

국내 시판되는 16가지 연무기/압축기의 성능 평가

포천중문의과대학 소아과학교실, 요업기술원*, 경희대학교 환경공학과†

김현정 · 이초애 · 황은경 · 한만용 · 안옥성* · 조영민†

Comparison of the Characteristics of 16 Commercial Nebulizer/Compressor Combinations Used in Korea

Hyun Jung Kim, M.D., Cho Ae Lee, M.D., Eun Kyung Hwang, M.D.
Man Young Han, M.D., Uk Sung Ann* and Young Min Cho†

Department of Pediatrics, Bundang CHA General Hospital, College of Medicine, Pochon CHA University, Sungnam, Korea., Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology*, School of Environment and Applied Chemistry†, Kyunghee University, Korea

Purpose : We assessed the dynamic characteristics of 16 nebulizer/compressor combinations currently available in Korea.

Methods : The 16 nebulizer/compressor combinations(Pariboy Type 38/Long life, Pariboy Type N/Long life, Pariboy Type N/Salter 8900, Pariboy Type N/LC, Devilbiss pulmoaid-LT/Hudson, Devilbiss pulmoaid/Hudson, Mesmed neb-300/Own, San-up 3040/Hudson, Midas(Basic)/Own, AirJolie 2/Hudson, Thomas 1127/Salter 8900, Noel NE-2000/Salter 8900, Omron CX3/Hudson, Chang Woo CWN-100/Salter 8900, Voyage/Mefar, Chang Woo ASI-Pro/Medel jet pulse) were evaluated in terms of particle size and mass output. In addition, we determined the effects of nebulizer fill volume on mass output.

Results : Pariboy Type N/Long life has the highest respirable mass of 0.184 mg/min and Mesmed Neb-300/Own has the lowest 0.019 mg/min. Pariboy Type N/Long life has the highest mass output of 0.68 mg/min and the shortest mass median aerodynamic diameter(MMAD) of 3.76 μ m. All combinations other than Pariboy Type N/Long life produced a MMAD of over 5 μ m. MMAD over a 5 min nebulization ranged 3.76 to 9.83 μ m. There were no significant effects of fill volume on mass output.

Conclusion : We concluded that there is a wide variation in performance of nebulizer/compressor combinations. The characteristics of nebulizer/compressor combinations should be considered in selecting products. (J Korean Pediatr Soc 2003;46:1235-1241)

Key Words : Particle size, Mass output, Nebulizers, Respiratory therapy

서 론

연무기/압축기는 액체나 현탁액을 흡입하기에 적절하도록 에어로졸로 전환시키는 의료 기기이다. 분무량이 많고 에어로졸을 형성했을 때 입자의 크기가 세기관지까지 도달할 수 있으며 사용시간이 경과해도 일정한 크기의 입자로 분무되는 것이 성능이 좋다고 볼 수 있다¹⁻⁴⁾.

현재 연무기/압축기는 다양한 호흡기 질환에서 사용되고 있으며 사용되는 빈도가 증가하고 있는 추세이다. 소아에서는 천식 환아에게 많이 이용되고 있고 흡입용 스테로이드가 경구용 스테로이드의 부작용을 많이 줄이는 잇점이 있어 가정에서 사용하는 경우가 늘고 있다⁵⁾.

연무기/압축기의 치료효과는 환자의 특성과 기기의 성능 등 여러 가지 요소에 영향을 받으므로 효과적인 치료를 위해서는 이러한 요소들을 고려한 임상지침서가 많은 도움이 될 수 있다^{6, 7)}. 그러나 국내의 경우 2003년 소아 천식 진료 가이드 라인에 연무기/압축기의 사용지침이 명시되어 있으나 외국에 비해 그 내용이 다소 부족한 실정이다. 이에 저자들은 임상지침 마련과 연무기/압축기 선택에 도움을 주고자 시중에 판매되는 16가지 제품의

본 논문의 요지는 2003년도 대한소아알레르기 및 호흡기학회 춘계학술대회에서 포스터 발표되었음.

접수 : 2003년 7월 18일, 승인 : 2003년 9월 15일

책임저자 : 한만용, 포천중문의과대 분당 차병원 소아과

Tel : 031780-5232 Fax : 031780-5239

E-mail : drmesh@cha.ac.kr

성능을 실험 평가하였다. 연무기/압축기의 성능 평가를 하는데 다양한 요소들이 있는데 이 중 분무량과 입자의 크기를 측정하였다.

제품을 구입하여 연구를 진행하였다.

본 연구에 사용된 제품 중 INVACARE IRC-1190(Invarcare, Ohio, USA)는 110 Volt 용으로 제작되어 실험 중 220 Volt 전원에 연결하여 기기 고장이 발생됨에 따라 연구대상에서 제외되었다. 또한 San-Up 3040(San-Up, Seoul, Korea), AirJolie2 (3A ABATE Giorgio, San Tomaso, Italy)와 Omron CX3 (Omron Healthcare, Illinois, USA)의 연무기는 1회 사용 후 고장나서 Hudson 연무기(Hudson RCI, California, USA)로 대체한 후 실험을 진행하였다. Pariboy type N은 Pari Long-life (GmbH, Starnberg, Germany), Salter8900(Salter labs, California, USA), Pari LC(Pari GmbH, Starnberg, Germany) 3 가지 종류의 연무기를 이용하여 압축기와 연무기 조합을 달리하여 실험하였다.

대상 및 방법

현재 국내에 시판되고 있는 16가지의 연무기/압축기 제품을 대상으로 하였다(Table 1)(Fig. 1). Pariboy type 38(Pari GmbH, Starnberg, Germany)은 병원 외래에서 2000년도에 구입하여 사용하고 있던 것이었고 Pariboy type N(Pari GmbH, Starnberg, Germany)과 Devilbiss(Sunrise Medical, Pennsylvania, USA) 제품은 수입회사로부터 연구를 위해 사용하지 않은 기기를 대여 받았다. 나머지 제품은 시중에 판매되고 있는

Table 1. Several Parameters of Nebulizer/Compressor described in Instruction Guide

No.	Nebulizer/compressor	Characteristics	Manufacturer
1	Pariboy Type 38/Long life	No specific parameter described	Pari GmbH, Starnberg, Germany
2-1	Pariboy Type N/Long life	Total output : 470 mg/min, MMAD* : 3.7 μm, mass fraction below 5 μm : 64%	Pari GmbH, Starnberg, Germany
2-2	Pariboy Type N/Salter8900	Same as 2-1	
2-3	Pariboy Type N/LC)	Same as 2-1	
3	Devilbiss pulmoaid-LT/ Hudson	MMAD : less than 5 μm, operating pressure : 30 psi or greater, flow rate : 0.15 mL/min or greater, Size : 19×10×33 cm, Weight : 2.45 kg, noise level : 58 dBA, Voltage : 220 V	Sunrise Medical, Pennsylvania, USA/ Hudson RCI, California, USA
4	Devilbiss pulmoaid/Hudson	MMAD : less than 5 μm, operating pressure : 30 psi or greater, flow rate : 0.15 mL/min or greater, size : 26×27×17 cm, weight 2.40 kg, noise level : 53 dBA, voltage : 220 V	Sunrise Medical, Pennsylvania, USA/ Hudson RCI, California, USA
5	Mesmed Neb-300/Own	Mass fraction below 5.5 μm : 63%, size 295×225×105 mm, weight : 2.4 kg, operating pressure : 2.3 bar, noise level : 60 dB, frequency : 60 Hz, voltage : 220 V	Mesmedsystem, Kynggido, Korea
6	San-up 3040/Hudson	No specific parameters described	San-Up, Seoul, Korea/Hudson RCI, California, USA
7	Maidas(Basic)/Own	No specific parameters described	Mega medical, Seoul, Korea
8	AirJolie 2/Hudson	Air flow : 15 L/min, size; 31×22×13 cm weight : 2.3 kg, noise level : 50 dB, operating pressure : 960 hPa	3A ABATE Giorgio, Tomaso, Italy/ Hudson RCI, California, USA
9	Thomas 1127/Salter8900	No specific dynamic parameters described	Thomas, Illinois, USA/Salter labs, California, USA
10	Noel NE-2000/Salter8900	Mean particle size : less than 4 μm, operating pressure : 0.9 bar, voltage : 220 V, frequency : 60 Hz	Noel ind. Seoul, Korea/Salter labs, California, USA
11	Omron CX3/Hudson	Particle distribution : 1-10 μm, nebulization rate : more than 0.25 mL/min, size 180×110×290 mm, weight : 2.3 kg	Omron Healthcare, Illinois, USA/ Hudson RCI, California, USA
12	Changwoo CWN-100/ Salter8900	No specific dynamic parameters described	KiJeon medical, Seoul. Korea/Salter labs, California, USA
13	Voyage/Mefar	MMAD : 1.9 μm, size : 205×270×95 mm Weight : 2.3 kg, min pressure : 1.5 atm, min flow 8 L/min	Markos Mefar, Bovezzo, Italy
14	ASI-Pro/Medel jet plus	MMAD : 1.72 μm, operating pressure : 3.4 bar, nebulization rate : 0.5 mL/min, weight : 2.3 kg, size : 125×175×295 mm, noise level : 55 dBA	Medel S.p.A Torriale, Italy

*MMAD : mass median aerodynamic diameter



Fig. 1. The pictures of nebulizer/compressor combinations. 1: Pariboy type N/Long life, 2: devilbiss pulmoaid-LT/Hudson, 3: devilbiss pulmoaid/Hudson, 4: mesmed neb-300/Own, 5: San-up 3040/Hudson, 6: Invacare IRC-1190/Own, 7: Midas(Basic)/Own, 8: AirJolie 2/Hudson, 9: Thomas 1127/Salter 8900, 10: Noel E-2000/Salter 8900, 11: Omron CX3/Hudson, 12: Chang Woo CWN-100/Salter 8900, 13: Voyage/Mefar, 14: ASI-Pro/Medel jet plus.

1. 입자 크기(Particle size)

입자의 크기는 Malvern Master Sizer(Malvern Ltd, Malvern, UK)를 이용하여 레이저 회절법으로 측정하였다⁸⁾. 이는 레이저 광선을 통과하는 입자의 회절 각을 측정하여 입자의 크기를 계산하는 방법이다. 측정장소는 요업기술원에서 1회, 경희대학교에서 2회 측정하였다. 실험실 정도관리의 차이에서 오는 결과의 오차를 최소화하기 위하여 실험시의 온도는 15-18℃, 습도는 45-50%로 유지하였으며, 2군데 실험실 모두에서 동일한 기계를 사용하였다. Pari type 38 모델은 요업기술원에서 1회 측정하였으며, 경희대학에서는 새 제품인 Type N 모델을 사용하였다. 시료는 0.9% 생리식염수를 사용하였으며 각 연무기/압축기에 4 mL를 채우고 5분간 매 1분마다 입자의 크기를 측정 후 이의 평균을 계산하였다. 측정 결과는 일정한 크기보다 작거나 큰 입자의 군이 각각 50%가 되는 입자의 크기인 Mass median aerodynamic diameter(MMAD)와 하부 기도에의 약물침착에 가장 효과적인 크기인 5 μm 이하의 입자들의 백분율로 표시하였다.

2. 분사량(Mass output)

분사량은 본원 임상병리과 실험실에서 측정하였다. 실험시의 온도는 15-18℃, 습도는 45-50%로 유지하였다. 분사량은 연무

기/압축기를 작동시키기 전, 후의 무게 변화를 정밀전자 저울(Sartorius AC1215, Goettingen, Germany)로 측정하여 그 차이를 분사 시간으로 나눈 값으로 하였다⁹⁾.

$$\text{mass output(mg/min)} = [\text{preweight(mg)} - \text{postweight(mg)}] / \text{time}$$

시약은 0.9% 생리 식염수를 사용하였으며 각각의 제품에 4 mL를 채우고 2분간 분사하였다. 각각 4회 시행 후 각 분사량을 계산하여 평균값을 측정하였다. 같은 방법으로 생리식염수 3 mL를 채워 3회 측정하였다.

또한 분사량 중 1분 동안 실제로 흡입한 에어로졸의 양인 분당 흡입량은 분사량에 5 μm 미만입자의 분율과 0.43(흡기 시소모된 시간/전체호흡주기에 소요되는 시간)을 곱하여 산출하였다¹⁰⁾.

$$\text{Respirable mass/min} = \text{mass output} \times \text{mass fraction below } 5 \mu\text{m} \times 0.43$$

결 과

1. 입자 크기(Table 2)

치료적 효과가 있다고 알려진 5 μm 미만 입자크기의 분율은 평균 39.6%였으며, 최대값을 가지는 압축기/연무기 조합은 Pari-

Table 2. Several Parameters of Nebulizer/Compressor Combinations

No.	Compressor/nebulizer combination	MO*-4 mL(mg/min)	MO*-3 mL(mg/min)	MMAD†(μm)	<5 μm(%)
1	Pariboy Type 38/Long life	0.61	0.56	5.12	45.79
2-1	Pariboy Type N/Long life	0.68		3.76	64.05
2-2	Pariboy Type N/Salter 8900	0.36	0.37	5.80	40.94
2-3	Pariboy Type N/LC	0.49	0.43	4.40	55.70
3	Devilbiss pulmoaid-LT/Hudson	0.40	0.39	5.60	44.08
4	Devilbiss pulmoaid/Hudson	0.28	0.28	7.18	36.87
5	Mesmed Neb-300/Own	0.13	0.14	7.13	32.35
6	San-up 3040/Hudson	0.34	0.33	5.60	43.16
7	Maidas(Basic)/Own	0.31	0.28	7.91	29.43
8	AirJolie 2/Hudson	0.37	0.38	6.10	37.38
9	Thomas 1127/Salter 8900	0.34	0.36	5.49	43.95
10	Noel NE-2000/Salter 8900	0.32	0.34	6.12	38.23
11	Omron CX3/Hudson	0.31	0.23	5.96	39.70
12	Changwoo CWN-100/Salter8900	0.20	0.2	9.83	25.71
13	Voyage/Mefar	0.22	0.27	8.70	20.42
14	ASI-Pro/Medel jet plus	0.34	0.38	7.23	36.88

*MO: mean of mass output, †MMAD: mass median aerodynamic diameter

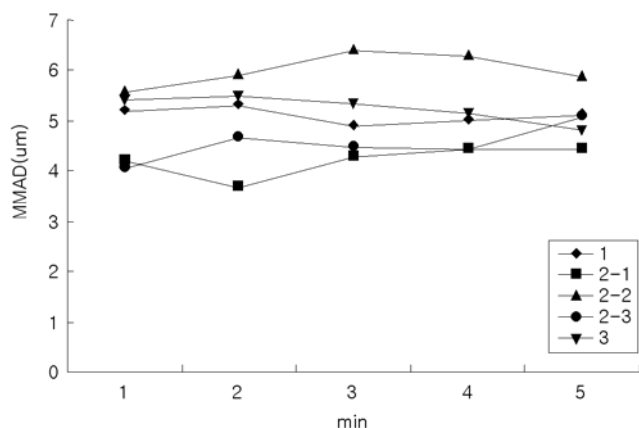


Fig. 2. Variation over a 5 min nebulization in mass median dynamic diameter(MMAD). 1: Pariboy type 38/Long life, 2-1: Pariboy type N/Long life, 2-2: Pariboy type N/Salter 8900, 2-3: Pariboy type N/LC, 3: Devilbiss pulmoaid-LT/Hudson.

boy Type N/Long life로 64.05%였고 최소값을 가지는 제품은 Voyage/Mefar로 20.42%였다. Pariboy type N/Long life의 경우 3.76 μm으로 가장 작은 MMAD값을 나타내었으며 장우 CWN-100/Salter8900의 경우 9.82 μm로 가장 큰 수치를 나타내었다. 평균 MMAD는 6.37 μm이었다. 전체 14제품 중 Pariboy type N/Long life만이 3.76 μm로 5 μm 미만의 MMAD를 나타내었고 나머지 제품 모두의 MMAD는 5.1-9.8 μm로 5 μm 이상의 MMAD를 보였다.

2. 시간에 따른 MMAD의 변화(Fig. 2)

5분 동안 분무하여 매 1분마다 측정된 MMAD는 시간에 따른 변화가 관찰되지 않았다

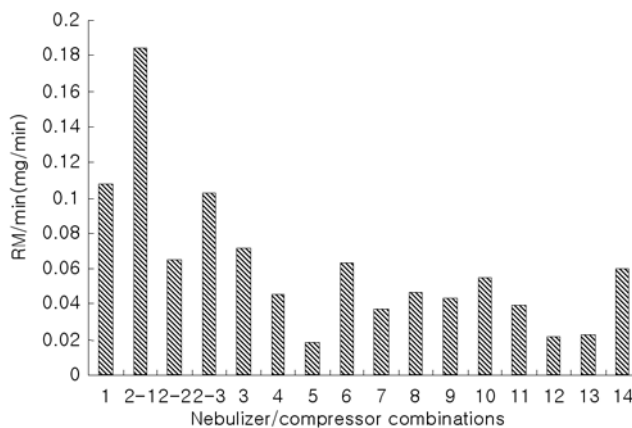


Fig. 3. Respirable mass per minute(RM/min) of each nebulizer/compressor combinations. 1: Pariboy type 38/Long life, 2-1: Pariboy type N/Long life, 2-2: Pariboy type N/Salter 8900, 2-3: Pariboy type N/LC, 3: Devilbiss pulmoaid-LT/Hudson, 4: Devilbiss pulmoaid/Hudson, 5: Mesmed neb-300/Own, 6: San-up 3040/Hudson, 7: Midas(Basic)/Own, 8: AirJolie 2/Hudson, 9: Thomas 1127/Salter 8900, 10: Noel E-2000/Salter 8900, 11: Omron CX3/Hudson, 12: Chang Woo CWN-100/Salter 8900, 13: Voyage/Mefar, 14: ASI-Pro/Medel jet plus.

3. 분사량(Table 2)

분사량은 생리식염수 4 mL를 넣고 측정하였을 때나 3 mL를 넣고 측정하였을 때나 별다른 차이가 없었으며(4 mL 측정시 제품전체 평균 0.32 mg/min, 3 mL로 측정시 0.30 mg/min), 가장 많이 분사된 제품은 Pariboy type N/Long life으로 4 mL로 측정시 0.68 mg/min였다.

4. 분당 흡입량(Fig. 3)

실제 연무기/압축기의 작용시간 동안 환자가 흡입하여 치료적

효과를 나타내는 에어로졸의 양을 추정할 수 있는 분당흡입량은 Pariboy type N/Long life 이 0.184 mg/min로 가장 높은 값을 보였으며, 0.019 mg/min로 가장 낮은 수치를 나타낸 Mesmed Neb-300/Own과는 9.6배의 차이를 보였다.

고 찰

본 연구는 국내 시판 중인 16개의 연무기/압축기의 성능 중 분사량과 입자크기의 차이를 알아보고, 이를 통해 시중에 판매되는 연무기/압축기의 제품 선택에 도움을 주고자 하였다. 연구 결과 Pariboy Type N/Long life이 Mass output이 0.68 mg/min로 가장 컸고 0.13 mg/min으로 가장 작은 수치를 보인 Mesmed-Neb/Own과는 5.2배 차이가 있었다. 모든 제품은 5분간의 입자의 크기를 측정하였으나 검사시간 동안 입자크기의 차이는 보이지 않았다. 5 µm 이하의 입자크기의 최대값은 64%였고 최소값의 연무기는 20%였다. MMAD는 Pariboy Type N/Long life이 3.76 µm로 가장 작았으며 나머지 제품은 모두 5 µm 이상이었다.

일반적으로 연무기/압축기는 기관지 확장제나 항생제 등의 투여시, 기관지 유발 등의 연구목적으로 사용되고 있으며, 이러한 다양한 목적에 따라 연무기/압축기의 필요한 성능 또한 다양하다^{13,14}. 예를 들면 급성 기관지 협착증 등의 신속한 치료를 요할 때는 빠른 유속을 가진 연무기/압축기가 우수한 것일 수 있고¹⁵, 높은 가격의 약제 분사 시에는 비록 유속이 빠르지 않더라도 높은 분사량이 우선적으로 고려해야 할 성능일 것이다. 또한 진단적 목적이나 기관지 유발 검사 등의 연구 목적에서는 단일 회사 제품에서 어떤 것을 택하더라도 비교적 일정한 양이 분사되는 것이 보다 필요한 기능일 것이다¹⁶⁻¹⁹.

이러한 연무기/압축기의 요구되는 차이는 부분적으로 제품의 사양이나 작동방법, 환자의 사용방법, 질환, 유속, 압력, 약물의 양 등에 영향을 받게 된다⁶.

본 연구에서는 환자나 치료자들이 실제적인 제품선택에 도움이 될 수 있도록 실제 임상에서 사용되는 환경과 최대한 유사한 실험실 조건을 유지하였으며 이를 위해 제품이 출시될 당시의 기계적 성질 그대로를 이용하여 실험하였다. 제품 평가 또한 기술적인 방법을 사용하였다.

연무기/압축기의 치료 효과를 나타내는 MMAD는 5 µm보다 작아야 한다. 입자크기에 있어 5 µm보다 큰 입자들(5-100 µm)은 대부분 비 인두 강에 침착되고 반면 5 µm보다 작은 입자들은 주로 폐에 침착된다²⁰⁻²³. 그러나 0.5 µm보다 작은 입자들의 경우 약 15%만이 폐포에 침착하는데 이는 중력의 영향과 더불어 분사된 약물의 침착 시간이 호흡 주기보다 길기 때문일 것이다. 따라서 흡입 된 0.5 µm 미만의 약은 다시 체외로 배출된다²³.

MMAD는 중위수(中位數)로서 입자크기 전체의 분포 중 50백분위수(percentile)가 되는 지점이다. 연무기/압축기와 같이 일정 크기 미만 입자의 분포량이 치료효과에 지대한 영향을 미치는

경우는 산술적인 평균 보다 MMAD가 유용한 대표값일 것이다. 이처럼 연무기/압축기의 치료효과에 미치는 MMAD의 중요성에도 불구하고 제조회사들은 MMAD대신 단순한 평균 입자의 크기나 일정 크기 미만 입자의 분율만을 언급하는 경향이 있다. 본 연구에 사용된 제품들의 사용설명서에서 MMAD를 명시해 놓은 것은 전체 16제품 중 6개였다(Table 1).

이외에도 사용설명서에 성능에 대한 표시가 되어 있지 않은 제품은 Invacare, Thomas, San up 3040, Maidas basic, Chang Woo CWN-100의 5제품이었고 나머지 제품들에서도 MMAD, 평균 입자 크기, 입자크기, 분사량, 입자 분포 등이 제품별로 다양하게 기술되어 있었다(Table 1). 또한 설명서에 나와 있는 입자크기나 분사량 등도 본 연구의 결과와 다소 상이한 점이 관찰되었는데 예를 들면 Devillbiss 제품의 경우 MMAD가 5 µm 미만으로 설명서에 명시되어 있으나 본 연구의 경우 5.06 µm, 7.18 µm였으며, Mesmed Neb-300는 5 µm 입자의 분율이 63%로 명시되어 있었으나 본 연구 결과에서는 32.35%였다. Voyage, ASI pro 제품의 경우 MMAD가 각각 1.9 µm, 1.72 µm였으나 실험결과는 각각 8.70 µm, 7.23 µm였다. 그러나 Pariboy Type N의 경우 설명서에는 MMAD 3.7 µm, 5 µm 미만 입자의 분율이 64%로 명시되어 있고 본 연구 결과 역시 MMAD가 3.76 µm, 5 µm 미만 입자의 분율 64%로 동일하였다. 이러한 결과는 실험 당시의 조건이나, 시약의 종류, 동일 제품간의 기계적 성질의 차이에 따라 다른 결과가 나타날 것이라 여겨진다. 다른 제품은 대한민국 식품 의약 안전청으로부터 각각 제품의 사양에 대한 상세한 정보를 입수 할 수 없어서 제품 사양과 검사결과를 비교할 수 없었다.

본 연구에서는 Pariboy type N/Long life 조합만이 3.76 µm로 실험에 사용된 제품 중 유일하게 MMAD가 5 µm 미만이었으며 9.83 µm로 가장 큰 MMAD를 보인 Chang Woo CWN-100/Salter8900 조합과는 약 3배 정도의 차이를 나타내었다.

분사량은 각 연무기/압축기 종류에 따라 다른 값을 보였다. 최대 분사량은 최소 분사량의 약 4.8배였다. 분사량은 연무기/압축기의 종류에 따른 입자의 크기 뿐 아니라 유속, 압력, 약물의 농도나 양의 영향을 받는다²⁴. 본 실험에서는 약물 농도의 영향을 배제하기 위해 시약으로 기관 확장제 등의 약제 대신 생리식염수를 사용하였다. 생리 식염수를 시약으로 사용시의 장점은 약제에 따른 밀도나 점도의 영향 없이 비교적 일정한 분사량을 내어줌으로써 임상 연구에 있어 표지자로서의 역할을 할 수 있다¹. 그러나 실제 약제가 아닌 생리 식염수 만을 사용함으로써 인체, 본 연구의 결과는 실제약제와 차이가 있을 것이다. 향후 실제 약제를 사용한 연무기/압축기의 성능에 대한 연구의 필요성이 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서는 분사량에 대한 시약의 양의 영향을 알아보기 위해 4 mL와 3 mL로 구분하여 측정하였다. 본 실험에서는 모든 제품에서 4 mL를 시약으로 넣을 때나 3 mL를 넣을 때나 분사량에 있어 별다른 차이가 없었다.

Pariboy type N/Long life의 경우 분사량이 0.68 mg/min로

가장 높았으나 연무기를 교체하였을 때 차이가 있었다. 이는 압축기/연무기의 조합이 압축기/연무기의 성능에 미치는 중요성을 고려해 볼 때 향후 이에 대한 연구의 필요성을 시사하고 있다.

본 연구에서 흡입가능 분율(respirable fraction)을 계산하였다. Crapo 등¹⁰⁾에 의하면 흡입가능 분율은 연무기/압축기가 작동한 동안 분사된 5 μm 미만의 입자로 구성된 에어로졸의 분율로 정의할 수 있다. 따라서 흡입가능 분율을 계산하면 실제로 연무기/압축기의 작동시간동안 환자가 흡입하여 치료적 효과를 나타내는 에어로졸의 양을 추정할 수 있을 것이다. 예를 들면 본 연구에서 흡입 분율이 가장 높았던 Pariboy type N/Long life의 경우 분당 흡입량이 0.184 mg/min였으므로 만일 10분 정도의 치료시간을 가지는 환자의 경우 실제 흡입된 양은 약 1.84 mg으로 추정할 수 있을 것이다. 본 연구 결과에서는 흡입 가능 분율이 최고치와 최저치가 거의 10배가 차이가 났고 이는 다른 연구와도 일치한다⁷⁾. 이러한 차이를 고려한다면 실제 네블라이저에 따라 치료 효과가 다를 수 있음을 의미한다.

본 연구는 연무기/압축기의 제품성능에 대한 기술적인 결과를 제시함으로써 앞으로의 연구 및 제품의 선택에 도움이 되고자 하였다. 그러나 본 연구에서 나온 결과는 제품별로 한가지의 연무기/압축기에서의 수치만으로 나온 결과이므로 통계적인 처리를 시행하지 않았다. 따라서 향후 대상군의 확대와 더불어 성능에 영향을 줄 수 있는 변인의 통제를 통한 제품들의 비교 연구가 필요할 것이다.

요 약

목적 : 현재 시중에 판매되고 있는 연무기 기종에 따라 그 성능이 다를 것으로 보고 제품 선택에 도움이 되고자 국내 시판 중인 16가지 연무기 기종의 성능을 실험을 통하여 비교하였다.

방법 : 16가지 연무기/압축기 제품(Pariboy Type 38/Long life, Pariboy Type N/Long life, Pariboy Type N/Salter 8900, Pariboy Type N/LC, Devilbiss pulmoaid-LT/Hudson, Devilbiss pulmoaid/Hudson, Mesmed neb-300/Own, San-up 3040/Hudson, Midas(Basic)/Own, AirJolie2/Hudson, Thomas 1127/Salter 8900, Noel NE-2000/Salter 8900, Omron CX3/Hudson, Chang Woo CWN-100/Salter 8900, Voyage/Mefar, ASI-Pro/Medel jet pluse)을 가지고 Mass output과 입자 크기를 측정하였다. Mass output은 생리식염수 4 mL를 2분간 분무 전, 후의 무게변화를 정밀 전자저울로 측정하였다. 동일한 방법으로 생리식염수 3 mL를 채워 실험하였다. 입자의 크기는 0.9% 생리식염수 4 mL를 채우고 5분간 작동하면서 laser diffraction법을 이용하여 측정하였다.

결과 : 분당흡입량은 Pariboy type N/Long life이 0.184 mg/min로 가장 높은 값을 보였으며 0.019 mg/min로 가장 낮은 수치를 나타낸 Mesmed Neb-300/Own과는 약 9.6배의 차이를 보였다. Pariboy Type N/Long life이 Mass output이 0.68

mg/min로 가장 컸고 0.13 mg/min으로 가장 작은 수치를 보인 Mesmed-Neb/Own과는 5.2 배 차이가 있었다. 모든 제품은 5 분간의 입자의 크기를 측정하였으나 검사시간 동안 입자크기의 차이는 보이지 않았다. 5 μm 이하의 입자크기의 최대값은 64%였고 최소값의 연무기는 20%였다. MMAD는 Pariboy Type N/Long life이 3.76 μm 로 가장 작았으며 나머지 제품은 모두 5 μm 이상이었다.

결론 : 시중에 판매되는 연무기들의 기능이 다양하므로 제품의 선택에 있어서 그 성능을 고려할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- 1) Smith EC, Denyre J, Kendric AH. Comparison of twenty three nebulizer/compressor combinations for domiciliary use. *Eur Respir J* 1995;8:1214-21.
- 2) Ryan G, Dolovich MB, Obminski G, Cockcroft DW, Juniper E, Hargreave FE. Influence of nebulizer output, particle size, and method of inhalation. *J Allergy Clin Immunol* 1981;67:156-61.
- 3) Barry PW, O'Callaghan. An in vitro analysis of the output of budesonide from different nebulizer. *J Allergy Clin Immunol* 1999;104:1168-73.
- 4) Ruffin PW, Dolovich MB, Wolff RK, Newhouse MT. The effects of preferential deposition of histamine in the human airway. *Am J Respir Dis* 1978;117:485.
- 5) 정경현, 김선예, 이준호, 김계성, 장욱, 한만용. In-check inspiratory flow meter를 사용하여 추정된 다양한 흡입기구의 사용 가능한 연령. *소아과* 2002;45:192-8.
- 6) Todd D, Nelson HS. A comparison of commercial jet nebulizers. *Chest* 1994;106:1788-93.
- 7) Boe J, Dennis JH, O'Driscoll. European respiratory guidelines on the use of nebulizers. *Eur Respir J* 2001;18:228-42.
- 8) Kwong WT, Ho SL, Coasts AL. Comparison of nebulized particle size distribution with Malvern laser diffraction analyzer versus Andersen cascade impactor and low flow marble ersonal cascade impactor. *J Aerosol Med* 2001;13:303-14.
- 9) Eklund L, Sundblad BM, Malmberg P, Larsson K. The salt output of a nebulizer comparison between two nebulizer types. *Respir Med* 2000;94:139-44.
- 10) Crapo RO, Casaburi R, Coates AL, Enright PL, Hankinson JL, Irvin CG, et al. Guidelines for methacholine and exercise challenge testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163:292-3.
- 11) Steventon RD, Wilson RED. A guide to apparatus for home nebulization therapy. Uxbridge: Allen Hanburys Ltd, 1986:23-4.
- 12) Massey DG, Miyauchi D, Fournier-Massey G. Nebulizer function. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1982;18:665-71.
- 13) Newman SP, Pellow PGD, Clay MM, Clarke SW. Evaluation of jet nebulizers for use with gentamicin solution. *Thorax* 1985;40:671-6.
- 14) O'Doherty MJ, Thomas S, Page C, Barlow D, Bradbeer C, Nuhan TO. Differences in relative efficiency of nebulizer for pentamidine administration. *Lancet* 1988;2:1283-6.

- 15) Lanford SA, Allen MD. Salbutamol output from two jet nebulizers. *Respir Med* 1993;87:99-103.
- 16) Mercer TT. Production and characterization of aerosols. *Arch Intern Med* 1973;131:39-49.
- 17) Wood JA, Wilson RSE, Bray C. Changes in salbutamol concentration in the reservoir solution of a jet nebulizer. *Br J Dis Chest* 1986;80:164-9.
- 18) O'Challaghan, Ckarje Arm, Nukber AD. Inaccurate calculation of drug output from nebulizers. *Eur J Pediatr* 1989;148:473-4.
- 19) Cockcroft DW, Hurst TS, Gore BP. Importance of evaporative water losses during standardized nebulized inhalation provocation tests. *Chest* 1989;96:505-8.
- 20) Lippman M, Albert RE. The effects of particle size on the regional deposition of inhaled aerosols in the human respiratory tract. *Am Ind Hyg Assoc J* 1969;30:257-75.
- 21) Morrow PE. Experimental studies of inhaled materials: a basis for respiratory models. *Arch Intern Med* 1970;126:466-70.
- 22) Task Group on Lung Dynamics. Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract. *Health Phys* 1966;12:173-207.
- 23) Heyder J, Gebhart J, Rudolf G, Schiller CF, Stahlhofen W. Deposition of particles in the human respiratory tract in the size range 0.005-15 μm . *J Aerosol Sci* 1986;17:811-25.
- 24) Kwong WT, Ho SL, Coates AI. Measuring nebulizer output. Aerosol production vs gravimetric analysis. *Chest* 1988;113:853.