

# Rehabilitación respiratoria en pediatría

Homero Puppo Gallardo

Unidad de Kinesiología, Universidad de Chile  
Hospital Exequiel González Cortés

## Resumen

La rehabilitación respiratoria se ha consolidado como parte fundamental del manejo y tratamiento de muchos enfermos pulmonares crónicos en edad adulta. La literatura reporta constante información de los múltiples beneficios que tiene el ejercicio practicado de manera sistemática, tanto en sujetos enfermos como sanos, sean estos niños o adultos; siempre considerando una acabada evaluación inicial que permita detectar aquellos en quienes el ejercicio produzca efectos deletéreos en su salud. En nuestro país, el concepto de rehabilitación respiratoria en pediatría está escasamente desarrollado. Sólo existen esfuerzos aislados, que solucionan problemas individuales y no colectivos. El Programa Nacional de Asistencia Ventilatoria no Invasiva en Domicilio (AVNI), es probablemente el primer esfuerzo sistemático en aplicar los principios de la rehabilitación pulmonar en pediatría, en donde un equipo trans-disciplinario le ofrece a los pacientes pediátricos portadores de una patología neuromuscular un enfoque integral que mejore su condición de calidad de vida. Este artículo resume algunos conceptos en torno a los principios de entrenamiento muscular en niños, el concepto de presión inspiratoria y la introducción de válvulas de entrenamiento.

**Palabras Claves:** Rehabilitación respiratoria, músculos respiratorios, presión inspiratoria máxima, válvula umbral.

## INTRODUCCIÓN

En Chile, hasta hace pocos años atrás, la preocupación fundamental de la atención de Salud pediátrica estuvo centrada en la prevención, pesquisa, control y tratamiento de las enfermedades —especialmente respiratorias— que incidían en la producción de altas tasas de mortalidad infantil, donde la neumonía tenía un rol preponderante<sup>(1,2)</sup>. A medida que la década de los noventa fue avanzando, la situación ha cambiado significativamente. La mortalidad infantil que en 1970 era de 79 por mil nacidos vivos, disminuyó a 32 en 1980, 19 en 1990 para llegar a menos de 8 por mil en 2002 en que ya está plenamente establecido el Programa de Infecciones Respiratorias Agudas (Programa IRA), que produjo un positivo y poderoso impacto en la accesibilidad y resolución de la patología respiratoria aguda a nivel primario que hasta finales de los años 80 siempre fueron manejadas en la Unidades de Broncopulmonar y Kinesiología de los hospitales de la red asistencial<sup>(3,4)</sup>.

Por otro lado, se aprecia el gran desarrollo tecnológico y terapéutico que han tenido tanto las Unidades de Cuidados Intensivos Pediátricas como Neonatales, contribuyendo al egreso exitoso de pacientes prematuros extremos o portadores de daño pulmonar severos post-Adenovirus o por otros agentes infecciosos. Todo lo anterior, sumado a nuevos y exitosos esquemas terapéuticos, y al manejo por

los consultorios de atención primaria de la patología respiratoria aguda, han conducido a que las Unidades de Broncopulmonar y Kinesiología de los distintos hospitales del país, asuman en plenitud el control integral de las enfermedades respiratorias crónicas complejas, donde destacan el daño pulmonar crónico post-infeccioso (especialmente aquel derivado de una neumonía grave por Adenovirus), la Fibrosis Quística, la Displasia Broncopulmonar y aquellas derivadas de alteraciones neurológicas o neuromusculares: Distrofias musculares, atrofia espinal, daño pulmonar crónico secundario a microaspiración o neumonías aspirativas recurrentes en niños con parálisis cerebral, etc.).

## Aspectos generales

Los niños con patología respiratoria crónica se caracterizan por ser portadores de síntomas respiratorios permanentes que los acompañan por toda la vida (Tabla 1) o por un largo período de ella, motivando una frecuencia elevada de controles y tratamientos farmacológicos prolongados que son de alto costo. Su función pulmonar está deteriorada y la capacidad física tanto para realizar ejercicios como para las actividades de la vida diaria está disminuida, siendo dramática esta situación en algunos niños (Figura 1).

## PROGRAMA DE REHABILITACIÓN RESPIRATORIA

Para el adecuado manejo de estos pacientes, es necesario establecer un Programa de Rehabilitación Respiratoria, donde un equipo multidisciplinario sea el encargado de los distintos

Correspondencia: Homero Puppo Gallardo. Profesor Asistente. Facultad de Medicina. Escuela de Kinesiología. Laboratorio de Función Pulmonar. Hospital Exequiel González Cortés. E-mail: [homeropuppo@yahoo.com](mailto:homeropuppo@yahoo.com)

**Tabla 1.- Síntomas y signos frecuentes en pacientes respiratorios crónicos**

- Tos productiva
- Disnea al ejercicio
- Fatiga muscular
- Mal incremento ponderal
- Irritabilidad
- Somnolencia
- Alteraciones del sueño
- Desnutrición
- Sibilancias polifónicas
- Aumento del diámetro antero-posterior del tórax
- Clubbing (uñas en palillo de tambor)
- Xifoescoliosis
- Mala tolerancia al ejercicio

Parece fundamental -para enfocar adecuadamente este Programa en pediatría- incluir los conceptos de Deterioro (Impairment), *Disfunción (Disability)* y *Participación* (antes definida como Desventaja o Handicap), desarrollados por la Organización Mundial de la Salud (OMS)<sup>(5,6)</sup>, los cuales buscan estratificar el compromiso en tres dimensiones o ambientes que están siempre involucrados en el proceso de una enfermedad crónica: El orgánico, el funcional y el social. Aquí es importante consignar que aquellas enfermedades respiratorias de base, que han dejado algún tipo de daño pulmonar crónico en un niño: Bronquiectasias, pulmón hiperlúcido, atelectasias crónicas, fibrosis pulmonar, bullas e incluso bronquiolitis obliterante, lo puede llevar a un proceso continuo que comienza por el establecimiento de un deterioro y en los pacientes más dañados a un severo compromiso de la calidad de vida tanto del niño como de la familia.

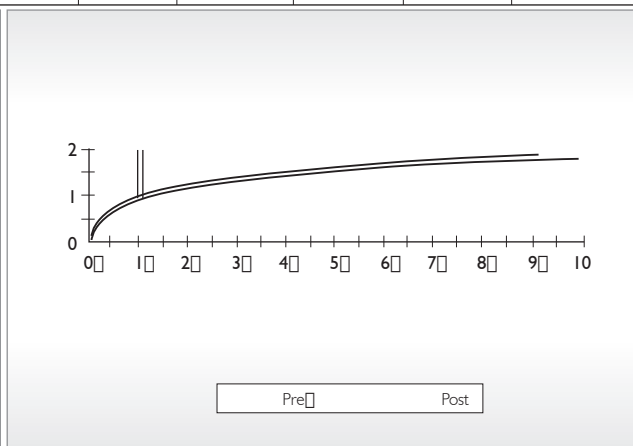
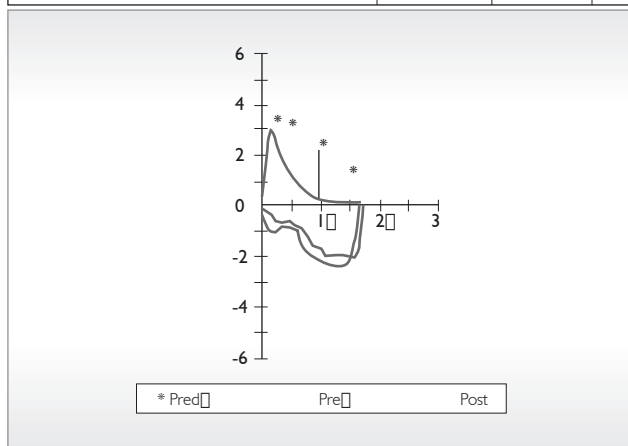
aspectos deficitarios. Este equipo debe contar al menos con Neumólogo Pediatra, Kinesiólogo, Enfermera, Nutricionista, Asistente Social y profesionales del área de la Salud<sup>(5,8)</sup>

**Deterioro**

Entendido como la pérdida o presencia de una anomalía fisiológica, anatómica estructural, psicológica o funcional, que

**Figura 1.- Niño de 15 años con antecedentes de neumonía grave por adenovirus. Nótese la marcada disminución de volúmenes y flujos, el prolongado tiempo espiratorio, característico de los pacientes crónicos con severo atrapamiento aéreo.**

		PRE-BRONCH					POST-BRONCH		
		Actual	Pred.	% Pred.	SD	LLN	Actual	%Pred.	%Chng.
<b>SPIROMETRY</b>									
FVC	(L)	1.74	2.10	83		80.10	1.83	87	5
FEV1	(L)	0.96	1.86	52		81.40	0.96	52	
FEV1/FVC	(%)	55	89	62		80	53	59	-5
FEF 25-75%	(L/seg)	0.33	2.23	15		68.60	0.40	18	20
FEF Max	(L/seg)	2.79	3.41	82	0.84	2.02	3.08	90	10
Expiratory Time	(sec)	9.95					9.18		-8
<b>LUNG VOLUMES</b>									
SVC	(L)	1.91	1.90	100					
IC	(L)	1.50	1.32	114					
ERV	(L)	0.41	0.58	70					



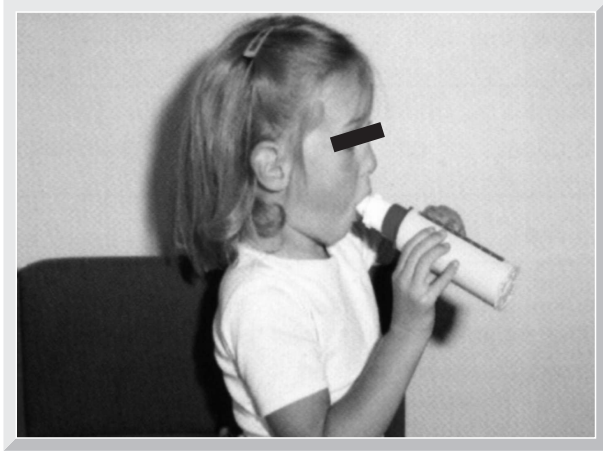


Figura 2.- Niña de 4 años haciendo una maniobra de flujometría

a veces puede no ser percibida por el propio paciente o por el examen clínico habitual, y que a menudo es detectada en una espirometría como una alteración mínima o leve<sup>(5,6)</sup>. En otras oportunidades este deterioro es evidente y se establece inmediatamente concluido el evento agudo que lo generó (neumonía por Adenovirus 7h).

### Discapacidad

Se refiere a la dificultad o imposibilidad de realizar una actividad en el rango considerado normal para un ser humano. Se manifiesta en términos de restricción en actividades dinámicas como el caminar, correr o incluso vestirse<sup>(5,6)</sup>. Se determina a través de los distintos test de capacidad física o las escalas de disnea.

### Participación

Se refiere a las circunstancias de desventaja relativa que el paciente tiene con respecto a sus pares en el rol que le corresponde en la sociedad<sup>(6)</sup>. Por ejemplo en un niño oxígeno-dependiente con disnea severa se provocan una serie de dificultades para la asistencia regular a la educación formal y realizar actividades físicas habituales como juegos y otras participaciones grupales. Según la American Thoracic Society (ATS), la rehabilitación pulmonar (o respiratoria) es un programa de atención multidisciplinar para individuos con deficiencias respiratorias crónicas, el cual es diseñado y confeccionado individualmente, para cada caso con el fin de optimizar la autonomía y el rendimiento tanto a nivel físico como social<sup>(7)</sup>.

Los objetivos principales de este programa son:

- Reducción de síntomas respiratorios y generales
- Disminución de las discapacidades (mejoría del rendimiento físico)
- Aumento de la participación en actividades físicas y sociales
- Mejoría de la calidad de vida

La rehabilitación respiratoria está indicada en los pacientes con deficiencias respiratorias crónicas que, a pesar del tratamiento médico óptimo padecen una disnea persistente, tienen una capacidad de tolerancia al ejercicio reducida y una restricción en las actividades cotidianas<sup>(7,8)</sup>. No existe un criterio específico de función pulmonar que indique la necesidad de rehabilitación pulmonar, por lo tanto, son los síntomas, las discapacidades y minusvalías las que determinan la inclusión en un programa<sup>(7,8,9)</sup>. Hay que tener siempre en cuenta, que uno de los factores principales para poder alcanzar el éxito es la motivación del individuo, y que sólo aquel que este dispuesto a seguir fielmente el programa obtendrá los máximos beneficios<sup>(9,11)</sup>.

Los pilares en que basaremos el manejo integral de estos pacientes son tres:

- Educación
- Evaluación
- Tratamiento

### EDUCACIÓN

El kinesiólogo fundamentalmente debe colaborar con el médico tratante en la supervisión del tratamiento indicado, especialmente de los fármacos inhalatorios, preocupándose de su óptima aplicación. Es importante también participar reforzando todo lo relacionado con prevención de factores de riesgo como el tabaco de los mayores o del niño mismo u otros agentes de contaminación tanto intra como extradomiciliarios. Es muy importante que el kinesiólogo esté integrado en los Grupos de Padres de pacientes portadores de patología crónica, aportando su visión de la problemática así como también recibiendo valiosa información de los sentimientos de los padres para con la enfermedad y su manejo, que le permita corregir o adecuar las distintas pautas de evaluación y tratamiento.

### EVALUACIÓN

Como Kinesiólogos y después de revisar concienzudamente la historia clínica de nuestro paciente, debemos realizar o ser capaces de comprender acabadamente, dos tipos de exploración:

-  Evaluación clínica habitual: Debe incluir Flujometría en todos aquellos que colaboran, e introducir su uso a los niños desde muy pequeños (desde los 2 años en adelante) (Figura 2).

-  Evaluaciones específicas: primero, aquellas pruebas que tienen por objetivo informarnos de la función pulmonar del individuo y su evolución (espirometría, estudios de volúmenes pulmonares, DLCO<sub>2</sub>, resistencia de la vía aérea, test de provocación bronquial, etc). Segundo, pruebas que impliquen medir la capacidad de tolerancia al ejercicio y la disnea, así como las condiciones de fuerza y resistencia que posea la musculatura respiratoria.

La capacidad aeróbica está asociada a mejor pronóstico de supervivencia en pacientes con fibrosis quística I I. La actividad física regular en estos pacientes se asocia con mejorías en el consumo de oxígeno ( $VO_{2peak}$ ), tolerancia al ejercicio y clearance mucociliar, además de menor declinación de la función pulmonar y mejoría en la auto-estima<sup>(10-15)</sup>, todos factores fundamentales para una adecuada calidad de vida en la infancia. La tolerancia al ejercicio se objetiva a través de test sub-máximos, como los test de marcha de 12 o 6 minutos (éste último ya validado en niños con fibrosis quística I 6 o los test para medir capacidad máxima de ejercicio, que son el *gold standard* para la obtención del consumo máximo de oxígeno, pruebas que se pueden realizar tanto en cicloergómetro como en treadmill, siendo el Protocolo de Balke modificado uno de los más adecuados para ser aplicado en niños<sup>(17,25)</sup>.

### Pruebas de Ejercicio Sub-máximos: Test de Marcha de 6 o 12 minutos

Son test funcionales que reflejan la capacidad del niño para realizar actividades cotidianas. Actualmente se aplican en una amplia gama de patologías: cáncer, fibrosis quística, enfermedades neuromusculares, trasplante cardio-pulmonares etc. Consisten en valorar la distancia recorrida en línea recta, previamente ya medida, por un terreno plano (pasillo de 30 metros o más), durante un período de seis o doce minutos. Esta prueba proporciona información de la capacidad de ejercicio submáxima del sujeto. Es importante la monitorización: saturación de oxígeno, escala de disnea de Borg, frecuencia respiratoria y cardíaca<sup>(16,20)</sup>. Existen valores de referencia en adultos extranjeros<sup>(19,21,22)</sup> y al igual que en otras pruebas, no contamos con tablas aceptadas y validadas a nivel nacional para nuestros niños. En nuestro Centro, utilizamos las de Escobar y colaboradores, por ser las únicas publicadas para escolares chilenos sanos entre 6-14 años<sup>(23)</sup> (Tabla 2).

### Pruebas de Ejercicio Máximo

En términos generales, nos permiten obtener información acerca de la capacidad máxima para realizar ejercicio y de sus factores limitantes<sup>(18,24,25)</sup>. Permiten estimar una carga máxima de trabajo para ser utilizada como referencia para la prescripción de ejercicio<sup>(24,25)</sup>. Existen dos tipos: de carga máxima incremental y de carga máxima constante.<sup>(25)</sup> Para obtener el  $VO_2$  máximo se utilizan los test incrementales que permiten elevar la carga en forma progresiva, teniendo la posibilidad que al mismo tiempo se vayan evaluando diversos signos y síntomas pre-establecidos: frecuencia cardíaca, presión arterial, saturación de oxígeno, escala de disnea (Borg) y dependiendo de la tecnología disponible, medir en forma directa el consumo máximo de oxígeno, umbral anaeróbico, el volumen espirado, el nivel de lactato sanguíneo producido con cada carga, etc<sup>(24,25)</sup>. Los test de carga constante utilizan generalmente un porcentaje alto de la carga máxima obtenida en el test incremental, siendo

Tabla 2.- Protocolo test de marcha 6 minutos

#### Equipo requerido

1. Pasillo de longitud 30 metros mínimo.
2. Cronómetro, saturómetro.
3. Dos conos para marcar cada extremo del pasillo.
4. Una silla.
5. Fuente de oxígeno.
6. Block de apuntes.
7. Dos operadores.
8. Marcas en el suelo cada 3 metros del recorrido.

#### Preparación del paciente

- No suspenden medicamentos.
- En pacientes  $O_2$  dependientes, utilizar la misma fuente habitual que le provee  $O_2$  (balón tipo E con carro de transporte, mochila con  $O_2$  líquido).
- No debe hacerse en ayuno. Recomendar desayuno liviano.
- El niño no debe hacer ejercicio vigoroso al menos 2 horas previas
- Debe realizar la prueba con ropa cómoda y zapatillas
- Informarle tanto al niño las características de la prueba y sus exigencias.
- Mostrarle la escala modificada de Borg y la forma de usarla
- Enfatizar que debe caminar lo mas rapido posible y que estan permitidas las detenciones.

#### Parámetros previos

- Registrar: Edad, peso, talla, diagnóstico, examen de gases recientes.
- Paciente debe permanecer en reposo al menos 10 minutos antes de la prueba
- Luego del tiempo de reposo se registrará:
  - Frecuencia Cardíaca
  - Saturación de  $O_2$
  - Sensación subjetiva de cansancio con la escala modificada de BORG de 1 a 10
  - Sensación subjetiva de fatiga de extremidades inferiores con la escala modificada de Borg.
  - Si lo amerita, registrar el flujo de  $O_2$  que trae el paciente.
  - Anotar el número de detenciones y las probables causas.
- Luego de concluida los 6 minutos de la prueba se registrará:
  - Frecuencia Cardíaca
  - Saturación de  $O_2$
  - Sensación subjetiva de cansancio con la escala modificada de BORG de 1 a 10
  - Sensación subjetiva de fatiga de extremidades inferiores con la escala modificada de Borg
  - Número de vueltas al circuito
  - Distancia recorrida (en metros)
- Establecida la distancia recorrida, relacionarla con valores predichos y el % con respecto a éste.

#### Desarrollo de la prueba

- El paciente debe caminar lo más rápido posible: SIN CORRER EN NINGUN MOMENTO.
- Tiene derecho a las detenciones que el paciente requiera.
- Debe caminar en línea recta, llegar al cono que marca el final del recorrido y rodearlo por detrás.
- Si el operador estima que la colaboración del niño es displicente debe suspender el examen.
- Si el operador estima que el paciente está con cansancio extremo o que tiene cualquier síntoma o signo de riesgo debe suspender el examen.
- Las "frases de ánimo" que recomendamos son cada 1 minuto y corresponden a las mismas establecidas en ATS.

el factor tiempo la variable que nos permita comparar que sucede con la tolerancia al ejercicio pre y post período de aplicación de un determinado programa de entrenamiento<sup>(25)</sup>.

### Pruebas de Fuerza Muscular Inspiratoria

Son todas aquellas que tienen como objetivo determinar la fuerza y resistencia máxima de la musculatura respiratoria y periférica. La fuerza máxima de los músculos inspiratorios se determina a través de la presión inspiratoria máxima (Pimax), la cual permite evaluar el conjunto de la musculatura inspiratoria de forma no invasiva<sup>(29)</sup>. Los primeros valores de referencia datan de finales de la década de los 60<sup>(26)</sup> (Figura 3). La resistencia (*endurance*) de los músculos inspiratorios se puede evaluar a través del "test de incremento de cargas progresivas cada dos minutos", que nos permite detectar, por una prueba no invasiva, la carga máxima que los músculos inspiratorios son capaces de desplazar en un determinado tiempo<sup>(27,29)</sup> o a través del "test de tiempo límite", que representa el máximo tiempo que un sujeto es capaz de sostener la ventilación contra una carga alta predeterminada (generalmente sobre el 60% de la Pimax) antes de llegar a la fatiga muscular<sup>(29,53,54)</sup>.

Hoy está claro que en pacientes adultos portadores de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), uno de los factores que más contribuye a la disminución de la tolerancia al ejercicio y al incremento de la disnea, y por ende a su calidad de vida, es la debilidad muscular (*weekness*), tanto respiratoria como periférica<sup>(30,32)</sup>. Por lo tanto, un seguimiento preciso de los parámetros musculares, permitirá determinar la evolución del paciente a partir de elementos objetivos y comparables, y al mismo tiempo, pautar las cargas de trabajo muscular, buscando el gesto más analítico posible, partiendo de un porcentaje de los valores máximos alcanzados en las pruebas iniciales<sup>(30)</sup>. Existen otros aspectos que, aunque no sean exclusivamente a evaluar por el kinesiólogo, si son de vital importancia para nuestro trabajo. Estos son, por un lado, la disnea y la fatiga muscular y por el otro, la calidad de vida. Respecto a la disnea, sólo comentar que en adultos y en condiciones basales se debe utilizar una evaluación indirecta,

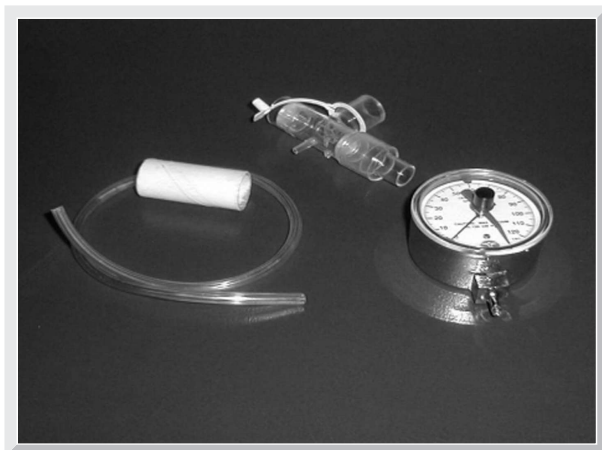


Figura 3a.- Pimómetro Anaeroide DHD Medical®



Figura 3b.- Evaluación de la fuerza muscular inspiratoria

por ejemplo, el índice de Disnea basal de Mahler y en presencia de una actividad se debe utilizar la escala Borg o la escala visual análoga, con lo cual podemos detectar en cada fase de la rehabilitación la sensación de ahogo y fatiga de extremidades inferiores<sup>(33,34)</sup>. La disnea produce una dificultad para realizar ejercicio físico, que aísla al niño de muchos tipos de juegos grupales, que junto con la sobreprotección del medio (familia, profesores e incluso tratantes), los lleva progresivamente al sedentarismo y por ende a un marcado desacondicionamiento físico, lo que acentúa la disnea, terminando por producir discapacidad respiratoria, que los hace más dependientes de otras personas, y los puede conducir finalmente al aislamiento social y a la depresión. Los test de calidad de vida son los indicadores más objetivos de las percepciones que tiene el paciente respecto a la actividades que habitualmente lleva a cabo, y para evaluarlas, existen una serie de pruebas ya validadas en su traducción al castellano que son de uso común para los equipos de rehabilitación pulmonar de adultos<sup>(35,36)</sup>, existiendo, al igual que las escalas para evaluar la disnea, el desafío para quienes nos desempeñamos con niños, adaptarlas a la edad pediátrica.

### TRATAMIENTO

Al kinesiólogo le corresponden las siguientes actividades:

- Kinesiterapia respiratoria tradicional: (Permeabilizar vía aérea, mejoría en la distribución de la ventilación y la perfusión, reexpansión de zonas atelectásicas, etc).
- Supervisión y aplicación de aerosolterapia.
- Supervisión y aplicación de oxígeno terapia.
- Supervisión y aplicación de la ventilación mecánica no invasiva.
- Entrenamiento de la capacidad física general.
- Entrenamiento específico de las extremidades superiores.
- Entrenamiento específico de las extremidades inferiores.
- Entrenamiento específico de los músculos respiratorios.

Esta última actividad la desarrollaremos más extensamente.



### Entrenamiento muscular Inspiratorio

La actividad sostenida de la musculatura esquelética, con una intensidad y duración establecida, produce cambios adaptativos en su estructura y en su capacidad de rendimiento<sup>(37)</sup>. Los músculos ventilatorios, así como los esqueléticos, pueden cambiar su resistencia y fuerza en respuesta a un programa de entrenamiento específico<sup>(38)</sup>. Definimos entrenamiento como un proceso mediante el cual son estimulados órganos y sistemas, en forma periódica y sistemática, a fin de obtener una respuesta específica, dependiente del estímulo aplicado. Los principios fundamentales del entrenamiento muscular son: sobrecarga progresiva, especificidad y reversibilidad. Siempre teniendo en cuenta la capacidad física inicial del sujeto<sup>(37,39,40)</sup>.

Las respuestas que podemos observar ante un proceso de entrenamiento específico de los músculos inspiratorios son:<sup>(41)</sup>

- a)  Mejoría en la fuerza y resistencia de los músculos respiratorios.
- b)  Mejoría en la capacidad para realizar ejercicios.
- c)  Disminución de la disnea.
- d)  Retarda comienzo de la fatiga muscular.
- e)  Mejoría en el proceso de *weaning* (cuando un paciente es sometido a VM).

Los pacientes susceptibles de ser sometidos a entrenamiento de musculatura inspiratoria son:

- a)  Enfermedad restrictiva: cifoescoliosis, cuadros neuromusculares, etc.
- b)  Enfermedad respiratoria crónica post-viral.
- c)  Debilidad muscular post-ventilación mecánica prolongada.
- d)  Fibrosis Quística.

El sistema de entrenamiento muscular inspiratorio (EMI) más validado actualmente es el entrenamiento con válvula umbral que emplea una válvula de 2 cm. de diámetro provista de un resorte que la mantiene cerrada<sup>(32,41)</sup> (Figura 4). Para poder inspirar, el sujeto debe generar una determinada presión por parte de sus músculos inspiratorios, de tal modo de vencer una carga preestablecida (generalmente se recomienda un 30% de la Pimax)<sup>(42)</sup>, que permita abrir la válvula y así iniciar el flujo inspiratorio<sup>(40,41)</sup>. Este sistema de entrenamiento tiene la ventaja de que la carga determinada por la tensión del resorte es independiente del flujo que el paciente emplee<sup>(40)</sup>.

En pacientes adultos con EPOC, por algún tiempo, el EMI fue controvertido en sus resultados<sup>(44)</sup>. Dudas que se han despejado últimamente gracias al meta-análisis de Lotters y colaboradores<sup>(32)</sup> que permite establecer que el EMI es beneficioso, especialmente en aquellos pacientes con  $\leq 60$  cmH<sub>2</sub>O de presión inspiratoria, límite en el cual podríamos estar hablando de debilidad muscular inspiratoria. En otra revisión sistemática en adultos, aun más reciente<sup>(45)</sup>, también



Figura 4a.- Válvula umbral Threshold®

se llega a la misma conclusión: es determinante para obtener resultados positivos (incluso en mejorar la sensación de disnea) el utilizar dispositivos de carga umbral de carga constante entre 30-40% de la Pimax. Estas conclusiones dan la razón a lo expuesto en muchos estudios de Lisboa y colaboradores<sup>(43,46-48)</sup>, de que existen múltiples factores para explicar que los resultados no hayan sido concordantes. Entre estos, los principales serían, bajo número de sujetos en cada estudio, grupos de control inadecuado y el utilizar una válvula de entrenamiento en que la resistencia inspiratoria estaba determinada por el tamaño de un orificio, que depende altamente del patrón de flujo del paciente, siendo el nivel de carga variable en cada uno de los esfuerzos que se realizan<sup>(42)</sup>. En los estudios en que se utiliza carga controlada o una resistencia independiente del patrón de flujo, los resultados han sido positivos<sup>(32,45-48)</sup>.

En niños, son relativamente escasos los estudios que aplican entrenamiento específico de los músculos inspiratorios. En 1982, Asher y colaboradores<sup>(49)</sup> publicaron una de las primeras experiencias en niños mayores de 14 años con fibrosis quística utilizando una válvula de resistencia al flujo, obteniendo resultados positivos en cuanto a mejoría de parámetros musculares respiratorios (aumento de la Pimax), pero no de la tolerancia al ejercicio. En otro estudio, de Sawyer y colaboradores<sup>(50)</sup> también en niños portadores de fibrosis quística, pero esta vez entre 7 y 14 años, si hubo mejoría en la tolerancia al ejercicio (medido en treadmill, a través de protocolo de Bruce) y en los parámetros de función muscular inspiratoria, utilizando válvula de carga umbral.

En un estudio nuestro<sup>(51)</sup>, placebo-control, no publicado in extenso, con niños portadores de daño pulmonar crónico secundario a una neumonía grave por adenovirus, comprobamos que utilizando válvula umbral y carga de 30% de la Pimax basal, se obtenían, después de 10 semanas de 20 minutos de entrenamiento diario, 5 veces a la semana, significativas mejorías en cuanto a parámetros de función muscular respiratoria (especialmente aspectos de resistencia), como también de tolerancia al ejercicio. Los demás estudios



Figura 4b.- Válvula umbral Threshold® en paciente traqueostomizado

en niños han estado enfocados fundamentalmente a pacientes portadores de alteraciones Neuromusculares con auspiciosos resultados. En 1999, Gozal y colaboradores<sup>(52)</sup>, en pacientes con enfermedad de Duchenne y atrofia espinal tipo III, demostraron mejoría en parámetros de función muscular respiratoria después de entrenamiento específico de los músculos ventilatorios de hasta 30% de la Pimax durante un año; haciendo notar, que si se deja el entrenamiento, se vuelve a valores basales en aproximadamente 3 meses de concluido el programa. El estudio anterior, junto con el de Topin y colaboradores<sup>(54)</sup> (un estudio doble ciego con grupo placebo-control), resolvieron una importante duda en cuanto a la carga de entrenamiento que debía aplicarse a enfermos portadores de Duchenne. Topin aplicó 30% de la Pimax como carga de entrenamiento al grupo de estudio y de 5% al grupo control, durante 6 semanas, 5 días a la semana, 2 veces al día, 10 minutos cada vez, encontrando una significativa mejoría en aspectos de resistencia muscular inspiratoria y manteniendo valores cercanos a los basales de la Pimax después de concluido el período de estudio, demostrando que el nivel de carga de 30% es efectivo y no provoca deterioro de la Pimax basal en este tipo de enfermos (Figura 5).

En una experiencia nacional con 19 pacientes neuromusculares, mayores de 8 años, adscritos al Programa Nacional de Ventilación Mecánica no-invasiva domiciliaria, y comunicada en el reciente II Congreso de la Sociedad Chilena de Neumología Pediátrica (SOCHINEP), se mostró primero, una disminución de la Pimax promedio cercana al 60% de los valores estimados según Szeinberg y colaboradores<sup>(55)</sup> y que al entrenarlos con válvula umbral y cargas de entrenamiento de 30% de la Pimax, se obtenían beneficios similares a los descritos en la literatura arriba comentada. Es importante también consignar, que en estudios bien diseñados de EMI, se ha logrado establecer que existe hipertrofia de las fibras de tipo II y un aumento en la proporción de las fibras de tipo I en la musculatura intercostal externa<sup>(56)</sup>. También hay que dejar establecido, que a la luz de los conocimientos actuales, y al menos en la enfermedad pulmonar obstructiva

crónica del adulto, el EMI debe ser aplicado en conjunto con el entrenamiento físico general para obtener los máximos beneficios clínicos y de calidad de vida<sup>(32)</sup>.

En resumen, el entrenamiento específico de los músculos inspiratorios con válvulas apropiadas y con un 30% de carga de entrenamiento, al menos por 20 minutos al día, 3-5 veces por semana por un mínimo de 6 semanas, logrará obtener, en múltiples tipos de patologías pediátricas, resultados positivos, especialmente en aspectos relacionados con la resistencia de estos músculos. Por ende, su aplicación debe siempre estar considerada como parte relevante de los programas de rehabilitación de los pacientes respiratorios crónicos, siendo necesario mayores estudios para su aplicación sistemática en pediatría.

## CONCLUSIONES

Conseguir mejorar la calidad de vida de los niños portadores de una enfermedad respiratoria crónica es una responsabilidad de los profesionales del equipo de salud que sin duda impactaría no tan sólo en el paciente, sino en la familia y toda la comunidad. Es tarea primordial que nuestros pacientes respiratorios crónicos cuenten con un equipo de salud transdisciplinario que le otorgue una visión holística de su compleja problemática. La evidencia científica actual, donde la actividad física regular ha probado tener beneficios sobre la salud indudables, nos hacen imperativo consultar las publicaciones de medicina deportiva y rehabilitación y realizar estudios experimentales que involucren test de evaluaciones y pautas de tratamiento que no son parte del quehacer rutinario actual, pero que es imprescindible poner en práctica a la brevedad. Existe suficiente literatura en EPOC que reporta efectos beneficiosos del EMI, por ende, su inclusión debe siempre estar considerada como parte relevante de los programas de rehabilitación de los pacientes respiratorios crónicos, siendo necesario mayores estudios para su aplicación sistemática en pediatría.



Figura 5.- Deformación torácica severa

## REFERENCIAS

- 1.- Benguigui Y. Magnitud del problema de las infecciones respiratorias agudas en América Latina. En: Meneghello J. *Pediatría*. Ed. Médica Panamericana, 1997.
- 2.- Girardi G, Astudillo P, Zúñiga F. El Programa IRA en Chile: hitos e historia. *Rev Chil Pediatr* 2001; 72: 292-300.
- 3.- Astudillo P, Mancilla P, Girardi G, Aranda C. Hospitalización abreviada en 13099 lactantes con síndrome bronquial obstructivo agudo. *Rev Chil Enf Respir* 1994; 10: 290.
- 4.- Girardi G, Astudillo P. Tratamiento ambulatorio del síndrome bronquial obstructivo. En: Meneghello J. *Pediatría*. Ed. Médica Panamericana, 1997.
- 5.- World Health Organization. *International Classification of Impairments, Disabilities and Handicaps*. Génova. 1980.
- 6.- Boletín de Clasificación Internacional de funcionamiento de la discapacidad y de la salud (CIF). Organización Mundial de la Salud. 2001.
- 7.- American Thoracic Society. *Pulmonary Rehabilitation 1999*. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 1666.
- 8.- British Thoracic Society, Standards of Care Subcommittee on Pulmonary Rehabilitation. *Pulmonary Rehabilitation*. *Thorax* 2001; 56: 827-834.
- 9.- Troosters T, Casaburi R, Gosselink R, Decramer M. *Pulmonary Rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease* *Am J Crit Care Med* 2005; 172: 19-38.
- 10.- Turchetta A, Salerno T, Lucidi V, Libera F. Usefulness of a program of hospital-supervised physical training in patients with cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 2004; 38: 115-118.
- 11.- Gulmans V, De Meer K, Brackel H, Faber J, Berger R, Helders H. Outpatient exercise training in children with cystic fibrosis: Physiological effects, perceived competence and acceptability. *Pediatr Pulmonol* 1999; 28: 39-46.
- 12.- Nixon P, Orenstein D, Kelsey S, Doersuk C. The prognostic value of exercise testing in patients with cystic fibrosis. *N Engl J Med* 1992; 327: 1785-88.
- 13.- Orenstein D, Franklin B, Doershuck C, Hellerstein H, Germann K, Horowitz J. Exercise conditioning and cardiopulmonary fitness in cystic fibrosis. *CHEST* 1981; 80: 392-98.
- 14.- Zach M, Oberwaldner B, Hausler F. Cystic fibrosis: physical versus chest physiotherapy. *Arch Dis Child* 1982; 81: 62-69.
- 15.- Schneiderman-Walker J, Pollock S, Corey M, Wilkes D, Canny G, Pedder L, Reisman J. A randomized controlled trial of 3-year home exercise program in cystic fibrosis. *J Pediatr* 2000; 136: 304-10.
- 16.- Gulmans V, Van Veldhoven N, De Meer K, Helders P. The six minute walking test in children with cystic fibrosis: reliability and validity. *Pediatr Pulmonol* 1996; 22: 85-89.
- 17.- Rowlands A, Eston R, Ingledew D. Measurement of physical activity in children with particular reference to the use of heart rate and pedometry. *Sports Med* 1997; 24: 258-271.
- 18.- American Heart Association. *Guidelines for Exercise Testing in the Pediatric Age Group*. *Circulation* 1994; 90: 2166-2179.
- 19.- McGavin CR, Gupta S, McHardy G. Twelve-minutes walking test for assessing disability in chronic bronchitis. *Br Med J* 1976; 1: 822-827.
- 20.- ATS Statement: *Guidelines for the six-minute walk test*. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 111-117.
- 21.- Troosters T, Gosselink R, Decramer M. Six minutes walking distance in healthy elderly subjects. *Eur Respir J* 1999; 14: 270-4.
- 22.- Enright P, McBurnie M, Bittner V, Tracy R, McNamara R. The 6-min walk test. A quick measure of functional status in elderly adults. *CHEST* 2003; 123: 387-98.
- 23.- Escobar M, López A, Véliz C, Crisóstomo C, Pinochet R. Test de marcha en 6 minutos en niños chilenos sanos. *Kinesiología*. N° 62. Págs. 16-20.
- 24.- Nixon P, Orenstein D. *Exercise Testing in Children*. *Pediatr Pulmonol* 1988; 5: 107-122.
- 25.- Heyward V. *Valoración del fitness cardiorespiratorio*. En: *Evaluación y Prescripción del Ejercicio*. Ed. Paidotribo 2001.
- 26.- Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis* 1969; 99: 696-702.
- 27.- Martín J, Moreno R, Pare P, Pardy R. Measurement of inspiratory muscle performance with incremental threshold loading *Am Rev Respir Dis* 1987; 135: 919-23.
- 28.- Nickerson B, Keens T. Measuring ventilatory muscle endurance in humans as sustainable inspiratory pressure. *J Apply Physiol* 1982; 52: 768-72.
- 29.- American Thoracic Society/European Respiratory Society. *ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing*. *Am Respir Crit Care Med* 2002; 166: 518-624.
- 30.- Decramer M, Gosselink G, Troosters T, Verschueren M, Evers G. Muscle weakness is related to utilization of health care resource in COPD patients. *Eur Respi J* 1997; 10: 417-23.
- 31.- Gosselink G, Troosters T, Decramer M. Peripheral muscle weakness contributes to exercise limitation in COPD. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 153:976-80.
- 32.- Lotters F, Van Tol B, Kwakkel G, Gosselink R. Effects of controlled inspiratory muscle training in patients with COPD. A Meta/analysis. *Eur Respir J* 2002; 20: 570-76.
- 33.- Borg G. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14: 377-82.
- 34.- Mahler DA, Weinberg D, Wells CK, feintin A. The measurement of dyspnea. Contents, interobserver agreement and physiological correlated of two new clinical index. *CHEST* 1984; 85: 751-58.
- 35.- Guell R, Casan P, Sangesis M, Morante F, Belda J, Guyatt GH. Traducción española y validación de un cuestionario de calidad de vida en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). *Arch Bronconeum* 1995; 31: 202-10.
- 36.- Jones PW, Quirk F, Baveystock C, Littlejohns P. A self-complete measure of health status for chronic airflow limitation. The St. George Respiratory questionnaire. *Am Rev Respir Dis* 1992; 145: 1321-27.
- 37.- Escamilla R, Wickham R. *Acondicionamiento y Rehabilitación mediante el Ejercicio*. En: Kolt Gregory y Zinder-Mackler Lynn. *Fisioterapia del Deporte y del Ejercicio*. Ed. Elsevier 2004.
- 38.- Leith D, Bradley M. Ventilatory muscle strenght and endurance training. *J Appl Physiol* 1976; 41: 508-16.
- 39.- Ballesteros JM. *Principios Generales del Entrenamiento Físico*. En: López Chicharro J, Fernández A. *Fisiología del Ejercicio*. Ed. Médica Panamericana. 1995.
- 40.- McArdle W, Match F, Match V. *Entrenamiento de los sistemas energéticos anaeróbicos y aeróbicos*. En: McArdle W, Match F, Match V. *Fundamentos de Fisiología del Ejercicio*. Ed. McGraw-Hill. Interamericana 2004.
- 41.- Lacasse Y, Wong E, Guyatt GH, King D, Cook DJ, Goldstein RS. Meta-analysis of respiratory rehabilitation program in chronic obstructive pulmonary disease. *Lancet* 1996; 348: 1115-9.
- 42.- Reid WD, Samrai B. Respiratory muscle training for patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Physical Ther* 1995; 75: 996-1005.
- 43.- Lisboa C, Borzone G, Cruz Mena E. Entrenamiento muscular inspiratorio en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Rev Med Chile* 1998; 126: 563-568.
- 44.- Smith K, Cook D, Guyatt G, Madhavan J, Oxman A. Respiratory muscle training in chronic airflow limitation: a meta-analysis. *Am Rev Respir Dis* 1992; 145:533-39.
- 45.- Geddes E, Reid W, Crowe J, O'Brien K, Brooks D. Inspiratory muscle training in adults with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *Neuromusc Disorders* 2002; 12:576-83.
- 46.- Lisboa C, Muñoz V, Beroiza T. Inspiratory muscle training in chronic airflow limitation: comparison of two different training loads. *Eur Respir J* 1994; 7: 1266-74.
- 47.- Lisboa C, Villafranca C, Leiva A. Inspiratory muscle training in chronic airflow limitation: effect on exercise performance. *Eur Respir J* 1997; 10: 537-42.
- 48.- Lisboa C, Villafranca C, Pertuzé J. Efectos clínicos del entrenamiento muscular inspiratorio en pacientes con limitación crónica del flujo aéreo. *Rev Med Chile* 1995; 123: 1108-15.
- 49.- Asher M, Pardy R, Coates A, Thomas E, Macklem PT. The effect of inspiratory muscle training in patients with cystic fibrosis. *Am Rev Respir Dis* 1982; 126: 855-59.
- 50.- Sawyer E, Clanton T. Improved pulmonary function and exercise tolerance with inspiratory muscle conditioning in children with cystic fibrosis. *Chest* 1993; 104: 1490-97.
- 51.- Silva J, Puppo H, Vargas D, González R, Pavón D, Girardi G. Entrenamiento Muscular Inspiratorio en Niños Secueledos por Adenovirus. *Rev Chil Enfer Respir* 1999; 15: 239.
- 52.- Gozal D, Thiriet P. respiratory muscle training in neuromuscular disease: long-term effects on strenght and load perception. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: 1522-27.
- 53.- Matecki S, Topin N, Hayot M, Rivier F, Echenne B, Prefaut C, Ramonabto M. A standardized method for the evaluation of respiratory muscle endurance in patients with Duchenne muscular dystrophy. *Neuromuscul Disord* 2001; 11:171-77.
- 54.- Topin N, Matecki S, Hayot M, Le Bris S, Rivier F, Echenne B, Prefaut C, Ramonabto M. Dose-dependent effect of individualized respiratory muscle training in children with Duchenne muscular dystrophy. *Neuromuscul Disord*. 2002; 12: 576-83.
- 55.- Szeinberg A, Marcotte J, Roizin H, Mindorff C, England S, Tabachnik E, Levison H. Normal values of maximal inspiratory and expiratory pressures with portable apparatus in children, adolescents and young adults. *Pediatr Pulmonol* 1987; 3: 255-58.
- 56.- Ramírez-Sarmiento A, Orozco-Levi M, Guell R, Barreiro E, Hernández N, Mota S, Sangesis M, Broquetas JM, Casan P, Gea J. Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: structural adaptations and physiologic outcomes. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 1491-97.