refleja al ejercicio máximo, bombeo del corazón que es dependiente de su propio aporte de oxígeno (Noakes, en López *et al.*, 2006); el sistema respiratorio es un limitante en sujetos con gran gasto cardiaco pues la sangre no alcanza niveles de oxigenación adecuados al pasar por los alvéolos; finalmente la capacidad de transporte, reflejada en la concentración de hemoglobina en sangre, determina el VO<sub>2</sub> máx. La masa mitocondrial y la densidad capilar también jugarían un papel en la limitación del Consumo Máximo de Oxígeno. “Se consideran valores normales de VO<sub>2</sub> máx. 35 y 45 ml·kg<sup>-1</sup> ·min<sup>-1</sup> para varones y de entre 30 y 40 ml·kg<sup>-1</sup> ·min<sup>-1</sup> para las mujeres” (López *et al.*, 2006).

Sabemos que en los sujetos asmáticos existe una limitación del flujo del aire por las vías aéreas debido a la broncoconstricción y el proceso inflamatorio. Esto lleva a que generalmente los pacientes con la patología de Asma tengan una menor condición física por un sedentarismo auto impuesto producto, generalmente de la Disnea excesiva que se desencadena al realizar el trabajo físico producto del bronco espasmo inducido por el ejercicio (Ram, 2005; López *et al.*, 2006)..

En un estudio se midió el Consumo Máximo de Oxígeno de un grupo de pacientes adultos con Asma moderado y un grupo control de adultos sanos antes y después de un entrenamiento aeróbico de 10 semanas. Los resultados reflejaron diferencias entre los sujetos, presentando el grupo de asmáticos antes del entrenamiento un promedio de  $VO_2$  máx. de  $22.73 \pm 4,68 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  frente a  $22,94 \pm 4,32 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Luego del entrenamiento aeróbico de 10 semanas el grupo de sujetos asmáticos presentó valores del Consumo Máximo de Oxígeno de  $25,29 \pm 4,70 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , y el grupo de adultos sanos  $27,85 \pm 5,40 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (Teal S. Hallstrand *et al* 2000).

Los resultados antes descritos nos demuestran que los pacientes que padecen de Asma pueden mejorar su Consumo de Oxígeno y otros parámetros fisiológicos, al igual que los sujetos sanos, al mejorar la condición física en general frente a un entrenamiento de tipo aeróbico (Teal S. Hallstrand *et al* 2000; Ram, 2000; Ram, 2005).

## **2.5 Pruebas de Valoración de Potencia Aeróbica**

La valoración de la capacidad aeróbica de un sujeto es importante para poder determinar su desarrollo frente al ejercicio o frente a las actividades de la vida diaria. Se desarrolló para ello una forma de evaluación directa del  $VO_2$  máx a través del análisis de gases que intercambia el sujeto durante el ejercicio.

Pero esta forma de medir el Consumo Máximo de Oxígeno resulta muy costosa y sólo se puede evaluar a un individuo a la vez. Para ello se desarrollaron las denominadas pruebas de ejercicio Máximas y de ejercicio Submáximas, que son una forma indirecta de poder medir el  $VO_2$  máx.

Las primeras se consideran el gold estándar para determinar la capacidad aeróbica máxima, que se refleja en el plató de la curva que relaciona el  $VO_2$  y la intensidad del trabajo. También puede ser determinado por la Frecuencia Cardíaca y por el índice de intercambio respiratorio. Sin embargo estas pruebas resultan ser riesgosas para personas que padecen patologías cardiovasculares y pulmonares ya que necesitan el máximo esfuerzo del paciente para lograr con éxito la prueba. Por tal razón surgen las pruebas de ejercicio Submáximas que han sido menos estudiados, pero que han demostrado buenos resultados en laboratorio tanto como en la clínica. Son más seguras puesto que provocan menos estrés en los sujetos testeados fuera del provocado por el ejercicio en sí. Determinan la Capacidad Aeróbica Máxima o la capacidad de trabajo funcional.

Las pruebas de ejercicio Submáximas se clasifican en:

- Predictivas: utilizadas para predecir la Capacidad Aeróbica Máxima.
- De rendimiento: miden las respuestas a actividades físicas estandarizadas encontradas en la vida diaria.

Además de predecir el  $\text{VO}_2$  máx., las pruebas de ejercicio Submáximas se utilizan para establecer diagnósticos de patologías cardiovasculares y pulmonares, y determinar limitaciones funcionales, evaluar los resultados de una intervención como un programa de ejercicio, examinar los efectos de estrategias de recuperación de ejercicio en rendimiento (Noonan *et al.*, 2000).

### **2.5.1 Test de la Milla o Prueba de Rockport**

El Test de la Milla permite valorar el Consumo de Oxígeno de los individuos que poseen una menor capacidad física, siendo posible aplicarlo en la mayoría de la población.

El estudio de Vanessa Noonan y Elizabeth Dean muestra la fiabilidad y validación de ésta prueba para aplicarlo tanto en hombres como mujeres de distintas edades (390 sujetos; 183 hombres, 207 mujeres, edades de 30 a 69 años), y con capacidades físicas distintas (Klane *et al.*, 1987; Noonan *et al.*, 2000).

El protocolo de aplicación de la prueba es el siguiente:

- Cada individuo es instruido a “caminar lo más rápido posible por la pista”
- Registrar la frecuencia cardiaca al final de cada cuarto de milla
- Registrar el tiempo al completar la prueba (en minutos).

- Al completar la prueba, el individuo debe continuar caminando más lento.

Para poder realizar el cálculo del  $VO_2$  máx. de los individuos que realizan la prueba, debe utilizarse la Frecuencia Cardiaca final del último cuarto de la prueba e ingresarlo a la ecuación de regresión que permite el cálculo del Consumo Máximo de Oxígeno.

Klane et al. 1987 estimó las siguientes ecuaciones de regresión para la población del estudio:  $VO_2$  máx ( $l/min-1$ )=  $6.9652+0.0091x$  peso corporal (lb)- $0.0257x$  edad (años)+ $0.5955x$  sexo (hombre=1, mujer=0)- $0.2240x$  T (tiempo de la marcha)- $0.0115x$  FC (último cuarto del test).

Las características que presenta esta prueba, como la intensidad que es determinada por el propio individuo, la sencillez de las instrucciones tanto para el individuo evaluado como para la ejecución por parte del evaluador, y la poca utilización de materiales hace que ésta sea una prueba adecuada para un grupo de niños con patología de Asma leve a moderada.

### **2.5.2 Test del Escalón de Queen`s**

El Test del Escalón de Queen`s, desarrollado por McArdle et al. 1972 es una prueba de campo que permite medir de forma indirecta el Consumo Máximo de Oxígeno de los individuos evaluados. Esta prueba se desarrolló para evaluar a sujetos jóvenes sedentarios.

El test consiste en subir y bajar un escalón de 41.3 cm de alto por 3 minutos a un pulso determinado para las mujeres de 22 ciclos por minuto y 24 ciclos para los hombres. Para valorar el  $VO_2$  máx. se debe obtener la Frecuencia Cardíaca final entre los segundos 5 y 20 después de concluida la prueba.

El estudio de Satipati Chatterjee et al. 2003 valida el test para un grupo de 40 mujeres universitarias sedentarias de buena salud demostrando una alta predicción del valor del  $VO_2$  máx. de los sujetos evaluados, datos que habían sido expuestos por McArdle et al. para una población de jóvenes universitarios tanto masculina como femenina (Satipati Chatterjee *et al.*, 2005).

La bibliografía muestra que los resultados de esta prueba presentan una gran correlación con el Consumo Máximo de Oxígeno medido de forma directa, y presenta, al igual que la prueba de la Milla una baja intensidad y una fácil

comprensión de las instrucciones con pocos instrumentos para medir las variables necesarias.

### **2.5.3 Test de Naveta**

El Test de Naveta también conocida como 20 meter-Shuttle test es una prueba de campo que mide la Capacidad Aeróbica Máxima de un sujeto. Esta prueba fue desarrollada y validada en población infantil, adultos que realizaban actividad física moderada, y deportistas (Noonan *et al.*, 2000).

El test consiste en correr entre una distancia de 20 metros, con dos líneas marcadas en cada extremo, a un ritmo determinado por una grabación; a cada minuto que pase, se aumentará 0.5 kmh la velocidad. La prueba finaliza cuando el sujeto no es capaz de mantener el ritmo impuesto por la grabación, y para calcular el  $VO_2$  máx. se utiliza la última velocidad alcanzada, determinada por el período determinado. Al finalizar la prueba el sujeto debe caminar un momento para volver a la calma (Noonan *et al.*, 2000).

En un estudio realizado por Said B. et al se valida la utilización del 20 meter- Shuttle test en población asmática: 48 sujetos entre 12 y 17 años que padecían Asma leve a moderado fueron medidos con el 20 meter-Shuttle test y una prueba directa de medición del  $VO_2$  máx, existiendo una correlación

significativa entre las dos pruebas de medición del  $VO_2$  máx. (directo e indirecto) de 0.84, con valor p menor a 0.01. (Said *et al.*, 1993).

Esta prueba, a pesar de ser de carácter máximo y tener una alta intensidad es la única que ha sido aplicada, según la bibliografía, en un grupo de niños que padecen la patología de Asma, obteniendo resultados que se correlacionan con una medición directa del  $VO_2$  máx., lo que valida la prueba para esta población.

#### **2.5.4 Test PWC-170**

El Test PWC-170, desarrollada por Wahlund en 1948, es una prueba Submáxima en cicloergómetro de extremidades inferiores que a través de metodología indirecta permite predecir el  $VO_2$  máx. Se basa en:

- 170 lpm es la frecuencia máxima a la que se puede desarrollar un trabajo de manera adecuada.
- La Frecuencia Cardiaca es una función lineal del  $VO_2$  y de la carga de trabajo soportada.
- Por encima de 170 lpm no se espera un mayor aumento del gasto cardiaco con una frecuencia aumentada.

La prueba consiste en un calentamiento previo con pedaleo a 60 rpm en un cicloergómetro de extremidades inferiores por 2 minutos a una carga de 25 watt. Luego se desarrolla una prueba incremental escalonada, donde la carga inicial se individualiza en relación al peso corporal (1 W/kg) con incrementos de la carga de 25 watt cada 2 minutos. Se realiza un período de recuperación de 5 minutos una vez alcanzada la frecuencia de 170 lpm donde la carga de trabajo será del 50 % de la carga alcanzada en los primeros tres minutos, con disminución progresiva de la carga hasta alcanzar el minuto 5.

Durante el desarrollo de la prueba se toma la Frecuencia Cardiaca y la Disnea antes del calentamiento previo, 15 segundos antes de completar cada escalón con su carga correspondiente y durante el primer, tercer y quinto minuto del periodo de recuperación.

Se utiliza el método gráfico para la estimación indirecta del  $VO_2$  máx. Consiste en la aplicación del normograma de Astrand, donde se debe unir a través de una recta la carga de trabajo alcanzada a la frecuencia obtenida para la misma, quedando así delimitado el valor del  $VO_2$  máx.

Una vez obtenido el  $VO_2$  máx., este valor se multiplica por 1000 para traspasar la medida de litros a mililitros y luego se divide el valor resultante por el peso del paciente (López *et al.*, 2006). Se ha establecido en 0,88 la

correlación entre PWC 170 y el verdadero  $VO_2$  máx. y un error medio de pronóstico  $\pm 9,4\%$  (De Vries & Klafs, en Heyward).

Esta prueba es muy interesante de aplicar ya que, a diferencia de las pruebas anteriores utiliza menos grupos musculares al contar con el cicloergómetro, lo que además le otorga una menor intensidad de trabajo, con gran seguridad para una población infantil y con patología pulmonar crónica por utilizar parámetros fisiológicos de cada individuo por particular y llegar a una intensidad determinada de Frecuencia Cardiaca.

Si bien estas pruebas se encuentran validadas, se ha calculado su error medio en la población sana y se recomiendan para personas con Asma se desconoce cual de las pruebas analizadas desencadena menor Disnea y a su vez se relaciona con el Consumo Máximo de Oxígeno inferido mediante éstas. Por tanto sería de real interés observar los resultados de estas pruebas de valoración de la potencia aeróbica en búsqueda de la prueba óptima para este grupo de pacientes que presentan fenómenos especiales ante estas pruebas.

### III. HIPÓTESIS

Hipótesis 1: El Test de la Milla es la prueba de valoración indirecta del  $VO_2$  máx. que provoca menor Disnea y posee una alta correlación negativa entre el  $VO_2$  máx. estimado y la Disnea en niños entre 11 a 16 años con diagnóstico de Asma leve a moderado.

Hipótesis 2: El Test del Escalón es la prueba de valoración indirecta del  $VO_2$  máx. que provoca menor Disnea y posee una alta correlación negativa entre el  $VO_2$  máx. estimado y la Disnea en niños entre 11 a 16 años con diagnóstico de Asma leve a moderado.

Hipótesis 3: El Test de Naveta es la prueba de valoración indirecta del  $VO_2$  máx. que provoca menor Disnea y posee una alta correlación negativa entre el  $VO_2$  máx. estimado y la Disnea en niños entre 11 a 16 años con diagnóstico de Asma leve a moderado.

Hipótesis 4: El Test PWC-170 es la prueba de valoración indirecta del  $VO_2$  máx. que provoca menor Disnea y posee una alta correlación negativa entre el  $VO_2$  máx. estimado y la Disnea en niños entre 11 a 16 años con diagnóstico de Asma leve a moderado.

Hipótesis nula: Dentro de los Tests realizados no existe aquella que obtenga menor Disnea y que posea una alta correlación negativa entre el  $VO_2$  máx. estimado y la Disnea en niños entre 11 a 16 años con diagnóstico de Asma leve a moderado.

#### **IV Objetivo General**

Determinar el Test de valoración indirecta del  $VO_2$  máx. que provoque menor Disnea y posea una alta correlación entre el  $VO_2$  máx. y la Disnea en niños entre 11 a 16 años con diagnóstico de Asma leve a moderado.

#### **V Objetivos Específicos**

- Comparar la correlación del  $VO_2$  máx. y Disnea final obtenido en las de valoración indirecta del Consumo Máximo de Oxígeno de los distintos Tests realizados.
- Comparar la Disnea final entre los Tests de valoración indirecta del Consumo Máximo de Oxígeno realizados.
- Comparar los resultados de  $VO_2$  máx. obtenidos en los distintos Tests de valoración indirecta.
- Correlacionar el  $VO_2$  máx. estimado en los Tests de valoración indirecta con la Edad y la Talla de los sujetos.

## **VI MATERIALES Y MÉTODO**

### **6.1 Población de Estudio**

La población en la cual se realizó esta investigación comprendía a pacientes que padecían la patología de Asma leve a moderada, previamente diagnosticada, bajo tratamiento y control de la enfermedad, pertenecientes al Consultorio de Quebrada Verde de la ciudad de Valparaíso, con edades entre 10 y 16 años, con un total de 45 sujetos.

### **6.2 Muestra**

La muestra fue extraída de la población de pacientes pertenecientes al Consultorio Quebrada Verde que padecían la patología de Asma leve a moderada, previamente diagnosticada, bajo tratamiento y control de la enfermedad, con edades entre 10 y 16 años, en el periodo 2007-2008; llegando a un total de 10 sujetos para el estudio.

### **6.3 Criterios de Inclusión**

Se incluyeron en el estudio a niños con edades entre 11 y 16 años, que vivieran en la ciudad de Valparaíso, que tuvieran diagnóstico de Asma leve a

moderado, que estuvieran bajo tratamiento y control en el Consultorio de Quebrada Verde del sector de Playa Ancha, y que hubiesen firmado el Consentimiento Informado.

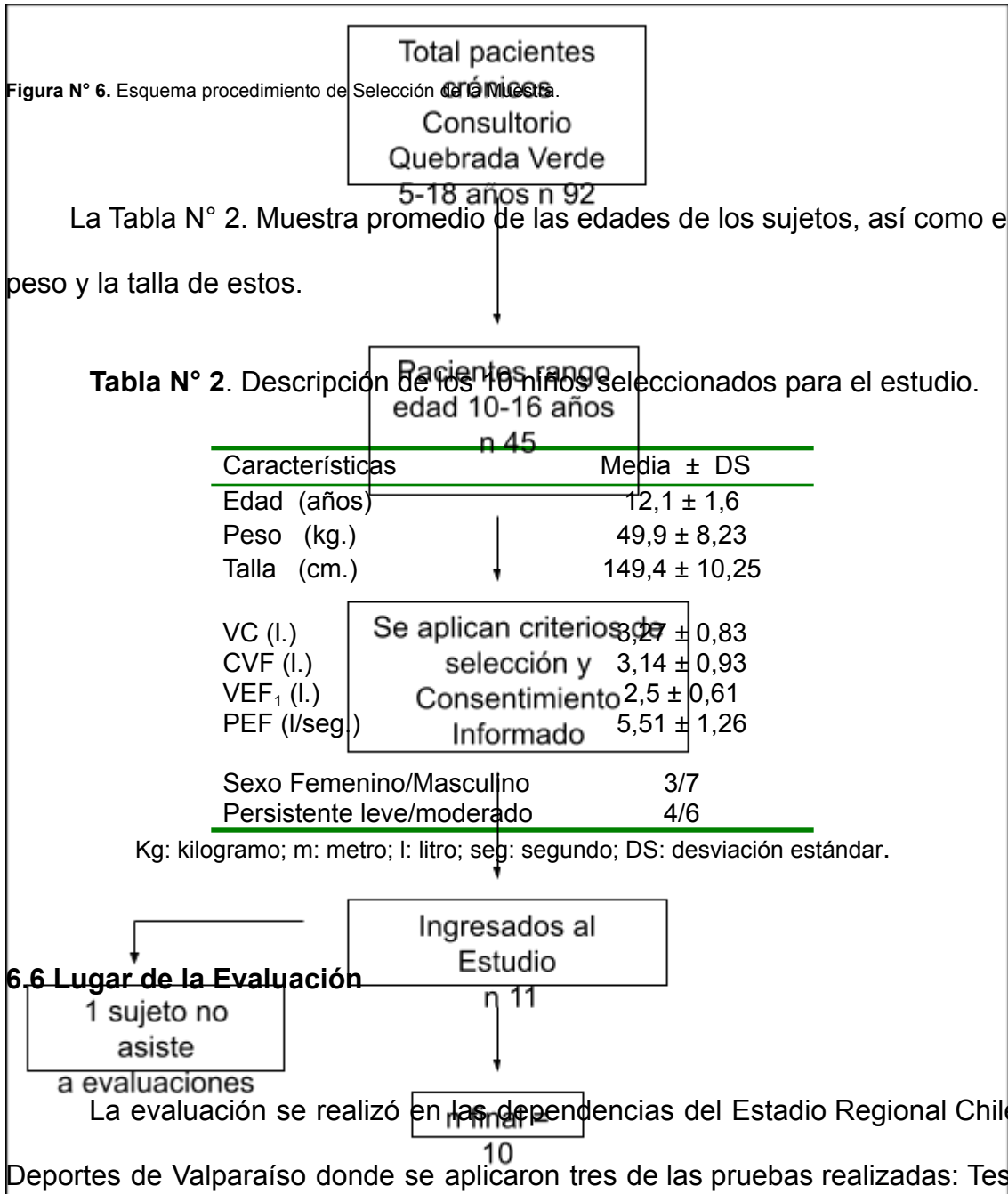
#### **6.4 Criterios de Exclusión**

Se excluyeron del estudio a niños que estuvieran por debajo o sobre el rango de edad determinada; que padecieran la patología de Asma severo, no controlado sin tratamiento médico y que padecieran otra patología respiratoria, cardiovascular, renal, metabólica, nutricional, neurológica, psicológica y osteomuscular, esta última, que le impidiera realizar ejercicio físico; además se excluyeron a los sujetos que no firmaron el Consentimiento Informado.

#### **6.5 Procedimiento de Selección**

Se realizó una revisión sistemática de las fichas clínicas de los pacientes pertenecientes al programa de Control de Enfermedades Crónicas del Consultorio de Quebrada Verde. Posteriormente fueron contactados los sujetos que cumplían con los criterios de inclusión del estudio. Del grupo de sujetos que cumplían con los criterios, fueron incluidos en el estudio aquellos que con previo conocimiento y libertad estuvieron de acuerdo, ellos y sus apoderados, y firmaran el Consentimiento Informado para participar en el estudio. De este grupo, el total de pacientes seleccionados fue de 10.

Figura N° 6. Esquema procedimiento de Selección de la Muestra.



### **6.7 Diseño de la Investigación.**

Este estudio es de tipo descriptivo con diseño no experimental y transversal ya que se basó en la descripción y la observación de cómo las variables  $VO_2$  máx. y Disnea, entre otras, se comportaban frente a distintas pruebas físicas de valoración de la potencia aeróbica. Además la elección y distribución de los sujetos del estudio no fue de tipo aleatorio y los datos arrojados en las pruebas fueron recopilados en un tiempo único, (Hernández, 2006).

### **6.8 Variables**

A continuación se presenta la Tabla N° 3 con la definición de las variables medidas en el estudio.

**Tabla N°3.** Descripción de las variables del estudio.

Variable	Dimensiones	Definición Nominal	Operacionalización
----------	-------------	--------------------	--------------------

Disnea	Disnea Basal o de Reposo: EMB Disnea post Ejercicio Físico: EMB	“La sensación subjetiva de falta de aire o de dificultad respiratoria”. (Cruz & Moreno, 1994)	El esfuerzo respiratorio se midió a través de la Escala Modificada de Borg antes de realizar cada prueba, y al término de estas.
VO <sub>2</sub> máx.	Tets de la Milla Test del Escalón Test de Naveta Test PWC-170	“La cantidad máxima de O <sub>2</sub> que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo” (López & Fernández, 2006).	El máximo consumo de oxígeno alcanzado en prueba máxima y submáximas de aptitud física.

Las variables intervinientes del estudio fueron la FC, la Edad, el Sexo, y la Talla de los participantes.

## 6.9 Procedimiento

Este estudio se desarrolló de la siguiente forma:

Se elevó una solicitud escrita para la realización del estudio a la Directora del Consultorio de Quebrada Verde, la que luego de leerlo y estudiarlo, aceptó y autorizó su desarrollo.

Posteriormente se realizó una búsqueda sistemática de fichas médicas de niños con patología de Asma leve a moderado que se controlan en el consultorio de Quebrada Verde en el Programa de Enfermedades Crónicas de la sala IRA, en el rango de edad de 10 a 16 años.

Luego de seleccionar las fichas de los sujetos que cumplían con los criterios de inclusión y exclusión del estudio, los pacientes fueron citados a una reunión que se realizó en la sala multipropósito del Consultorio. En esta reunión los pacientes y sus apoderados fueron informados acerca del estudio y se les entregó el Consentimiento Informado para que aquellos que libremente quisieran participar lo firmaran (Anexo 1).

Los sujetos que accedieron a participar del estudio, luego que sus padres voluntariamente firmaron el Consentimiento Informado, fueron citados a realizar las distintas pruebas, en los días y lugares determinados para cada Test.

Al momento de realizar cada Test, los niños fueron instruidos sobre el desarrollo de cada Test de forma individual y colectiva, según cada Test lo determinaba. Posteriormente a cada sujeto se le aplicaron 200 mcg de Salbutamol en aerosol como medida preventiva frente a la realización del ejercicio físico; se esperaba 15 minutos después de las inhalaciones para comenzar la actividad. Se debe considerar que además de los 200 mcg de Salbutamol en aerosol, se contaba con un sistema de Oxigenoterapia como medida preventiva frente a una crisis asmática.

Luego de pasados los 15 minutos, a cada sujeto se valoró la Disnea a través de la EMB, y la FC, esta última cuando el desarrollo de la prueba lo requería.

El Test de la Milla fue tomada en el Estadio Regional Chile Deportes de Valparaíso, de igual forma que los Tests del Escalón y de Naveta. Estos Tests fueron tomados en días distintos, aplicando sólo un test por día a cada niño. El Test PWC-170 se desarrolló en las dependencias de CAPRESALUD debido a los requerimientos de materiales. Todos los Tests fueron desarrollados según los protocolos establecidos de cada uno, a la misma hora y en días diferentes como se mencionó anteriormente.

Finalmente se registraron y recopilaron todos los datos obtenidos en las pruebas y estos fueron analizados estadísticamente para obtener los resultados del estudio.

## **6.10 Instrumentos**

Los materiales utilizados para el desarrollo del estudio fueron:

- CD-r Sony 700 mb/ 80 minutos.

- Radio CD cassette recorder Philips Az1550.
- Cronómetro Professional stopwatch dribbling.
- Salbutamol 100 mcg/dosis Laboratorio Andrómaco.
- Alcohol 95° 250ml
- Cardiotaquímetro marca Polar
- Reloj s150 polar electro
- Aerocámaras
- Esfingomanómetro aneroide Golden Horse
- Cajón de 41.3 cm
- Sistema de Oxigenoterapia
- Notebook Packard Bell EasyNote MZ35-U005
- Escalas de borg modificadas tamaño carta
- Escala de Borg modificada tamaño 55 x 77 cm
- Huincha Métrica Knight 5m
- Algodón hidrófilo americano
- Conos de demarcación
- Cinta Adhesiva Masking Tape
- Metrónomo
- Cicloergómetro de extremidades inferiores marca Monark 970

#### **6.11 Análisis estadístico:**

Se realizó análisis descriptivo de tendencia central y dispersión para las variables FC, VO<sub>2</sub> máx., Talla, Peso, Edad. Se utilizó análisis descriptivo de máximos, mínimos, medianas y moda para las variables Disnea y Sexo.

Se utilizó la prueba Wilcoxon que sirve para contrastar hipótesis sobre igualdad de medianas. Se realizó la prueba de correlación no paramétrica de Spearman para comparar las variables Disnea con VO<sub>2</sub> máx. y FC.

## VII RESULTADOS

Se realiza el análisis de cada variable considerada en las pruebas, según los objetivos específicos del estudio.

### 7.1 Disnea.

Los valores de la Disnea antes y al finalizar las pruebas obtenidas mediante la EMB se observan en la Tabla N° 4 el valor de la mediana de la Disnea inicial total fue de 0, y la de la Disnea final fue de 4. Se destaca el Test PWC-170 con la mediana mas bajas de Disnea final (2-3), mientras que el Test de de Naveta presenta los valores mas altos de la mediana de Disnea final y un valor máximo de 8 en la EMB.

**Tabla N° 4.** Valores de Disnea final e inicial obtenidas por prueba.

	Disnea inicial				Disnea final			
	Moda	Mediana	Máx	Min.	Moda	Mediana	Máx.	Min.
Test de la Milla	0	0-0,5	3	0	5	5	8	0
Test del Escalón	0	0	2	0	5	3-4	5	0
Test de Naveta	0	0	2	0	5	5	6	0
Test PWC170	0	0	2	0	0,5-2-4-5	2-3	5	0
Total	0	0	3	0	5	4	8	0

EMB: Escala modificada de borg; \* Moda ; \*\* Máximo.

La Tabla N° 5 muestra la frecuencia del valor de la Disnea en la EMB de las mediciones obtenidas antes de cada Test y su representación del resultado total. Se puede observar que la mayor frecuencia de la Disnea inicial total se concentra en el valor 0 (nada), con 29 de las 40 mediciones, de la misma manera se expone el máximo nivel alcanzado por Test y su mayor frecuencia (moda). Destacando el Test de la Milla con 2 mediciones con valor 3 (moderado) por sobre los demás Tests.

**Tabla N° 5** “Frecuencia de Disnea totales previo a los Tests”

EMB	Total de los test	Test de la Milla	Test del Escalón	Test de Naveta	Test PWC170
0	29* (72,5%)	5* (50%)	8* (80%)	8* (80%)	8* (80%)
0,5	2 (5%)	1 (10%)	0	1 (10%)	0
1	1 (2,5%)	0	0	0	1 (10%)
2	6 (15%)	2 (20%)	2** (2%)	1** (10%)	1** (10%)
3	2** (5%)	2** (20%)	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0

EMB: Escala modificada de borg; \* Moda ; \*\* Máximo.

En la tabla N° 6 se observa que la Disnea final total tiene una moda de 5 (severo) con 17 mediciones, destacando en el análisis por Test, el Test de la Milla con un valor máximo de 8 (entre muy severo y muy muy severo).

**Tabla N°6** “Frecuencia de Disnea posterior a los Tests”

EMB	Total de los tests	Test de la Milla	Test del Escalón	Test de Naveta	Test PWC-170
0	5 (12,5%)	1 (10%)	2 (20%)	1 (10%)	1 (10%)
0,5	4 (10%)	0	2 (20%)	0	2* (20%)
1	3 (7,5%)	2 (20%)	0	1 (10%)	0
2	3 (7,5%)	0	0	1 (10%)	2* (20%)
3	3 (7,5%)	1 (10%)	1 (10%)	0	1 (10%)
4	3 (7,5%)	0	1 (10%)	0	2* (20%)
5	17* (42,5%)	5* (50%)	4* ** (40%)	6* (60%)	2** * (20%)
6	1 (2,5%)	0	0	1** (10%)	0
7	0	0	0	0	0
8	1** (2,5%)	1** (10%)	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0

EMB: Escala modificada de borg; \* Moda ; \*\* Máximo

En la Tabla N° 7. se aprecia que no existen valores de Disnea en la EMB Inicial que está por sobre los resultados de la Prueba después de haber sido ejecutados los Test. Con  $p < 0,05$ . Por lo tanto, se concluye que las variables comparadas difieren significativamente en cada uno de los Tests.

**Tabla N° 7.** Valores de Disnea según la mediana antes de iniciar y al finalizar las pruebas de valoración indirecta del VO<sub>2</sub> máx.

	Borg Inicial	Borg Final	Valor de $p$ de Wilcoxon
Test de la Milla	0,25	5	$p= 0,008^*$
Test del Escalón	0	3,5	$p=0,011^*$
Test de Naveta	0	5	$p=0,007^*$
Test PWC170	0	2,5	$p=0,008^*$
Total	0	4	$p=0,005^*$

\*Intervalo de confianza 95% con un  $p < 0,05$ .

## 7.2 Consumo Máximo de Oxígeno.

La Tabla N° 8 muestra los valores promedio de VO<sub>2</sub> máx. indirecto obtenidos por Test, observando el promedio general de los sujetos con  $40,15 \pm 6,21 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ .

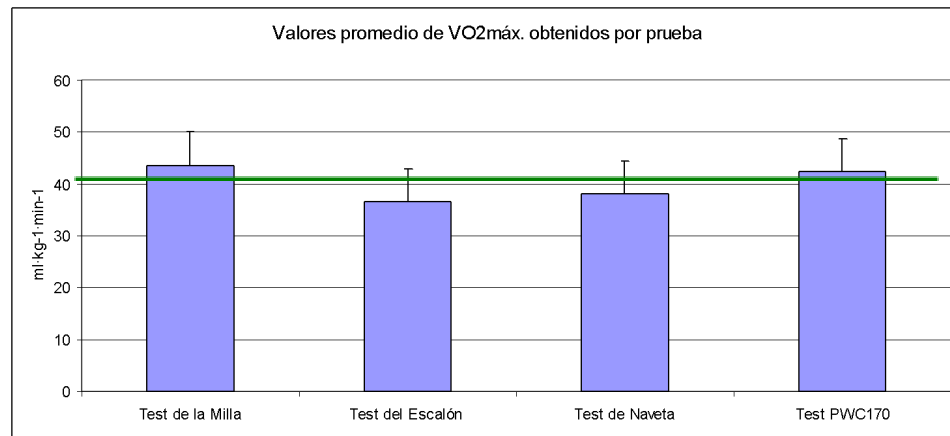
**Tabla N° 8.** Valores promedio del VO<sub>2</sub>máx. obtenidos por pruebas

VO <sub>2</sub> máx. (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	Media ± DS
Test de la Milla	43,61 ± 5,45

Test del Escalón	36,49 ± 3
Test de Naveta	38,12 ± 4,01
Test PWC170	42,35 ± 8,59
<b>Total</b>	<b>40,15 ± 6,21</b>

DS: desviación estándar; ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>: mililitro dividido por kilogramo por minuto.

Como lo muestra la Figura N° 7 todos los Tests difieren en el promedio de VO<sub>2</sub> máx. observándose una diferencia de hasta 6 puntos entre el Test de la Milla y el Escalón.



**Figura N° 7** Valores de VO<sub>2</sub> máx. obtenidos por prueba.

### 7.3 Relación entre VO<sub>2</sub> máx. y Disnea final por prueba.

La Tabla N° 9. muestra la correlación de las variables Disnea y VO<sub>2</sub> máx. obtenidos entre los Tests, destacando un r = -0,831 para la correlación de la Disnea final y VO<sub>2</sub> máx. obtenido en el Test del Escalón.

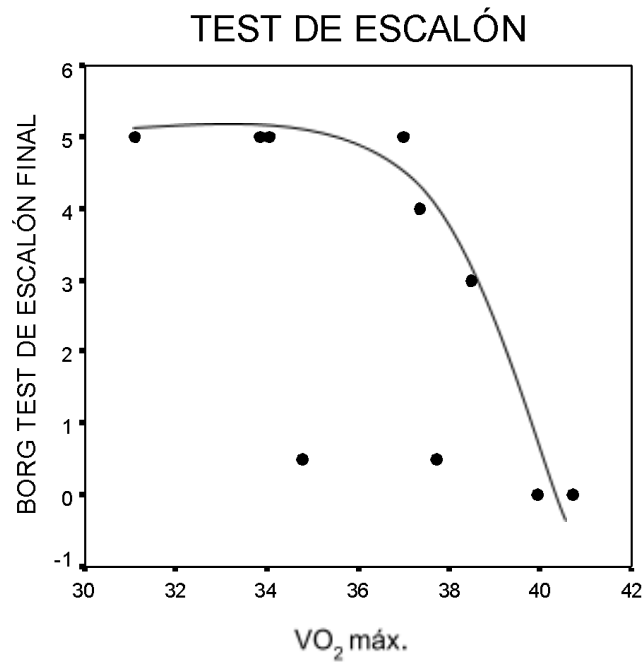
**Tabla N° 9.** “Correlación No Paramétrica Spearman de la variable Consumo Máximo de Oxígeno y Disnea”.

VO <sub>2</sub> máx. / EMB	Test de la Milla	Test del Escalón	Test de Naveta	Test PWC-170
<i>r</i> de Spearman	-0,603	-0,831(*)	0,017	0,018

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).  
 B: Borg; F: final; VO<sub>2</sub> máx: Consumo Máximo de Oxígeno.

La Figura N° 8. enfrenta las variables VO<sub>2</sub> máx. y Disnea final medida en la EMB el Test del Escalón. En ella se observa que para valores en la EMB mayores obtenidos al final de la prueba los valores de VO<sub>2</sub> máx. son menores con un  $r = -0,831$ .

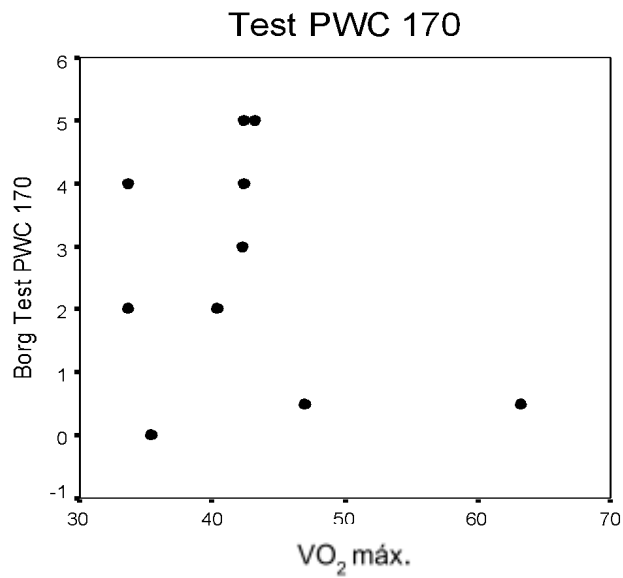
Relación entre la Disnea final y el VO<sub>2</sub> máx. en el Test del Escalón



**Figura N°8.** Relación entre la Disnea final y el VO<sub>2</sub>máx en el test del Escalón; VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxígeno

La Figura N° 9. enfrenta las variables  $VO_2$  máx. y Disnea final medida en la EMB para el Test PWC-170. En ella se observa que la relación entre variables es escasa.

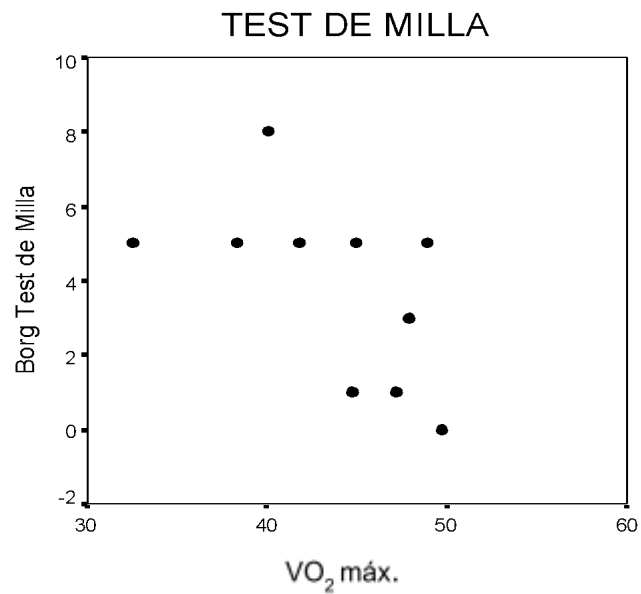
Relación entre la Disnea final y el  $VO_2$  máx en el Test PWC-170



**Figura N°9.** Relación entre la Disnea final y el  $VO_2$  máx en el test PWC170;  $VO_2$  máx: consumo máximo de oxígeno

La Figura N° 10. enfrenta las variables  $VO_2$  máx. y Disnea final medida en la EMB para el Test de la Milla. En ella se puede apreciar que la relación entre variables es escasa.

Relación entre la Disnea final y el  $VO_2$  máx. en el Test de la Milla



**Figura N°10.** Relación entre la Disnea final y el  $VO_2$  máx en el test de la Milla.  $VO_2$  máx: consumo máximo de oxígeno

La Figura N° 11. enfrenta las variables  $VO_2$  máx. y Disnea final medida en la EMB para el Test de Naveta. En ella se puede apreciar que la relación entre variables es escasa.

Relación entre la Disnea final y el  $VO_2$  máx en el Test de Naveta

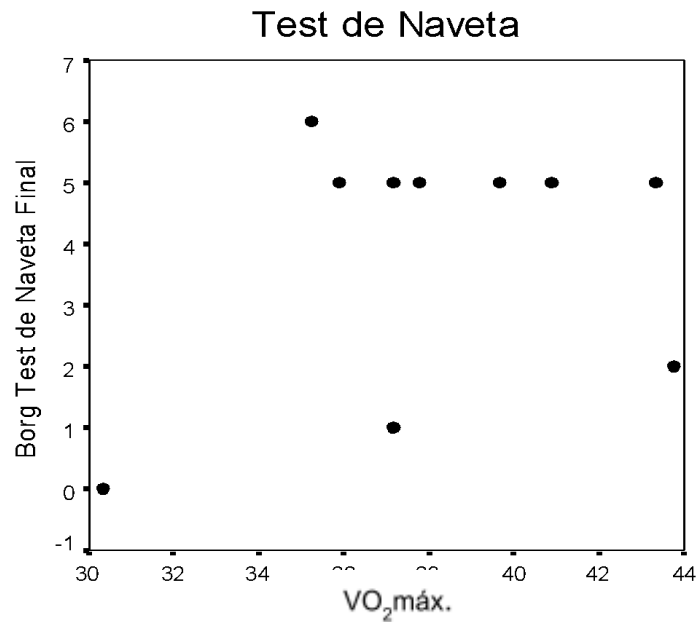


Figura N°11. Relación entre la Disnea final y el  $VO_2$  máx en el test de Naveta.  $VO_2$  máx: consumo máximo de oxígeno

**Tabla N° 10.** “Correlación No Paramétrica Kendall de la variable Consumo Máximo de Oxígeno con la Talla y Edad de los sujetos”

	VO <sub>2</sub> máx. Milla	VO <sub>2</sub> máx. Escalón	VO <sub>2</sub> máx. Naveta	VO <sub>2</sub> máx. PWC-170
Talla	-0,264	0,422	-0,453	0,027
Edad	-0,130	0,389	-0,341	0,105

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).  
VO<sub>2</sub> máx: Consumo Máximo de Oxígeno.

## VIII DISCUSIÓN

Actualmente existen diferentes Tests para medir la condición física de las personas sanas utilizando diferentes parámetros fisiológicos objetivos. La mayoría de estas pruebas utiliza el  $VO_2$  máx. como parámetro de medición, ya que éste se relaciona fehacientemente con la condición física de cada sujeto (Lopez *et al* 2006; Wilmore *et al* 2004, Chatterjee *et al* 2005); se utiliza además para valorar la condición de sujetos que padecen enfermedades que limitan su condición física llegando incluso a repercutir el desempeño de las AVD, como lo son las afecciones cardiacas, neurológicas, metabólicas, osteomusculares, nutricionales y respiratorias (Noonan *et al* 2000). Dentro de estas últimas el Asma tiene una alta incidencia en la población en general e infantil, representando a su vez una condición especial al momento de realizar cualquier actividad física como los Tests de valoración indirecta de  $VO_2$  máx. (Ram *et al* 2000). mediante el ejercicio físico , por lo que la evaluación de la condición física de estos pacientes se vuelve compleja (Ram *et al* 2000, Noonan *et al* 2000). Para este propósito se hace necesario la presencia de un profesional de la salud idóneo, como el profesional kinesiólogo, que conozca a cabalidad las características de las patologías, y cómo éstas limitan la condición física de los

pacientes, y en base a esto elegir el Test adecuado para esta condición, debiendo considerar entre otros factores, los valores de Disnea en la realización del Test y su relación con los resultados del mismo.

Este estudio revela cómo sujetos con Asma responden al realizar los distintos Tests que representan diferentes modalidades de ejercicio físico.

El desarrollo de este estudio demostró que estos pacientes son capaces de realizar los distintos Tests de valoración indirecta de  $VO_2$  máx. sin complicaciones pese a su condición fisiopatológica y edad. Además se demuestra que los Tests realizados en los sujetos fueron de fácil aplicación y bajo costo económico, pudiendo ser reproducibles en servicios con bajos recursos.

Con el objetivo de determinar el Test que provoca menor Disnea en esta muestra se comparó la Disnea obtenida tras finalizar los Tests de medición de  $VO_2$  máx. El Test que arrojó menores valores de Disnea a su término fue el Test PWC-170 con una mediana de 2-3 en la EMB. Como se mencionó anteriormente la Disnea es una sensación subjetiva que depende de múltiples factores (Manning *et al* 2001); dentro de los que pudieron influenciar este resultado se encuentra el tiempo de duración del Test, los grupos musculares implicados en el ejercicio, el ambiente y la naturaleza del Test.

Según Rosas *et al* en el 2004 y López *et al* 2006 la actividad física de larga duración y de alta carga aumentan los síntomas de la enfermedad incluida la Disnea. El tiempo de duración del Test PWC-170 tuvo un promedio de 5,63 min. encontrándose limitado por la FC, ya que se detiene si el sujeto alcanza 170 lpm. El tiempo promedio y el carácter Submáximo progresivo de la prueba pudieron contribuir a la menor Disnea al finalizar el Test, ya que este tipo de estrés físico produce un aumento leve y progresivo de la frecuencia respiratoria y del volumen corriente mientras se realiza la actividad física (Lopez *et al* 2006), de esta manera, el cambio de temperatura producido en la vía aérea de los sujetos, determinado principalmente por la ventilación minuto y la humedad ambiente, no son tan drásticos traduciéndose en una menor pérdida de agua y a una mayor estabilidad osmolar de la vía aérea (Rosas *et al* 2004). Del mismo modo la humedad ambiental pudo desempeñar un papel importante ya que este Test a diferencia de los otros Tests realizados, se desarrolló en un ambiente cerrado. El ambiente controlado contribuiría además en el desarrollo de la actividad con menor alérgenos ambientales (Penny *et al* 2001; Carrasco *et al* 2004) los que podrían contribuir a una reacción atópica con subsiguiente bronco espasmo, limitando así el desempeño de la prueba (Penny *et al* 2001).

Se sabe que la activación de grandes grupos musculares por un periodo prolongado produce aumento del CO<sub>2</sub> y de los hidrogeniones a nivel plasmático con aumento del pH (Lopez *et al* 2006; Wilmore *et al* 2004). Esto es detectado

por receptores a nivel central que influyen directamente en la percepción de la Disnea de los sujetos (Manning *et al* 2001); es decir actividades que involucren mayor activación de grupos musculares producirían mayores valores de Disnea frente a una carga determinada. Por otro lado el ejercicio que involucra menores grupos musculares se relaciona mayormente con la fatiga muscular ante la misma carga. Los Tests realizados en cicloergómetro abarcan menor cantidad de grupos musculares (Noonan *et al* 2000; Lopez *et al* 2006), y frente a lo expuesto anteriormente se explicaría los menores valores obtenidos en este Test.

Al referirnos a los resultados del  $VO_2$  máx. obtenidos en cada Test realizado, podemos ver que el Test que obtuvo los mayores valores fue el Test de la Milla con un promedio de  $43,61 \pm 5,45 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Esta prueba por ser de carácter Submáximo es más adecuada para ésta población (Noonan *et al* 2000), además recluta mayor cantidad de grupos musculares, a diferencia del Test PWC-170 que al ser en cicloergómetro recluta menos grupos musculares para desempeñar la prueba física (Noonan *et al* 2000; Lopez *et al* 2006). El Test de Naveta y el Test del Escalón fueron los que obtuvieron menores valores de  $VO_2$  máx.,  $38,12 \pm 4,01 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  y  $36,49 \pm 3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  respectivamente. El primero por ser un Test Máximo no es una prueba adecuada para los sujetos del estudio (Noonan *et al* 2000) ya que al tener una exigencia física máxima, desata Disnea y fatiga de forma prematura. Aún así, el estudio de Ahmaidi *et*

*al.*, 1993 donde fueron evaluados 48 sujetos asmáticos con edades entre 12 y 17 años, los resultados del Test de Naveta presentaron una gran correlación del  $VO_2$  máx. con una medición directa del mismo y con valores de  $43,7 \pm 2,5$   $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  con motivo de validar esta prueba para la población asmática con ese rango de edad. Sin embargo existe una diferencia etaria dentro de las poblaciones evaluadas de ambos estudios, además de una diferencia en cuanto al número de la muestra y su heterogeneidad (28 hombres y 20 mujeres versus 7 hombres y 3 mujeres de este estudio). Finalmente se debe considerar la condición física que presentaban los sujetos de este estudio al momento de ser evaluados.

El Test del Escalón a pesar de ser una prueba Submáxima (Noonan *et al* 2000; Chatterjee *et al* 2005) presentó bajos valores de  $VO_2$  máx. Esto podría deberse a que el escalón, por su altura, presentó una mayor dificultad a los sujetos para desempeñar el Test, presentando mayor fatiga. Recordemos que para determinar el  $VO_2$  máx. en este Test se valora la FC, siendo mayor el  $VO_2$  máx. a menor FC (Chatterjee *et al* 2005); por tanto estos sujetos presentaron altos valores de FC, debido al esfuerzo físico presentado por la prueba, obteniendo menores valores de  $VO_2$  máx.

Para poder determinar si existe una relación entre el desempeño de los sujetos en el ejercicio físico y el esfuerzo de respirar frente a esta actividad, se

correlacionaron los resultados obtenidos de VO<sub>2</sub> máx. en los distintos Tests, y los valores de Disnea medidos en la EMB. Dentro de los resultados, el Test del Escalón fue el que obtuvo una relación alta negativa con valor -0,831 utilizando el método de Spearman , lo que significa que a mayores valores de Disnea menor es el VO<sub>2</sub> máx. Dicho resultado tiene un nivel de significación mayor al 95%, por lo tanto, es estadísticamente significativo.

La relación entre el VO<sub>2</sub> máx. y la Disnea ha sido un tema observado frecuentemente en los estudios dedicados a la relación de la actividad física en sujetos asmáticos; la gran mayoría de estos tienen el objetivo de establecer el cambio de la percepción de la Disnea durante un ejercicio continuo incremental, como en el estudio realizado por Mahler *et al.* 2007, que establece una relación de 0,73 en 30 pacientes con Asma persistente con una significancia estadística de  $p < 0,05$ , utilizando para la medición del VO<sub>2</sub> máx. el método directo a través de analizador de gases. Al comparar estos resultados con los obtenidos por el Test del Escalón observamos una correlación similar e incluso mayor que en el estudio realizado por Mahler *et al* 2007, debiéndose quizás a que en dicho estudio se utilizó como Test un protocolo realizado en cicloergómetro de extremidades inferiores, el que como se ha explicado anteriormente puede tener valores menores de VO<sub>2</sub> máx. por tener un menor reclutamiento muscular al momento de realizar la actividad física (Noonan *et al* 2000; Lopez *et al* 2006). Esto es de gran importancia para la evaluación del desempeño de estos

pacientes frente al ejercicio, puesto que el Test del Escalón posee una alta correlación en los valores de  $VO_2$  máx. con respecto a la medición directa del Consumo Máximo de Oxígeno (Chatterjee *et al* 2005), y además demostró una alta correlación con la Disnea que es de vital importancia en los sujetos del estudio, puesto que es el principal síntoma que limita el desempeño del ejercicio físico (Martínez *et al* 2003; Manning 2001; Cruz & Moreno 1994; Chapman 1983). Los otros Tests no muestran una relación significativa entre los valores de  $VO_2$  máx. y Disnea lo que los hace menos adecuados para esta población ya que no sabemos si los valores de Disnea y  $VO_2$  máx. van a corresponder a la realidad. Esto puede estar dado por diferentes factores; el Test de Naveta es un Test Máximo que lleva a los sujetos a enfrentarse a un gran estrés físico (SB Ahmaidí *et al* 1993; Noonan *et al* 2000), que desata la Disnea muy pronto, logrando un muy pobre rendimiento físico y por tanto un bajo  $VO_2$  máx. Además, el agotamiento físico puede detener la prueba antes que la Disnea limite el desempeño de los sujetos. El Test PWC-170 es un Test que recluta menor cantidad de grupos musculares por ser en cicloergómetro (De Vries & Klafs, en Heyward 2001); recordemos que este Test es el que presenta menores valores de Disnea por múltiples factores lo que podría subvalorar la prueba para ésta población. El Test de la Milla presenta una correlación mayor que las dos anteriores, pero aún la relación no es significativa.

Dentro de las variables que pudieron influir en los resultados del  $\text{VO}_2$  máx. de los sujetos medido a través de los diferentes Tests de valoración, se encuentran la Talla y la Edad de los pacientes. Según Cruz & Moreno 1994 el desarrollo de la vía aérea de los sujetos varía con la Edad; esto podría ser de gran importancia en este estudio ya que, de la muestra existen sujetos que tendrían una vía aérea infantil y otros una vía aérea desarrollada como la de los adultos, existiendo diferencias en el tamaño de las vías aéreas, mecánica ventilatoria, y fisiología pulmonar. Esto se traduce a una mayor probabilidad de obstrucción de la vía en los sujetos con menor desarrollo, con aumento del trabajo respiratorio y desmedro del  $\text{VO}_2$  máx (Martínez *et al* 2003; Manning 2001). Sin embargo, los resultados de comparación entre la Edad y el  $\text{VO}_2$  máx. de los sujetos del estudio a través de la prueba de Kendall no mostró valores significativos. Se desprende entonces que la relación con el  $\text{VO}_2$  máx. puede deberse más a la condición de asmático que a la edad de los sujetos, ya que es sabido que se produce una remodelación de la vía aérea con el desarrollo de la enfermedad (Cruz & Moreno 1994; Groneberg D et al., en Global Initiative for Asthma 2006). Las limitaciones del estudio también podrían haber influenciado estos resultados. Según Noonan *et al* 2000 y Lopez *et al* 2006, la Talla de los sujetos podría influir en el desempeño de las pruebas de valoración física, esto por presentar diferencias biomecánicas en los brazos de palanca de los grupos musculares implicados en la prueba, interfiriendo principalmente en los Tests donde no se determinarían diferencias de la Talla, tanto en su ejecución como

en la fórmula para calcular el  $VO_2$  máx. Pese a esto, la prueba de Kendall aplicada para correlacionar los valores de  $VO_2$  máx. y Talla de los sujetos del estudio arrojó resultados sin significancia estadística. Estos resultados pueden estar influenciados por las limitaciones del estudio.

Con el objetivo de evaluar los Tests realizados se ha investigado sobre otras propiedades a tener en cuenta en la implementación de estas pruebas. En este sentido Skinner JS *et al.* 1993 presenta una tabla comparativa (Anexo 8) calificando con puntajes del 1 al 4 diversos aspectos a tomar en cuenta al momento de elegir un determinado tipo de prueba como por ejemplo la capacidad de controlar signos vitales y otras variables fisiológicas, limitación por fatiga de la musculatura local, costo, mantención, calibración, habilidades requeridas y ajuste de las cargas de trabajo. En este estudio se destaca que no existe la prueba con calificación perfecta, sino que algunos tipos de pruebas sobresalen en algunos campos determinados, es así como las pruebas realizadas en cicloergómetro presentan mayor puntuación en el control de signos vitales y variables fisiológicas pero presentan mayor costo y asignación de recursos en la mantención e implementación, mientras que las pruebas realizadas en escalones presentan una puntuación casi inversa siendo su fácil implementación y mantención su principal característica. De la misma manera durante la realización de las pruebas estudiadas se obtuvo el promedio de tiempo ocupado para cada prueba con el objetivo de comparar cual de ellas

requería menor tiempo por parte de quienes la realizaron (Anexo 9). Los resultados muestran que el Test de Naveta es el que representa menor tiempo con un promedio de 2,6 min. siguiéndole el Test del Escalón con 3 min. La prueba que presentó mayor tiempo fue el Test de la milla con un promedio de 14,94 min.

Otro punto a considerar es el espacio requerido en cada prueba y como se presentó en el marco teórico el Test de la Milla necesita el mayor espacio físico para realizarla mientras que el menor espacio requerido lo obtienen el Test PWC-170 y el Test del Escalón. Si se desea implementar alguna de estas pruebas en el sistema de Salud Público que busca obtener el mayor costo beneficio al momento de realizar políticas de salud, se debería optar por los Tests indirectos de campo, en especial el Test del Escalón ya que presenta menor costo y a su vez requiere de menor tiempo en su realización, no obstante no permite realizar mediciones de signos vitales con tanta facilidad como lo sería el Test PWC-170 en cicloergómetro, por ello si se desea invertir realmente se puede optar por este Test y ocupar los recursos para realizar posibles intervenciones, como lo son la rehabilitación cardiopulmonar, ya que este tipo de implemento permite medir las cargas de trabajo necesaria para estos programas.

Las limitaciones en la muestra se enmarcan principalmente en el número de sujetos estudiados, ya que no son representativos de la población asmática

del Consultorio pues sólo se trabajó con diez sujetos; además la forma de selección de los niños fue dirigida y no de manera aleatoria. Todo lo anterior hace que los resultados del estudio no puedan ser extrapolables al resto de la población asmática del Consultorio Quebrada Verde y a la población asmática en general. La proporción de mujeres y hombres dentro de la muestra también pudo ser limitante en los resultados, ya que ésta presentó una gran mayoría de sexo masculino en comparación con el sexo femenino.

Los factores climáticos pueden haber influido en el desarrollo de las pruebas, puesto que algunos días de mediciones hubo bajas temperaturas que pudieron influir en la vía aérea de los niños provocando una broncoconstricción que diera mayor Disnea.

## **IX CONCLUSIÓN**

Este estudio demostró que los sujetos con la patología de Asma leve a moderado, con edades entre 11 y 16 años pertenecientes al Consultorio Quebrada Verde, pueden realizar los Tests de medición de condición física aplicados, pudiendo obtener resultados objetivos de  $VO_2$  máx., y entregando herramientas para desarrollar un entrenamiento físico en estos pacientes para lograr una mejor condición física.

Según los resultados obtenidos de los Tests aplicados se demostró que el Test que obtuvo menor Disnea final fue el Test PWC-170 con una mediana de 2-3 en la EMB. El Test que obtuvo los mayores valores de  $VO_2$  máx. fue el Test de la Milla con un promedio de  $43,61 \pm 5,45 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Al comparar el  $VO_2$  máx. con la Disnea, se puede determinar que el Test que presenta mayor relación es el Test del Escalón, con una relación sobre 0,70, lo que indica una correlación alta entre las variables. Dicho resultado además es

estadísticamente significativo. Finalmente no se obtuvo relación entre los valores de  $VO_2$  máx. y la Talla y Edad de los sujetos del estudio.

De acuerdo a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis nula de la investigación ya que de los Tests aplicados a los sujetos de la investigación, ninguno obtuvo los menores valores de Disnea y además correlación entre valores de  $VO_2$  máx. y Disnea. Sin embargo se puede determinar que para este grupo de niños asmáticos el Test más adecuado entre los evaluados fue el Test del Escalón ya que, a pesar de no obtener los menores valores de Disnea sí obtuvo bajos valores en la EMB y una correlación negativa entre el  $VO_2$  máx. y la Disnea. Por el contrario se establece que el Test de Naveta sería la menos apropiada en estos sujetos.

Estos resultados son de real interés en el quehacer del kinesiólogo ya que propone una herramienta útil, de bajo costo e implementación, en la evaluación y valoración de la capacidad de estos pacientes al momento de realizar ejercicio físico. El conocimiento de la condición física del paciente revela información importante sobre la repercusión de la enfermedad en estrés físico y permite al equipo de salud la toma de decisiones acorde a las necesidades reales del sujeto con Asma, ya que la bibliografía revisada expone la existencia de tratamientos y protocolos de rehabilitación destinados a mejorar la condición física del paciente, que de no ser intervenida a tiempo, puede dar paso a otras

enfermedades crónicas no transmisibles que junto con la enfermedad de base pueden menoscabar la calidad de vida de estos pacientes. Esto permite que el Test del Escalón sea una muy buena opción para aplicar en cualquier establecimiento de atención primaria, además de fácil capacitación para el personal médico. Es de vital importancia que los kinesiólogos puedan tener los espacios necesarios en la atención primaria para desarrollar la investigación en niños con Asma, y así mejorar el tratamiento y rehabilitación de esta población a través del ejercicio físico.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio nos permiten tener un antecedente válido de cómo algunos sujetos con edades entre 11 y 16 años con patología Asma leve a moderado responden frente a pruebas que miden el Consumo Máximo de Oxígeno. Sin embargo estos resultados no pueden ser extrapolados al resto de la población ya que la metodología de la muestra no fue de tipo aleatorio y además el número de sujetos evaluados fue pequeño.

Por tanto, a raíz de los resultados obtenidos, se sugiere aumentar el tamaño muestral e incluir a un grupo control de sujetos sanos, ya que las referencias obtenidas para este estudio proviene de datos internacionales no encontrándose datos del  $VO_2$  máx., en la población escolar chilena en este rango de edad. Al corregir las limitaciones expuestas en futuros estudios, se podría aplicar esta prueba en el Consultorio de Quebrada Verde y extrapolar estos resultados para ser aplicados en otros centros de salud obteniendo un

instrumento de evaluación confiable y de bajo costo, pudiendo incluso ser realizado en colegios valorando de manera más adecuada su  $VO_2$  máx. y teniendo datos objetivos para poder desarrollar protocolos de entrenamiento que vayan en directo beneficio de la mejora de la condición física de la población asmática infantil y en el desempeño de las AVD.

## X BIBLIOGRAFÍA

1. Alison K. McConnell (2005). The role of inspiratory muscle function and training in the genesis of dyspnea in asthma and COPD. **Primary Care Respiratory Journal**, **14**; 186-194.
2. Astudillo, P. **Asma Infantil en Chile [en línea]**. Disponible: <http://www.neumologia-pediatrica.cl> [ Mayo 2007 ].
3. Basaran Sibel et al. (2006). Effects of physical exercise on quality of life, exercise capacity and pulmonary function in children with asthma. **J Rehabil Med**, **38**: 130\_135.
4. Brown SE, Fischer CE, Stansbury DW, Light RW (1985). Reproducibility of VO<sub>2</sub> máx in patients with chronic air-flow obstruction. **Am Rev Respir Dis.**, **131**; 435– 438.

5. Carrasco, E., Díaz, P., Moreno, R. (1996). Consenso chileno para el diagnóstico y manejo del asma bronquial en niños. **Enfermedades del Torax**, **40**(2).
6. Carrasco E. et al. (2004). Prevención del asma bronquial alérgico -. C. **Rev Chil Enf Respir** **20**: 164-167.
7. Chapman, K., Rebuck, A. (1983). Inspiratory and expiratory resistive loading as a model of dyspnea. **Asthma Respiration**, **44**(6), 425–432.
8. Claudia Coli, Monica Picariello, Loredana Stendardi, Michela Grazzini, Barbara Binazzi, Roberto Duranti and Giorgio Scano (2006). Is There a Link Between the Qualitative Descriptors and the Quantitative Perception of Dyspnea in Asthma?. **Chest**, **130**;436-441.
9. Clark, C., Cochrane, L. (1988). Assessment of work performance in asthma for determination of cardiorespiratory fitness and training capacity. **Thorax**, **43**, 745–9.
10. Cochrane LM, Clark CJ (1990). Benefits and problems of a physical training programme for asthmatic patients. **Thorax**, **45**; 345–51.

11. Cureton KJ, Sloniger MA, O'Bannon JP, et al (1995). A generalized equation for prediction of VO<sub>2</sub> peak from 1-mile run walk performance. **Med Sci Sports Exerc.**, **27**;445– 451.
  
12. Cristine Glazebrook, Amy C. McPherson, Ian A. Macdonald, Judy A. Swift, Christopher Ramsay, Rachel Newbould and Alan Smyth (2006). Asthma as a Barrier to Children's Physical Activity: Implications for Body Mass Index and Mental Health. **Pediatrics**,**118**;2443-2449.
  
13. Dean E, Ross J, Bartz J, Purves S (1989). Improving the validity of clinical exercise testing: the relationship between practice and performance. **Arch Phys Med Rehabil**,**70**; 599–604.
  
14. Edgardo Cruz Mena, Rodrigo Moreno Bolton (1999). **Aparato respiratorio: fisiología y clínica.** (4.ed.). Santiago. Edit. Mediterráneo.
  
15. Expert Panel Report 2. (1997). Guidelines for the diagnosis and management of asthma. NIH Publication. **Nacional Institutes of Health.** No 97-4051.

16. Fink G, Kaye C, Blau H, et al (1993). Assessment of exercise capacity in asthmatic children with various degrees of activity. **Pediatr Pulmonol**,15; 41–43.
17. Garfinkel, S., Kesten, S., Chapman, K., (1992). Physiologic and nonphysiologic determinants of aerobic fitness in mild to moderate asthma. **Am Rev Respir Dis**.
18. Global Initiative for Asthma. (2004). **Global Burden of Asthma [en línea]**. Disponible: <http://www.ginasthma.org>. [15 Mayo 2007].
19. Global Initiative for Asthma (2006). **Global strategy for asthma management and prevention [en línea]**. Disponible: <http://www.ginasthma.org>. [16 Mayo 2007].
20. Grupo Español para el Manejo del Asma (GEMA) (2003). **Guía española para el manejo del asma [en línea]**. Disponible: <http://www.gemasma.com> [25 Mayo 2007].
21. G. Tancredi, S. Quattrucci, F. Scalercio, G. De Castro, A.M. Zicari, E. Bonci, S. Cingolani, L. Indinnimeo, F. Midulla (2004). 3-Min step test and

treadmill exercise for evaluating exercise-induced asthma. **Eur Respir J**, **23**: 569–574.

22. **Guía de bolsillo para el manejo y prevención del asma en niños. (2006)** [en línea]. Disponible: <http://www.ginasthma.org> [10 Julio 2007].

23. Hernández, J. (2006). **Metodología de la Investigación**. (4.ed.). México: Edit. McGraw-Hill.

24. Hartung GH, Krock LP, Crandall CG, et al (1993). Prediction of maximal oxygen uptake from submaximal exercise testing in aerobically fit and nonfit men. **Aviat Space Environ Med.**, **64**:735–740.

25. Alberto Neder, Luiz E Nery, Antônio C Silva, Anna L B Cabral, Ana L G Fernandes (1999). Short term effects of aerobic training in the clinical management of moderate to severe asthma in children. **Thorax**, **54**:202–206.

26. Juan Rodríguez y Álvaro Undurraga (2004). **Enfermedades respiratorias**. Edit. Mediterráneo. Pág. 307, 308.

27. Kendrick., (2000). Usefulness of the modified 0-10 Borg scale in assessing the degree of dyspnea in patients with COPD and asthma. **J Emerg Nurs**, **26**(3), 216-22.
28. King NJ. The behavioral management of asthma and asthma-related problems in children: a critical review of the literature. **J Behav Med.**, **3**; 169-189.
29. Kittredge JM, Rimmer JH, Looney MA (1994). Validation of the Rockport Fitness Walking Test for adults with mental retardation. **Med Sci Sports Exerc.**,**26**; 95–102.
30. Kline GM, Porcari JP, Hintermeister R, et al (1987). Estimation of Vo<sub>2</sub>max from a one-mile track walk, gender, age, and body weight. **Med Sci Sports Exerc.**, **19**:253–259.
31. Kristina Stravinskaitė, Kęstutis Malakauskas, Brigita Šitkauskienė, Raimundas Sakalauskas (2005). Perception of dyspnea in asthmatics with normal lung function. **Medicina Kaunas** **41**(9), 747-753.
32. Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J (1988). The multistage 20 meter shuttle run for aerobic fitness. **J Sports Sci**, **6**; 93–101.

33. Leger LA, Lambert J (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict  $\text{VO}_2$  máx. **Eur J Appl Physiol.**, **49**; 1–12.
34. Liam Welsh, Richard G.D. Roberts and Justin G. Kemp (2004). Fitness and Physical Activity in Children with Asthma. **Sports Med**, **34 (13)**: 861-870.
35. López, J., Fernández, A. (2006). **Fisiología del Ejercicio**. (3.ed.). Madrid: Edit. Médica Panamericana.
36. Loughheed, M., Lam, M., Forkert, L., Webb, K., O'Donnell, D., (1993). Breathlessness During Acute Bronchoconstriction in Asthma: Pathophysiological Mechanisms. **Am Rev Respir Dis**, 1452–1459.
37. McGavin CR, Gupta SP, McHardy GJR (1976). Twelve-minute walking test for assessing disability in chronic bronchitis. **Br Med J.**,**1**; 822– 823.
38. McGavin CR, Artvinli M, McHardy GJR (1978). Dyspnea, disability, and distance walked: comparison of estimates of exercise performance in respiratory disease. **Br Med J.**,**2**; 241–243.

39. Mahler D.(1992). The measurement of dyspnea during exercise in patients with lung disease. **Chest** **101**, 242-247.
40. Mahler, D., Waterman, L., Ward, J., & Baird, J. (2006). Continuous ratings of breathlessness during exercise by children and young adults with asthma and healthy controls. **Pediatric Pulmonology**, **41**, 812-818.
41. Mahler D, Laurie A. Waterman, Joseph Ward and John C. Baird (2007). Responsiveness of Patient-Reported Breathlessness During Exercise in Persistent Asthma. **Chest** **131**, 195-200.
42. Mallol, J., Cortez, E., Amarales, L. (1999). Prevalencia del asma en escolares chilenos. Estudio descriptivo de 24.470 niños. ISAAC-Chile. **Rev méd Chile**, **128**(3).
43. Manning, H., (2001). Respiratory sensations in asthma: Physiological and Clinical Implications. **Journal of Asthma**, **38**(6), 447-460.
44. Mark W. Millard. MD. (2003). Dispelling the myths of exercise and asthma. **BUMC PROCEEDINGS**, **16**:388–391.

45. Martínez, E., (2003). Determinants of dyspnea in patients with different grades of stable asthma. **Journal of Asthma**, **40**(4), 375-382.
46. Miguel A. Rosas V., Jaime Pérez L., Virginia Blandón V., Blanca del Río N., Juan José Luis Sierra Monge (2004). Broncoespasmo inducido por ejercicio. Diagnóstico y manejo. **Revista Alergia México**, **51**(2):85-93.
47. Ministerio de Salud (MINSAL). (2006). **Guía Clínica de Diagnóstico y Tratamiento del Asma en el menor de 15 años [en línea]**. Disponible: <http://www.minsal.cl> [10 Julio 2007].
48. Montoye HJ, Ayen T, Washburn RA (1986). The estimation of  $\dot{V}O_2$ max from maximal and submaximal measurements in males, age 10–39. **Res Q.**, **57**:250- 253.
49. Navarro, F. (2006). Consideraciones sobre el uso de la frecuencia cardiaca en escolares. [Online]. Disponible: [http://www.feadef.iespana.es/almeria/comunicaciones/AT6/C6\\_06.doc](http://www.feadef.iespana.es/almeria/comunicaciones/AT6/C6_06.doc). [20 marzo 2008].
50. Noonan, V., Dean E. (2000). Submaximal Exercise Testing: Clinical Application and Interpretation. **Physical Therapy**, (8).

51. Penny ME, Murad S, Madrid SS et al. Respiratory symptoms, asthma, exercise test spirometry, and atopy in schoolchildren from a Lima shanty town. **Thorax** 2001;56:607-612.
52. P. Santuz, E. Baraldi, M. Filippone, F. Zacchello (1997). Exercise performance in children with asthma: is it different from that of healthy controls?. **Eur Respir J**; **10**: 1254–1260.
53. Ram, F., (2000). Effects of physical training in asthma: a systematic review. **Br J Sports Med**, **34**(), 162-167.
54. Ram, F., (2005). Physical training for asthma. Cochrane Database of Systematic Reviews.
55. Santuz P, Baraldi E, Filippone M, et al (1997). Exercise performance in children with asthma: is it different from that of healthy controls? **Eur Respir J**, **10**:1254–60.
56. Satipati Chatterjee, Pratima Chatterjee, Amit Bandyopadhyay (2005). Validity of Queen's College Step Test for estimation of maximum oxygen uptake in female students. **Indian J Med Res** **121**(), 32-35.

57. S.A Ward and P.Palange (2007). Clinical Exercise Testing. **Eur Respir Mon.**, 40, vii, volume 12.
58. SB Ahmaidi, AL Varray, AM Savy-Pacaux and CG Prefaut (1993). Cardiorespiratory fitness evaluation by the shuttle test in asthmatic subjects during aerobic training. **Chest 103()**, 1135-1141.
59. Shephard RJ (1984). Tests of maximal oxygen intake: a critical review. **Sports Med.**, 1; 99 –124.
60. Singh SJ, Morgan MDL, Scott S, et al (1992). Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. **Thorax.**,47; 1019 –1024.
61. Singh SJ, Morgan MDL, Hardman AE, et al (1994). Comparison of oxygen uptake during a conventional treadmill test and the shuttle walking test in chronic airflow limitation. **Eur Respir J.**,7; 2016 –2020.
62. Skinner JS (1993) Exercise testing and exercise prescription for special cases. Theoretical basis and clinical application. **Lea & Febiger, Malver, Pennsylvania.**

63. Teal S. Hallstrand, Peter W. Bates and Robert B. Schoene (2000). Aerobic Conditioning in Mild Asthma Decreases the Hyperpnea of Exercise and Improves Exercise and Ventilatory Capacity. **Chest**, **118**;1460-1469.
64. Vitor E. Cassol, Tiago M. Rizzato, Stefania P. Teche, Débora F. Basso, Vânia N. Hirakata, Martín Maldonado, Elisângela Colpo, Dirceu Solé (2005). Prevalence and severity of asthma among adolescents and their relationship with the body mass index . **J Pediatr (Rio J)**.;**81(4)**:305-9.
65. Wilmore Jack H., Costill David L. (2004). **Fisiología del esfuerzo y del deporte** (5a. ed.). Barcelona: Edit. Paidotribo.

## **XI ANEXOS**

### **11.1 ANEXO 1. Consentimiento informado**

#### **CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Este documento tiene el propósito de ayudarlo (a) a tomar la decisión de que su pupilo participe en el Seminario de Título ***“Comparación del Consumo Máximo de Oxígeno y Disnea entre diferentes pruebas de ejercicio físico submáximas y máxima en niños con diagnóstico de asma leve a moderado con edades entre 10 y 16 años que asisten al Consultorio de Quebrada Verde en el periodo 2007-2008”***, realizado por estudiantes de 5º año de la Carrera de Kinesiología de la Universidad de Valparaíso a desarrollarse en Consultorio de Quebrada Verde, el Estadio regional Chile deportes de Valparaíso y en las dependencias de CAPRESALUD de la ciudad de Valparaíso.

#### **Objetivo general**

***Comparar los valores de consumo máximo de oxígeno y disnea de los participantes obtenidos durante la realización de diferentes pruebas de ejercicio físico submáximas***, entendiéndose por consumo máximo de oxígeno a la cantidad máxima de Oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo y por disnea a la sensación subjetiva de dificultad para respirar, situación que la mayor parte de los asmáticos sufren al momento de realizar actividad física.

#### **Descripción de la Investigación**

Consiste en la realización de 4 pruebas de ejercicio físico estandarizadas, midiendo a través de ellas el consumo máximo de oxígeno y los valores correspondientes a la disnea. Tres de estas pruebas son de carácter submáximo, diferenciándose entre ellas a la prueba de Rockport, la prueba del Escalón de Queen’s, y la prueba PWC 170. La prueba de Course Navette es la prueba restante y siendo esta de carácter máximo.

#### **Beneficios**

Esta investigación traerá consigo beneficios que se resumen en la mejora del estado físico general, control del peso corporal, estimulación de la liberación de hormonas internas que producen sensaciones de placer y bienestar, disminución del estrés, entre otros.

## **Riesgos**

Existe el riesgo de que el participante presente una crisis de asma durante el ejercicio físico. Frente a esta eventualidad se contará con **Salbutamol** para su control, y **Oxígeno** en caso de desarrollarse una crisis de mayor gravedad. Frente a cualquier situación tenemos contacto directo con el consultorio Quebrada Verde.

Para el desarrollo de la actividad se requerirá que los participantes porten toalla y artículos de aseo personal para ser usados una vez finalizada la sesión de entrenamiento físico.

***He leído esta hoja de consentimiento informado y ante lo expuesto en mi calidad de apoderado se me ha entregado la información necesaria para permitir que mi pupilo participe de él.***

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Yo, \_\_\_\_\_, Rut: \_\_\_\_\_

Apoderado (a) del menor: \_\_\_\_\_

***Autorizo la participación de mi pupilo*** en las actividades recién detalladas que forman parte del seminario de título ***“Comparación del Consumo Máximo de Oxígeno y Disnea entre diferentes pruebas de ejercicio físico submáximas en niños con diagnóstico de asma leve a moderado con edades entre 10 y 16 años que asisten al Consultorio de Quebrada Verde en el periodo 2007-2008”***, realizado por estudiantes de 5º año de la Carrera de Kinesiología de la Universidad de Valparaíso.

COMPRENDO que ***la participación de mi pupilo es absolutamente voluntaria y la información obtenida será confidencial***. Además su participación podría traer muchos ***beneficios en su salud***.

ACEPTO los ***riesgos descritos*** que puedan producirse durante la participación de mi pupilo en la investigación, además del ***tiempo empleado*** en él.

ENTIENDO que ***es mi derecho retirar a mi pupilo de la investigación en el momento que yo lo desee***, sin ningún tipo de sanción o represalias.

ASUMO que cualquier pregunta que yo quiera hacer en relación a la participación de mi pupilo ***deberá ser contestada por las personas encargadas***.

Firma Apoderado \_\_\_\_\_

## 11.2 Anexo 2. Ficha datos de los participantes

### **FICHA DE SEMINARIO DE TITULO**

**FECHA:**

**NOMBRE:**

**SEXO:**

**EDAD:**

**TALLA:**

**PESO:**

**IMC:**

**DIAGNÓTICO:**

ANAMNESIS:

INICIO DE LA ENFERMEDAD:

INICIO DE TRATAMIENTO:

HOSPITALIZACIONES ANTERIORES:

OTRAS ENFERMEDADES:

ULTIMA CRISIS:

MEDICAMENTOS:

NIVEL DE ACTIVIDAD FISICA/ HOBBY:

TERMINO/PREMATURO:

LACTANCIA:

DIETA:

HABITO TABAQUICO FAMILIAR:

ANTECEDENTES FAMILIARES:

I.P.C:

MASCOTAS:

OTROS:

MEDICIONES:

ESPIROMETRIA

FLUJOMETRIA

## 11.3 Anexo 3. Escala de Borg Modificada

0	Nada en absoluto
0.5	Muy, muy leve (apenas se nota)
1	Muy leve
2	Leve
3	Moderada
4	Algo severa
5	Severa
6	
7	Muy severa
8	
9	Muy, muy severa
10	Máxima

Escala modificada de Borg. Kendrick., (2000). Usefulness of the modified 0-10 Borg scale in assessing the degree of dyspnea in patients with COPD and asthma. J Emerg Nurs, 26(3), 216-22.

#### **11.4 Anexo 4.** Registro datos Test de la Milla

**Fecha: 09/ 01 /08**

Test de Rockport de una milla (1609 metros)

Participantes	F.cardiaca inicial (lpm)	Borg inicial	F.cardiaca final (lpm)	Borg final	Tiempo final (min)
Variables					
Participante 1					
Participante 2					
Participante 3					
Participante 4					
Participante 5					
Participante 6					
Participante 7					
Participante 8					
Participante 9					
Participante 10					

**11.5 Anexo 5.** Registro de datos Test PWC170

## PWC 170 (Physical Work Capacity)

Fecha: 09/ 01 /08

Nombre: \_\_\_\_\_

Peso: \_\_\_\_\_(Kg)                      Carga inicial (carga 1): \_\_\_\_ (Watts)

FC reposo: \_\_\_\_\_(lpm)              Borg reposo: \_\_\_\_\_

Variables/Watt	Carga 1	Carga 2	Carga 3	Carga 4
FC				
Borg				

Recuperación:

Minutos/Variabes	FC	Borg
1		
3		
5		

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

11.6 Anexo 6. Registro de datos Test de Naveta.

**Prueba Course Navette (*Léger et al., 1982*)**

**Fecha: 11/ 01 /08**

<b>Sujetos</b>	<b>Borg reposo</b>	<b>Borg final</b>	<b>Tiempo final</b>	<b>Periodo (palier) de término</b>

11.7 Anexo 7. Registro de datos Test del Escalón

**Prueba del Escalón de Queen's  
(McArdle y cols., 1972)**

**Fecha: 010/ 01 /08**

**Nombre:** \_\_\_\_\_

**Edad:** \_\_\_\_\_ (años)

**Altura escalón: 41.3 (cm)**

**Duración prueba: 3 (min)**

**Ciclos/minuto: Mujeres —→ 22 (88 bpm)**  
**Hombres —→ 24 (96 bpm)**

**Prueba**

	<b>Reposo</b>	<b>Entre segundo 5 y 20 de recuperación</b>
<b>FC</b>		
<b>Borg</b>		

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 11.8 Anexo 8 Comparación de modalidades de tests

TABLE 1-3. Modes of Testing\*

Criterion	Testing Devices			
	Treadmill	Bicycle	Step	Arm Crank
Ability to achieve highest $\dot{V}_{O_2\max}$	4	2 (-10%)	3 (-2%)	1 (-20%)
Obtaining physiological data				
ECG	3	4	2	1
Blood pressure	3	4	2	1
Blood samples	3	4	2	1
$\dot{V}_E$ and $\dot{V}_{O_2}$	3	4	1	2
Performance not limited by local muscle fatigue	4	2	3	1
Familiarity and skills not required	4	3	2	1
Instrument calibration	2	3 <sup>†</sup> 1 <sup>‡</sup>	4	3 <sup>†</sup> 1 <sup>‡</sup>
Adjustment of work load	4	2 <sup>†</sup> 3 <sup>‡</sup>	1	2 <sup>†</sup> 3 <sup>‡</sup>
Cost of equipment	1	3	4	2
Maintenance	1	2	4	3
Subject compliance	4	2	3	1

\* Each device was rated from 1 (lowest) to 4 (highest) in its ability to satisfy the indicated testing criterion. (Adapted from Andersen et al.<sup>2</sup>).

<sup>†</sup> Friction brake.

<sup>‡</sup> Electric brake.

Figura N° 25 tomado de Skinner JS (1993).

### 11.9 Anexo 9. Tabla Descriptiva FC y Tiempo

En la tabla N° 12 se muestra la estadística descriptiva de las variables FC antes y después de realizar los Tests (inicial y final), junto con el tiempo de duración de cada prueba. Se destaca que las pruebas que provocan un incremento mayor de la FC es el Test de Naveta seguido por el Test del Escalón. La prueba que obtuvo mayor tiempo en su ejecución con una media de 14,94 minutos fue el Test de la Milla, por el contrario el Test de Naveta obtiene el menor promedio en su ejecución con 2,6 minutos.

	n	Mínimo	Máximo	Media	DS
FC. Inicial Milla	10	72	112	83,90	11,67
FC. Inicial Escalon	10	80	120	96,00	16,0
FC. Inicial Naveta	10	76	120	87,40	14,73
FC. Inicial PWC-170	10	64	101	87,20	11,24
FC. Final Milla	10	108	180	146,40	23,26
FC. Final Escalon	10	136	188	158,70	16,26
FC. Final Naveta	10	176	192	184,40	5,32
FC. Final PWC-170	10	170	170	170,00	0,00
Tiempo Milla	10	12,78	17,47	14,94	1,64
Tiempo Escalon	10	3	3	3,00	0,00
Tiempo Naveta	10	1,57	5,22	2,60	1,121
Tiempo PWC-170	10	4,23	8,47	5,64	1,33