



Medicina e
Investigación

www.elsevier.es/rmi



ORIGINAL

Manejo de la crisis asmática con soluciones nebulizadas a 3 diferentes temperaturas



H.L. Ocaña-Servín^{a,*}, H.M. Tlatoa-Ramírez^a, A.C. Hinojosa-Juárez^b,
M.L. Márquez-López^a, J.A. Aguilar-Becerril^a, A.F. Gallo-Ávalos^a
y R. García Ramírez^a

^a Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México

^b Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México

Recibido el 27 de abril de 2015; aceptado el 21 de mayo de 2015

Disponible en Internet el 28 de agosto de 2015

PALABRAS CLAVE

Crisis asmática;
Salbutamol-ipratropio
nebulizados;
Temperatura

Resumen La crisis asmática puede ser cuantificada por la medición del flujo espiratorio pico. **Objetivo:** El propósito de este proyecto es ver la influencia de la temperatura sobre el efecto de la micronebulización en el manejo inmediato de la crisis asmática y valorar este efecto en los valores del flujo espiratorio pico.

Método: Ensayo clínico controlado doble ciego.

Grupo A (grupo en estudio): nebulización de salbutamol + ipratropio a 10 °C.

Grupo B (grupo en estudio): nebulización de salbutamol + ipratropio a 36 °C.

Grupo C (grupo control): nebulización de salbutamol + ipratropio a temperatura ambiental.

Resultados: De un total de 150 pacientes, 84 fueron del sexo femenino y 66 del masculino, con edad promedio de 28.3 ± 6.3 . Se encontró que no hay diferencias significativas entre la temperatura ambiental del cuarto y la del líquido. En cambio sí se presentó una diferencia estadísticamente significativa entre cualquiera de los valores ya sea el del ambiente o el del líquido previo a la nebulización con la temperatura que se requirió para nebulizar a 36 °C.

Conclusiones: Estudios previos han demostrado 2 patrones de respuesta diferentes al tratamiento inhalatorio con dosis repetidas de beta-agonistas. La mayoría de los pacientes (alrededor del 70%) presentarán buena respuesta a 2.4 a 3.6 mg de salbutamol mediante inhalador de dosis medida. En el resto (alrededor del 30%) el tratamiento tendrá escaso efecto y el paciente deberá ser hospitalizado.

* Autor para correspondencia. Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte (CEMAFyD), Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México, Av. Eduardo Monroy Cárdenas s/n, Co. San Buenaventura, Toluca, Estado de México, México. CP 5011. Tel.: +722 2780802.

Correo electrónico: hectorl.ocana@gmail.com (H.L. Ocaña-Servín).

En nuestro estudio se demostró que con terapia inhalatoria a 36 °C hay un adecuado control de la crisis asmática.

© 2015 Universidad Autónoma del Estado de México. Publicado por Masson Doyma México S.A. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

KEYWORDS

Asthma crisis;
Nebulised
salbutamol-
ipratropium;
Temperature

Asthma crisis treatment with nebulised solutions at 3 different temperatures

Abstract The asthmatic crisis can be quantified by the peak expiratory flow.

Objective: The purpose of this study is to determine the influence of temperature on the effect of micro-nebulization in the immediate management of asthma crisis, and to assess this effect using the peak expiratory flow values.

Methods: Double blind, controlled clinical trial.

Group A (study group): received a nebulization of salbutamol plus ipratropium at 10 °C.

Group B (study group): salbutamol plus ipratropium at 36 °C.

Group C (control group): salbutamol plus ipratropium at room temperature.

Results: A total of 150 patients took part in the study, with a mean age of 28.3 (6.3), with 84 females and 66 males. There were no significant differences between the temperature of the room and that of the fluid. On the other hand, there was a statistically significant difference between any of the values at room temperature or that of the fluid prior to the nebulization at 36 °C.

Conclusions: Previous studies have shown two different response patterns to inhalation treatment with repeated doses of beta-agonists. Most patients (about 70%) showed a good response with doses of 2.4 to 3.6 mg of salbutamol using a measured dosed inhaler. The rest (about 30% of patients) treatment will have little effect and the patient should be hospitalised. In our study, it was demonstrated that inhalation treatment at 36 °C there is adequate control of the asthma crisis.

© 2015 Universidad Autónoma del Estado de México. Published by Masson Doyma México S.A. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El asma es una de las enfermedades respiratorias más comunes, responsable de numerosos momentos de angustia tanto para quienes la padecen, como para sus familiares y médicos.

Es la enfermedad respiratoria crónica más frecuente en la infancia y su prevalencia en el mundo está aumentando, la morbilidad es muy alta y lleva a numerosas hospitalizaciones de urgencia; la mortalidad permanece aún elevada en algunos países. Los costos son enormes y no se cuenta con un tratamiento curativo^{1,2}.

Se desconocen las razones de estas tendencias y no se ha descartado la posibilidad de que el fenómeno sea la consecuencia lógica de un manejo destinado casi exclusivamente al control de la crisis y a la falta de planes masivos para reducir su incidencia, mientras que al mismo tiempo se mantiene o se incrementan los factores de riesgo ambientales

En Latinoamérica, de acuerdo con el Internacional Study of Asthma and Allergies in Childhood, entre el 4.1 y el 32.1% de los niños tienen asma y a pesar de que hay pocos datos comparables, no hay duda de que la prevalencia y la morbilidad por la enfermedad han aumentado. Aunque la mortalidad por asma ha disminuido en los últimos años, el número de niños hospitalizados ha permanecido estable. En EE. UU. las tasas de hospitalización por asma se duplicaron

en niños de 1-4 años de 1980 a 1992, tendencia también observada en otros países del mundo^{1,3}.

La mejor estrategia para el manejo de la crisis es su reconocimiento e intervención temprana antes de que se convierta en severa o amenace la vida.

La crisis está caracterizada por disminución en el flujo espiratorio que puede ser cuantificado por la medición del flujo espiratorio pico o máximo (PEF); esta disminución medida objetivamente indica la severidad de la obstrucción^{3,4}.

Los beta 2-agonistas de acción corta son recomendados para todos los pacientes con crisis de asma; la terapia en aerosol se ha convertido en la forma de administración más eficaz. Se puede usar uno de los 2 métodos de terapia por aerosol⁵⁻⁷:

1. Micronebulización
2. Inhalador de dosis medida con espaciador

Los nebulizadores son comúnmente usados para administrar beta 2-agonistas en el asma aguda tanto en forma ambulatoria como en el departamento de urgencias. Varios estudios establecen el beneficio mayor del inhalador de dosis medida con espaciador para el manejo del asma aguda y consideran la terapia nebulizada como un viejo refrán en el tratamiento de la crisis de asma que no amenaza la vida. En

un metaanálisis realizado por Cates en 686 niños mayores de 2 años y 375 adultos incluidos en 16 pruebas para analizar el inhalador de dosis medida con espaciador versus nebulizador para la administración de beta-agonista en asma aguda demostró que en niños la estancia hospitalaria en el servicio de urgencias fue significativamente más corta cuando se usó el inhalador de dosis medida^{1,3,6,8,9}.

Si se usa el micronebulizador, debe ser activado con oxígeno y se deben administrar 3 dosis iniciales de 0.05 a 0.15 mg/kg /dosis en niños en intervalos de 20 min la primera hora; la dosis continúa siendo controvertida, pero menos del 10% del fármaco nebulizado alcanzará el pulmón aún bajo condiciones ideales^{1,3}.

Se considera que algunos de los aspectos que no se han estudiado en la micronebulización es el efecto de la temperatura que en muchas ocasiones puede variar en forma importante dependiendo de dónde se tenga guardado el medicamento para nebulizar. El propósito de este proyecto es ver la influencia de la temperatura sobre el efecto de la micronebulización en el manejo inmediato de la crisis asmática y ver este efecto en forma inmediata en la remisión del cuadro y en los valores del PEF. El objetivo de este trabajo fue evaluar si existe diferencia en la respuesta al PEF en el manejo de las crisis asmáticas en pacientes del Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte con soluciones nebulizadas (salbutamol/ipratropio) a 3 diferentes temperaturas.

Material y método

Se realizó un ensayo clínico controlado doble ciego y se procedió a identificar a los pacientes con crisis asmática mediante historia clínica entre los pacientes que acuden al Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte en los años 2012 y 2013.

Se efectuó la maniobra de flujometría a través del medidor de flujo máximo o flujómetro de la siguiente manera^{1,10}:

- Estando de pie, sostener el medidor de flujo máximo sin dificultar el movimiento del marcador. Asegurarse de que el marcador se encuentre en la base de la escala.
- Aspirar profundamente, introducir el medidor de flujo máximo en la boca, rodear los labios de la boquilla y soplar tan fuerte y rápido como sea posible. No introducir la lengua dentro de la boquilla.
- Anotar el resultado. Colocar nuevamente el marcador en cero.
- Repetir 2 veces más. Seleccionar la más alta de las 3 lecturas.

Mediante asignación aleatoria los pacientes se dividieron en 3 grupos:

Grupo A (grupo en estudio): recibió nebulización de salbutamol+ipratropio a 10 °C diluido en solución salina isotónica a razón de una ampolla del medicamento (2.5 mg)+2.5 cc de solución salina isotónica. Se nebulizó durante 20 min y se anotó el valor máximo obtenido del flujómetro al término de la nebulización con el mismo procedimiento de la lectura basal. Se tomó un control 30 min más tarde con la misma técnica.

Grupo B (grupo en estudio): recibió nebulización de salbutamol+ipratropio a 36 °C diluido en solución salina isotónica a razón de una ampolla del medicamento (2.5 mg)+2.5 cc de solución salina isotónica. Se nebulizó durante 20 min y se anotó el valor máximo obtenido del flujómetro al término de la nebulización con el mismo procedimiento de la lectura basal. Se tomó un control 30 min más tarde con la misma técnica.

Grupo C (grupo control): recibió nebulización de salbutamol+ipratropio a temperatura ambiental diluido en solución salina isotónica a razón de una ampolla del medicamento (2.5 mg)+2.5 cc de solución salina isotónica. Se nebulizó durante 20 min y se anotó el valor máximo obtenido del flujómetro al término de la nebulización con el mismo procedimiento de la lectura basal. Se tomó un control 30 min más tarde con la misma técnica.

Por separado se llevó el registro de los síntomas de los pacientes. En caso de falta de respuesta en algún paciente se determinó que a las 2 h de inicio del estudio se aplicaría el esquema de manejo GINA 2010^{7,10-13} de exacerbación asmática consistente en: 4-8 disparos de salbutamol+bromuro de ipratropio en aerosol cada 20 min en la primera hora, seguido de 4-8 disparos cada hora en las siguientes 3 h. En caso de falta de respuesta de algún paciente se decidiría hospitalización a las 4 h de manejo.

Todos los pacientes con buena evolución serían enviados a su domicilio con control de la crisis asmática en un tiempo máximo de 4 h tras el inicio de su manejo en cualquiera de los grupos de estudio o de control.

Resultados

Se estudiaron un total de 150 pacientes, 84 de ellos del sexo femenino y el resto 66 del masculino, con edad promedio de 28.3 ± 6.3 años.

Los resultados al analizar las temperaturas promedio de los meses que duró el estudio (octubre de 2012 a julio de 2013) se exponen en la [tabla 1](#).

Al comparar estadísticamente las 3 temperaturas se encuentra que no hay diferencias significativas entre la temperatura ambiental del cuarto y la del líquido, aunque sí es importante hacer notar que siempre se encuentra alrededor de un grado más baja la temperatura del compuesto previo a la nebulización que la del ambiente, a pesar de que no se mantenían los medicamentos en ningún tipo de refrigeración.

En cambio sí hubo una diferencia estadísticamente significativa entre cualquiera de los valores, ya sea el del ambiente o el del líquido previo a la nebulización, con la temperatura que se requirió para nebulizar a 36 °C.

Con relación a los síntomas que ameritaron el ingreso al estudio, se utilizó el cuestionario ya validado denominado Internacional Study of Asthma and Allergies in Childhood^{1,3,6,11,12,14} que consta de 8 reactivos aplicados a población mayor de 13 años de edad, que expresa los resultados en porcentaje de mínimo, medio y máximo para cada síntoma.

Respecto al diagnóstico previo o no de asma, se encontró lo siguiente:

Tabla 1 Temperaturas registradas en el lugar de estudio, en el líquido previo a la nebulización y a la temperatura que se colocó para la administración al paciente a 36 °C

Mes del año 2012 y 2013	Temperatura ambiental del sitio donde se realizó la nebulización	Temperatura del líquido previo a la nebulización	Temperatura que se requirió para que se administrara la solución a 36 °C
Octubre	19.36 ± 1.1	19.22 ± 1.2	40.35 ± 1.2
Noviembre	19.23 ± 1.2	19.18 ± 1.3	40.44 ± 1.4
Diciembre	18.87 ± 1.8	18.23 ± 1.7	41.56 ± 1.2
Enero	18.91 ± 1.6	18.04 ± 1.4	42.03 ± 1.3
Febrero	20.86 ± 2.1	19.24 ± 1.8	41.87 ± 1.6
Marzo	20.75 ± 1.8	19.81 ± 1.1	40.89 ± 1.4
Abril	20.16 ± 2.3	19.32 ± 2.4	40.15 ± 1.5
Mayo	21.25 ± 2.4	20.06 ± 2.1	39.87 ± 1.4
Junio	22.53 ± 2.1	21.17 ± 2.2	39.55 ± 1.5
Julio	22.52 ± 2	21.01 ± 2.1	39.23 ± 1.4
Promedios	21.55 ± 2.58	20.10 ± 2.34	40.35 ± 1.57
	p = ns	p = ns	p ≤ 0.01

Tabla 2 Severidad de la crisis asmática (GINA 2008)

Crisis asmática	N.º de pacientes (%)	Género	Porcentaje
Leve	71 (47.4)	38 M	53.5
		33 H	46.5
Moderada	70 (46.6)	46 M	65.7
		24 H	34.3
Severa	9 (6.0)	4 M	44.4
		5 H	55.6
Total	150 (100)	84 M	56.0
		66 H	44.0

Con diagnóstico previo de asma el 44.66%. Grupo A: 41%, grupo B: 43%, grupo C: 47%. Fue la primera crisis de asma en el 56.33%

Los resultados en cuanto a la severidad de la crisis asmática se reflejan en la [tabla 2](#).

La mayoría de las crisis que se atienden en el consultorio son de leve a moderada y en muy pocas ocasiones se ven crisis severas; en los 9 casos correspondieron a pacientes

que presentaban SaO₂ < 89%, situación que pudo modificarse con el tratamiento y por ello no hubo hospitalizaciones.

En la [tabla 3](#) se presenta la distribución de las crisis asmáticas de acuerdo al grupo al que pertenecían cada paciente y su género.

En la [tabla 4](#) se muestra el valor del PEF en cada uno de los grupos de estudio:

Al comparar en forma estadística los resultados anteriores, se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo A y el B con una p < 0.05; cuando se compararon la temperatura ambiental y la temperatura a 36 °C, grupos B vs. C no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, aunque si llamó la atención los cambios en el valor promedio de la prueba del flujómetro que mostró valores ligeramente superiores en promedio a lo largo del seguimiento del manejo de la crisis asmática a favor del grupo tratado con temperatura a 36 °C (grupo B).

Estos resultados se muestran en la [tabla 5](#):

En los 150 pacientes, independientemente del grupo al que pertenecían en el estudio, no existió la necesidad de aplicar el esquema de manejo GINA 2010 con aerosoles, ya que a los 180 min estaba resuelta la crisis con la sola aplicación de la nebulización.

Tabla 3 Crisis asmáticas de acuerdo a grupo de estudio y género

Relación de pacientes de acuerdo a grupo y severidad de la crisis					
Grupo de estudio	Crisis asmática leve	Crisis asmática moderada	Crisis asmática severa	N.º y % de pacientes	Significación estadística
A n = 50	14 M	12 M	2 M	28 M (56)	ns
	10 H	10 H	2 H	22 H (44)	
B n = 50	14 M	15 M	1 M	30 M (60)	ns
	13 H	5 H	2 H	20 H (40)	
C n = 50	10 M	19 M	1 M	30 M (60)	ns
	10 H	9 H	1 H	20 H (40)	
Totales n = 150	71 (47.4%)	70 (46.6%)	9 (6%)	150 (100)	
	38 M (53.5%)	46 M (65.7%)	4 M (44.4%)	84 (56)	
	33 H (46.5%)	24 H (34.3%)	5 H (55.6%)	66 (44)	

Tabla 4 Valores de PEF en cada uno de los grupos estudio

Pacientes por grupo n total = 150	PEF basal (% del valor teórico)	PEF 30 min	PEF 60 min	PEF 90 min	PEF 120 min	PEF 180 min
Grupo A 10 °C temperatura de la solución a nebulizar	45 ± 4.8	40 ± 8.9	49 ± 10.3	52 ± 11.4	58 ± 10.5	60 ± 8.4
Grupo B 36 °C temperatura de la solución a nebulizar	42 ± 3.9	58 ± 9.1	66 ± 7.9	69 ± 9.4	74 ± 9.7	82 ± 5.3
Grupo C Temperatura ambiental promedio 20.1 °C	41 ± 4.2	47 ± 10.2	53 ± 8.9	61 ± 10.1	69 ± 8.7	73 ± 9.1

Tabla 5 Diferencias en el PEF

Pacientes con crisis asmáticas	Valor promedio de PEF	Significación estadística
Grupo A: n = 50	50.67 ± 9.5	p < 0.05 A vs. B p = ns A vs. C
Grupo B: n = 50	65.16 ± 7.6	p < 0.05 B vs. A p = ns B vs. C
Grupo C: n = 50	57.33 ± 8.5	p = ns C vs. A p = ns C vs. B
Resultados finales promedio y significación estadística entre grupos.		

La decisión se tomó a los 120 min en que se decidió continuar con una nebulización más en vista de la mejoría clínica que presentaban todos los pacientes y a que todos tenían respuesta en el PEF de más de un 10%, y tenían valores mayores al 50% de la cifra teórica normal. Para el análisis estadístico entre grupos se manejó por separado la respuesta hasta los 120 min y la respuesta a los 180 min, no existiendo diferencias al tomar estas respuestas por separado, ya que las diferencias existieron a los 60, 90 y 120 min entre los grupos A y B.

Por consiguiente, todos los pacientes fueron enviados a su domicilio posterior a las 3 h de manejo de la crisis asmática y en el control observado en la semana ninguno presentó recaída y siguieron el esquema de manejo de asma no controlada como lo refiere la guía GINA 2010.

En los 150 pacientes se tuvo seguimiento entre los 15 y los 30 días posteriores a la crisis asmática, existiendo una respuesta favorable al tratamiento empleado.

Discusión y conclusiones

El manejo de la crisis asmática representaba aún en el año 2013 un reto para el médico que atiende a estos pacientes, ya que de lo más rápido posible que se resuelva dependerá el pronóstico del paciente y si amerita o no hospitalización.

Está mundialmente aceptado por diversos consensos y sociedades de neumología y de alergia en varias partes de nuestro planeta que el manejo básico consiste en medicamentos de acción rápida del tipo de los broncodilatadores de acción corta que son el salbutamol en aerosol y su asociación o no al bromuro de ipratropio^{10,11,12,14,15}.

Uno de los interrogantes que comienzan a surgir en el mundo es si para el año 2014 desaparecerán los aerosoles por el problema de la destrucción de la capa de ozono por su contenido en freón que no ha podido resolverse a pesar de los cambios que se han tratado de implementar, existiendo entonces la solución aparente de recurrir a la terapia inhalatoria por micronebulizaciones con los mismos medicamentos; sin embargo existe mucha controversia sobre si pueden ser igual de efectivos, por lo que la presente investigación demuestra cómo un manejo inicial con soluciones nebulizadas puede resolver la crisis asmática aun sin haber aplicado aerosoles.

Cuando se habla de tratamiento integral en el asma, se habla de tratamiento combinado que actúa en forma sinérgica con los esteroides inhalados. Al adicionar formoterol o salmeterol se observa mejoría en la función pulmonar, en el control de los síntomas y una disminución en el empleo de los medicamentos de rescate, en comparación con el uso de aumentos graduales en las dosis de esteroides inhalados. En algunos estudios^{8,9,14-16}, sin embargo, se ha demostrado que el solo aumento de la dosis de esteroides reduce el número de exacerbaciones por el asma. Las evidencias de la superioridad del tratamiento combinado están limitadas a pacientes sintomáticos con asma moderada a severa persistente que reciben dosis bajas de esteroides y presentan respuesta significativa al broncodilatador. La adición de montelukast también puede mejorar el control del asma en pacientes que continúan sintomáticos con corticoides. El añadir montelukast puede ser igual que duplicar la dosis de esteroides inhalados^{10,17}. La adición de un broncodilatador de acción prolongada como salmeterol parece que produce mejor control del asma cuando se compara con montelukast, mientras que a largo plazo la eficacia de los antileucotrienos sobre las exacerbaciones del asma puede ser igual que con broncodilatadores de acción prolongada. Cuando se agrega teofilina a dosis bajas al tratamiento del paciente puede obtenerse el mismo efecto que al duplicar la dosis de esteroides, sin embargo, se necesitan más estudios que puedan aclarar el papel de esta terapia adicional en el tratamiento del asma¹⁰.

Entonces, a pesar de los tratamientos combinados no se ha podido evitar que el asmático siga presentando exacerbaciones, y siguen siendo los adolescentes y los adultos jóvenes los que más las sufren y requieren de atención médica. Las mujeres consultan y son hospitalizadas en una relación 2:1 respecto a los hombres^{1,6,13}.

Datos procedentes de diferentes países indican que el asma aguda o crisis representa el 1-12% de todas las consultas en urgencia/emergencia. De estas consultas, entre el 20 y el 30% requieren hospitalización. Para la década de los 90 se había observado en el mundo una disminución en el número de pacientes con asma aguda severa que requirieron de cuidados intensivos, probablemente como reflejo de una mejoría en el manejo, sin embargo, ya en los primeros años del siglo *XXI*, diferentes estudios han mostrado que el 4-7% de los pacientes asmáticos adultos hospitalizados fueron ingresados a la unidad de cuidados intensivos.

En opinión de los autores, al igual que de otros autores latinoamericanos, probablemente la mayoría de las hospitalizaciones, incluyendo las que se hicieron a una unidad de cuidados intensivos, son evitables. En los países desarrollados el asma representa el 1-2% del gasto total en salud, y tan solo en EE. UU. el costo económico del asma asciende a unos 6 billones de dólares anuales, los costos directos representan casi el 90% de esta cantidad y de ellos, las hospitalizaciones y las consultas en las unidades de urgencias constituyen más del 60%; por lo tanto, es urgente y necesario tomar acciones a fin de lograr ahorros sustanciales en los costos del asma^{1,6,10,17}.

En lo referente al manejo de la crisis asmática, estará determinado por la severidad de la crisis. El agonista beta 2 salbutamol es el beta-agonista más utilizado en los servicios de urgencia en el mundo; el isómero de esta sal el levalbuterol, aunque en teoría sería más eficaz y menos tóxico que el salbutamol, no ha demostrado en los estudios las aparentes bondades de sus propiedades terapéuticas.

Estudios previos han demostrado 2 patrones de respuesta diferentes al tratamiento inhalatorio con dosis repetidas de beta-agonistas. La mayoría de los pacientes (alrededor del 70%) presentarán una buena respuesta, siendo dosis óptimas 2.4-3.6 mg de salbutamol administrados mediante inhalador de dosis medida e inhalocámara (4-8 disparos cada 10-20 min). En el resto (alrededor del 30%) el tratamiento tendrá escaso efecto y lleva a que si una crisis no se resuelve en un período relativamente corto de 2-3 h, el paciente debería ser hospitalizado^{1-3,8}.

También se ha demostrado la equivalencia de la administración de 7.5 mg de salbutamol nebulizado en una sola dosis o en 3 dosis secuenciales de 2.5 mg, aunque los efectos secundarios fueron mayores en los pacientes que recibieron una dosis única.

La evidencia disponible apoya el concepto de que el tratamiento de pacientes adultos con asma aguda con 2.4 mg/h de salbutamol (4 disparos/10 min mediante inhalador de dosis medida con inhalocámara) o 2.5 mg/20 min por nebulización produce una broncodilatación satisfactoria, con bajos niveles plasmáticos del fármaco y por lo tanto mínimos efectos secundarios^{3,6}.

En suma, el objetivo del tratamiento debe ser la inmediata broncodilatación del paciente por lo que los beta-agonistas inhalados junto con los anticolinérgicos se encuentran indicados como tratamiento de primera línea en los pacientes con exacerbaciones^{10,18}. En estos pacientes el uso de inhalador de dosis medida con inhalocámara debe preferirse a los nebulizadores. En nuestro estudio se pudo demostrar que con un procedimiento de terapia inhalatoria bien llevado a cabo no es necesario la administración de aerosoles y por tanto el paciente presenta un adecuado

control de la crisis asmática y puede ser egresado de una unidad de atención médica a las 3 h de su ingreso sin necesidad de hospitalización.

El presente trabajo demuestra la utilidad del procedimiento en los 3 grupos de estudio, por lo que el siguiente comentario será en relación a la hipótesis planteada del cambio en la respuesta del indicador de la función respiratoria que es el PEF en las condiciones en que se administró la terapia nebulizada.

En la física aplicada al sistema respiratorio la ley de Henry^{1,6} describe la disolución de los gases en líquidos con los que no reaccionan. El principio general de la ley es bastante simple: el número de moléculas de gas que se disuelve en el solvente es directamente proporcional a la presión parcial del gas en la superficie del líquido, y la constante de proporcionalidad expresa la solubilidad del gas en el líquido. Esta es constante para un gas y un líquido particulares a una temperatura determinada, pero usualmente desciende cuando la temperatura aumenta.

Por costumbre en los cálculos de fisiología respiratoria se habla de solubilidad cuando se expresan en volúmenes por 100/mm de Hg o se expresa en valor de unidades como 0.003 para el caso del oxígeno en el momento del intercambio gaseoso a una temperatura del cuerpo de 37°C, y se acostumbra utilizar valores de milimoles/l/mm de Hg para el bióxido de carbono y se representa como unidades, siendo su valor de 0.03 en el mismo momento del intercambio gaseoso a 37°C. Tanto los volúmenes por 100 como los milimoles/l son medidas válidas de la cantidad (masa o número de moléculas) de gas en solución y son intercambiables con el factor de conversión apropiado. Para que se vuelva más entendible esta situación, los físicos tienden a expresar la solubilidad en coeficiente de Bunsen. Para ello la cantidad de gas en solución se expresa en volumen de gas (STPD) por unidad de volumen de solvente (una centésima parte de la cantidad expresada en volúmenes por ciento) y la presión se expresa en atmósferas. Los biólogos, por otra parte, prefieren utilizar un término semejante, el coeficiente de Ostwald. Este es el volumen de gas disuelto expresado como su volumen en las condiciones de temperatura y de presión en las que se verificó la disolución^{1,6}. Podría pensarse que esto puede variar con la presión en la fase gaseosa, pero no es así. Si la presión se duplica, según la ley de Henry, se disuelve el doble número de moléculas de gas. Pero de acuerdo con la ley de Boyle que describe la relación inversa que existe entre el volumen y la presión absoluta de un gas a temperatura constante, ocuparían la mitad del volumen al doblar la presión. Así pues, si se cumplen las leyes de Henry y de Boyle, el coeficiente de Ostwald será independiente de la presión a la que tiene lugar la disolución, y la diferencia con el coeficiente de Bunsen consiste únicamente en que el volumen del gas se expresa como el volumen que ocuparía a la temperatura del experimento y por tanto los 2 coeficientes serán idénticos a 0°C. Pero al igual que el coeficiente de Bunsen, el coeficiente de Ostwald disminuye al aumentar la temperatura.

Entonces, de acuerdo a las leyes de la física todo debe considerarse cuando se administra una solución que va a ser en parte líquida y en parte gaseosa a la temperatura corporal y qué sucede si como en este caso el médico favorece la temperatura de la solución al calentarla previamente a su administración y no deja que sea el cuerpo humano el

que realice todo el proceso de calentamiento para adecuar los coeficientes de solubilidad. El presente trabajo demuestra cómo al calentar el medicamento a una cifra cercana a la corporal la respuesta del sujeto es mejor y sus parámetros de respuesta medidos con el PEF son estadísticamente significativos que si se comparan a una temperatura fría de 10° C, lo que demuestra que efectivamente hay un cambio que probablemente se pueda deber a las modificaciones de los coeficientes de Bunsen y de Ostwald al aumentar la temperatura.

Financiación

No se recibió patrocinio para llevar a cabo este artículo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

- Ocaña-Servín HL, Rodríguez-Martínez JI. Consultando asma con los expertos. México, D.F.: Boehringer-Ingelheim Promeco; 2006.
- Barnes PJ, Godfrey S. Asthma. London: Martin-Dunitz; 1999.
- Brines J. Tratamiento de las enfermedades respiratorias en niños y adolescentes. Barcelona: Editorial Espaxs SA; 2001.
- Davies RJ. Las alergias. British Medical Association. Ediciones B. Hong Kong. Guías Médicas Salud y Bienestar, 1999.
- Barnes PJ, Adcock IM. How do corticosteroids work in asthma? *Ann Intern Med.* 2003;139:359–70.
- Ocaña-Servín HL, Rodríguez-Martínez JI. Curso de actualización académica a distancia sobre asma. Facultad de Medicina UNAM. Fascículos 1-3. México, D.F.: Boehringer-Ingelheim Promeco; 1999.
- Salas HJ, Vargas M. Atlas de asma. México: Editorial Glaxo-Wellcome; 1998.
- Bremon F. From asthma attack to fatal asthma in children. *Arch Pediatr.* 2004;11 Suppl 2:86s–92s.
- Werner HA. Status asthmaticus in children. A review. *Chest.* 2001;119:1913–29.
- GINA Assembly members for 45 countries [consultado 18 Feb 2015]. Disponible en: <http://www.ginasthma.org>
- Sienra M, Méndez C. Asma en pediatría. *Rev Mex Puer Ped.* 2002;9:72–9.
- Sienra M. JJ. Alergia e inmunología. México: Ed. Mac Graw Hill-Interamericana; 1997.
- Fajardo-Rojó W, Ocaña-Servín H. Apuntes de inmunología básica. Toluca: Facultad de Medicina de la UAEM; 2007.
- Canny G. Preventive approaches to childhood asthma. *Advances in pediatric pulmonology*, 7. Basel: Karger; 1999. p. 38–55.
- Hanania N, Sharafkhaneh A, Barber R, et al. B-agonist intrinsic efficacy. *Am Respir Crit Care Med.* 2002;165:1353–8.
- Carrada-Bravo T. Patofisiología y patogenia de la bronquiolitis viral. *Rev Inst Nal Enf Resp Mex.* 2002;15:172–91.
- Global initiative for asthma. A pocket guide for physicians and nurses. Revised 2006. Bethesda: National Institutes of Health, National Heart, Lung and Blood Institute; 2006.
- Fryer AD, Jacoby DB. Muscarine receptors and control of airway smooth muscle. *J Respir Crit Care Med.* 2000;158:S154–60.