

신경근육계 질환에서 공기누적운동의 임상적 의의

연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 근육병재활연구소, ¹영동세브란스병원 재활의학과

강성웅 · 조동희 · 이상철 · 문재호 · 박윤길 · 송남규 · 이수현¹

Clinical Implication of Air Stacking Exercise in Patients with Neuromuscular Diseases

Seong-Woong Kang, M.D., Dong-Hee Cho, M.D., Sang-Chul Lee, M.D., Jae-Ho Moon, M.D., Yoon-Ghil Park, M.D., Nam-Kyu Song, M.D. and Soo-Hyun Lee, M.D.¹

Department of Rehabilitation Medicine, Rehabilitation Institute of Muscular Disease, Yonsei University College of Medicine, ¹Department of Rehabilitation Medicine, Yongdong Severance Hospital

Objective: To evaluate the effect of the air stacking exercise on maximal insufflation capacity (MIC) and peak cough flow (PCF) in patients with neuromuscular diseases.

Method: Two hundred twenty nine neuromuscular patients with vital capacity (VC) below 50% of the predicted normal value were initially evaluated for VC, MIC, PCF, and assisted PCF (APCF). After the first evaluation, these patients were instructed to carry out air stacking exercise periodically, and were re-evaluated after one year.

Results: Forty seven patients were capable of performing air stacking exercise on regular basis, at least twice a day for

one year. Among these patients, MIC increased in 28 patients from 1345.4 ml to 1572.9 ml on average ($p < 0.05$), while it decreased in 19 patients from 1740.0 ml to 1325.3 ml on average ($p < 0.05$). In the increasing MIC group APCF increased from 244.6 L/min to 278.1 L/min ($p < 0.05$). In the decreasing MIC group, every value decreased significantly.

Conclusion: Air stacking exercise was shown to be capable of increasing MIC and APCF despite the reduction in VC and PCF in patients with neuromuscular diseases. (*J Korean Acad Rehab Med* 2007; 31: 346-350)

Key Words: Neuromuscular disease, Maximal insufflation capacity, Peak cough flow, Air stacking exercise, Vital capacity

서 론

신경근육계 질환 환자들은 대부분 전신적인 진행성 근력 약화를 특징으로 하고 있으며 질환에 따라서는 호흡근이나 연수근 및 심장근육의 약화를 동반하게 된다. 호흡근육의 약화는 대부분 사지의 근력약화가 진행함에 따라 점차로 심해지는 양상을 보인다. 신경근육계 질환 환자들은 호흡근의 약화로 인하여 폐와 흉곽의 유순도(compliance) 및 폐활량(vital capacity, VC)이 감소되며 기침능력 약화에 의한 기도 분비물 배출 장애로 인하여 각종 호흡기계 합병증이 발생되고 이는 이 환자들의 주요한 사망 원인이 되어 왔다.¹⁻³ 정상 호흡은 일회호흡(tidal volume)과 더불어 간헐적인 심호흡과 한숨(sigh)의 조합으로 이루어져 있다.⁴ 심호흡을 하여 폐를 충분히 팽창시키는 것은 호흡기계 구조물들

을 신장시켜주어 폐와 흉곽의 탄성을 유지해주는 역할을 한다. 호흡근육이 약해지게 되면 폐를 최대 용적까지 충분히 팽창시키지 못하며 최소 잔기량까지 압축시키지도 못한다. 이로 인해 흉곽과 갈비척추관절, 흉늑관절의 결합조직이 단축되고 굳어지며 근육은 섬유화되어 흉곽의 유순도가 감소하게 될 뿐만 아니라 폐 내에서도 미세 무기폐가 확산되어 폐의 유순도 또한 감소하게 된다.⁵⁻⁷ 신경근육계 질환 환자들에서 근력약화로 인한 운동 가동범위 제한으로 인한 사지관절 구축의 치료 및 예방을 위해 기본적으로 관절의 신전운동 및 관절범위운동을 실시하고 있으나 얇은 호흡으로 인해 발생하는 폐와 흉곽의 팽창제한에 대해서는 아무런 조치를 취하지 않는 경우가 많다. 수동적인 관절 가동범위 운동으로 사지관절의 구축을 예방하듯이 호흡근 약화로 인해 폐를 충분히 팽창시키지 못하는 환자들에서는 주기적으로 폐를 최대 용적까지 팽창시켜주어야 흉곽의 운동범위, 즉 유순도가 유지될 수 있다.⁸⁻¹¹

기침은 생체의 중요한 방어기전의 하나로 기도 내로 흡입된 이물질이나 과도한 기도분비물을 제거하는 역할을 한다. 정상인들은 감기와 같은 호흡기계 감염에 의해 호흡기 내 분비물이 발생하면 기침을 하여 외부로 배출시켜 폐렴 등의 합병증을 예방할 수 있다. 기침을 효율적으로 하기 위

접수일: 2007년 1월 22일, 게재승인일: 2007년 4월 27일

교신저자: 강성웅, 서울시 강남구 도곡동 146-92

☎ 135-270, 연세대학교 영동세브란스병원 재활의학과

Tel: 02-2019-3492, Fax: 02-3463-7585

E-mail: kswong@yumc.yonsei.ac.kr

본 연구는 2005년 제원연구재단 연구비 지원으로 이루어졌음.

해서는 충분한 공기의 흡입과 효과적인 성문(glottis) 폐쇄가 선행되어야 하며, 호기근이 정상적으로 수축하여 흉곽 및 복강 내 압력을 충분히 증가시켜야 한다.¹² 효과적인 기침을 위해서는 흡기 시 최소한 2.3 L의 공기가 흡입되어야 하며, 호기근의 수축에 의해 흉복강의 압력이 200 cmH₂O 이상 증가되어야 한다.¹³ 그러나 두시엔느형 근디스트로피(Duchenne muscular dystrophy, DMD)나 근위축성 측삭경화증(amotrophic lateral sclerosis, ALS)과 같은 신경근육계 질환 환자들은 호기근 약화로 인하여 충분한 양의 공기를 흡입할 수 없고 호기근의 약화로 흉곽과 복강을 압박하지 못하여 효과적으로 기침을 할 수 없다.^{14,15} 호흡근의 기능이 정상이어도 연수근(bulbar muscle)의 약화 및 기능부전이 있는 경우에는 흡기 후 성문을 폐쇄시킬 수 없거나 기침 시에 빠르게 성문을 열거나 기도를 개방된 상태로 유지하기 힘들어 효과적으로 기침을 할 수 없게 된다.¹⁶ 기침을 통해 기도내 분비물을 충분히 배출시키지 못하면 단순한 감기에 의해서도 폐렴이 발생하게 되고 결국에는 호흡부전이나 사망에 이르게 된다.¹⁷ 현재까지 기침 능력을 향상시키기 위하여 많은 방법들이 사용되어 왔으나 주로 호기근 약화를 보조하기 위한 방법들이었다. 흡기 능력이 저하되어 기침 전 흡입공기량이 적은 환자에서는 호기 보조만 하는 것으로는 기침을 효율적으로 보조하는 데 한계가 있다. 따라서 보조 기침 시 효율적으로 기침을 유도하기 위해서는 호기근 보조와 더불어 기침 이전에 충분한 공기를 흡기할 수 있도록 흡기 보조를 해주어야 한다.¹⁸⁻²⁰ 기침 전 흡입공기량을 적절히 확보하기 위해서는 병이 진행되어서 능동적으로는 흡입 공기량이 적어지더라도 수동적으로나마 폐에 많은 양의 공기가 주입될 수 있도록 질환의 초기부터 폐와 흉곽의 유순도를 유지하기 위한 조치를 취해야 한다.

따라서 본 연구에서는 호흡근육 약화가 동반되는 신경근육계 질환 환자에서 환자 스스로 최대한의 공기를 흡기하게 한 후 수동적으로 공기를 주입하여 폐를 최대한 팽창시키는 훈련을 지속적으로 시행하고 이러한 훈련이 호흡기계 유순도 유지와 이로 인한 보조기침의 효율성 증가에 미치는 효과에 대해 연구하고자 하였다.

연구대상 및 방법

1) 연구 대상

2000년 2월부터 2005년 10월 사이, 병력, 이학적 소견, 혈액 검사, 전기 진단 검사, 그리고 근육생검 혹은 DNA 분석에서 신경근육계 질환으로 확진받은 환자들 중 폐용적 변화를 뚜렷이 볼 수 있도록 폐활량이 정상 예측치의 50% 미만인 환자들을 임의적으로 선택하여 연구를 진행하였다. 첫 평가 이후 1년이 지난 시점에서 재평가를 시행하였다.

호흡기계 질환이나 손상의 병력, 연수근의 약화로 성문 폐쇄가 어려워 자발적 흡기 후 추가로 주입된 공기를 누적

시킨 상태를 유지하지 못하는 환자, 기도삽관이나 기관절개술을 시행한 환자, 인지능력이 떨어져 협조가 어려운 환자, 호흡기계에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 약물을 복용하거나 흡연을 하고 있는 환자 그리고 호흡기능의 재평가를 실시하지 못했던 환자는 연구 대상에서 제외하였다.

2) 연구방법

(1) 호흡기능 평가

① **폐활량과 최대 주입용량(maximal insufflation capacity, MIC):** 폐활량은 Micro Spirometer (Micro Medical Ltd; Rochester, UK)를 이용하여 앉은 자세에서 측정하였으며 각각의 과정을 최소한 3번 이상 시행하여 얻은 측정치 중 최대값을 선택하였다. 최대 주입용량의 측정은 앉은 자세에서 환자가 스스로 흡입할 수 있는 최대한의 공기를 들이마시게 한 후 도수 소생기(manual resuscitator)로 마우스피스나 비구강 마스크를 통해 주입할 수 있는 만큼의 최대한의 공기를 추가로 주입시킨 후 폐활량 측정기를 통해 그 용량을 측정하였다. 각각의 검사는 최소한 3회 이상 시행하여 최대값을 선택하였다.

② **기침능력 평가:** 최대 기침유량(peak cough flow, PCF)은 ASSES[®] (Health Scan Products Inc; Cedar Grove, New Jersey, USA)를 이용하여 환자에게 최대한 힘차게 기침을 하게 하여 측정하였다. 본 연구에서는 다음의 2가지 상황에서의 최대 기침유량을 측정하였다. ① 비보조 최대 기침유량(unassisted PCF, UPCF): 환자 스스로 흡입할 수 있는 최대 용량을 들이마신 후 최대한 힘차게 기침을 하게 하여 측정하였다. ② 보조 최대 기침유량(assisted PCF, APCF): 환자 스스로 흡입할 수 있는 최대 용량을 들이마신 후 도수소생기로 공기를 추가로 주입시킨 다음 최대한 힘차게 기침을 할 때 힘차게 복부를 밀어주면서 측정하였다. 각각의 과정을 최소한 3번 이상 시행하여 얻은 각 측정치 중 최대값을 선택하였다.

(2) **공기누적운동(air stacking exercise):** 공기누적운동은 환자 스스로 흡입할 수 있는 최대용량을 들이마시게 한 후 도수소생기로 공기를 최대 주입용량까지 추가로 주입하게 하는 방법으로 시행하였다. 최대 주입용량까지의 공기누적운동을 한번 시행 시 10~15번씩 하루에 3회 시행하도록 지시하였다. 외래 방문 시 환자들이 가정에서 규칙적인 공기누적운동 시행하고 있는지 확인하였고 재교육을 실시하였다. 모든 대상 환자들은 1년간 공기누적운동을 시행한 후 호흡기능평가를 다시 시행하였다.

(3) **근력 평가:** 전반적인 근력 약화 양상을 비교하기 위해 호흡기능 평가 시마다 도수근력측정을 시행하였다. 어깨관절 외전근, 주관절 굽힘근, 손목관절 신전근, 엉덩관절 굽힘근, 발목 관절 신전근의 다섯 가지 근육에서 근력을 측정하였다. 각 근력 측정치는 Modified Medical Research Council Scale을 사용하여 점수화하였다.

(4) 통계 분석: 대상 환자들을 최대 주입용량이 증가한 환자군과 감소한 환자군으로 분류하였다. 첫 번째 평가에서 측정된 최대 주입용량 값과 재검사 시 측정된 값을 paired t-test를 이용하여 비교하였다. 측정치들은 mean±SD로 표기하였다. 각 환자군의 폐활량과 최대 기침유량의 변화량 또한 paired t-test를 이용하여 비교하였고 각 측정 시마다의 변화량과 각 환자군 간의 비교는 unpaired t-test를 이용하였으며 통계처리는 윈도우용 SPSS version 13.0 통계 프로그램을 이용하여 시행하였다. 통계학적 유의수준은 0.05 이하의 p 값을 기준으로 하였다.

결 과

총 229명의 신경근육계 질환 환자들이 호흡기능평가를 시행하였으며, 환자 분포는 두시엔느형 근디스트로피가 109명으로 가장 많았고 그 외에 비 두시엔느형 근디스트로피 환자가 43명, 근위축성 측삭경화증이 64명, 척수성 근위축증(spinal muscular atrophy, SMA)이 8명, 기타 3명이었다. 이들 중 1년 후에 재평가가 가능했던 환자는 74명이었으며 모든 조건을 충족시키고 1년간 최소한 하루에 2회 이상 규칙

적으로 공기누적운동을 시행한 환자는 모두 47명이었다. 이들 중 최대 주입용량이 증가한 환자가 28명이었다. 환자 분포는 두시엔느형 근디스트로피 환자가 17명, 비 두시엔느형 근디스트로피 환자가 4명, 근위축성 측삭경화증이 4명, 척수성 근위축증이 2명, 킬랑-바레증후군(Guillian-Barre syndrome, GBS)이 1명이었다. 최대 주입용량이 감소한 환자는 19명이었으며 이들 중 두시엔느형 근디스트로피 환자가 9명, 비 두시엔느형 근디스트로피 환자가 5명, 근위축성 측삭경화증 환자가 5명이었다(Table 1).

최대 주입용량이 증가한 환자군에서는 1년간의 공기누적운동 후 최대 주입용량이 1345.4 ml에서 1572.9 ml로 증가하였으며(p<0.05), 보조최대 기침유량 또한 244.6 L/min에서 278.1 L/min로 유의하게 증가하였다(p<0.05). 그러나 폐활량, 폐활량의 정상예측치와의 비율은 재평가 시 감소하는 양상을 보였다. 비보조 최대 기침유량은 첫 평가 시 188.1 L/min에서 1년 뒤 177.2 L/min로 유의하게 감소하였다(p<0.05) (Table 2). 최대 주입용량이 감소한 군에서는 모든 측정치가 1년 뒤 유의하게 감소하였다. 각 군의 최대유량과 비보조 최대 기침유량의 감소한 정도를 비교 시 최대 주입용량이 감소한 군에서 감소의 폭이 유의하게 큰 것으로 나타났다(p<0.05) (Table 3).

사지 근력 평가에서는 첫 평가 시에는 최대 주입용량이 증가한 환자군에서 2.3점, 감소한 환자군에서 2.2점으로 유

Table 1. Diagnosis of Patients

Diagnosis	Increasing MIC (n)	Age (years)	Decreasing MIC (n)	Age (years)
DMD	17	16.6±6.0	9	15.5±4.2
Non-DMD myopathy	4	30.7±24.7	5	35.0±17.8
ALS	4	47.7±9.9	5	50.2±14.4
SMA	2	17.2±0.8		
GBS	1	11.7		
Total	28	23.1±15.2	19	29.5±18.7

Values are mean±S.D.
MIC: Maximal insufflation capacity, DMD: Duchenne muscular dystrophy, ALS: Amyotrophic lateral sclerosis, SMA: Spinal muscular atrophy, GBS: Guillian-Barre syndrome

Table 3. Comparison of Differences of Variables between Initial and 1 year

Variables	Increasing MIC Group	Decreasing MIC Group	p-value
VC (ml)	59.6±454.0	562.1±572.3	<0.05
VCpre (%)	3.6±13.9	17.1±18.3	<0.05
UPCF (L/min)	10.8±21.1	25.4±40.7	<0.05

Values are mean±S.D.
MIC: Maximal insufflation capacity, VC: Vital capacity, VCpre: Predicted value of vital capacity, UPCF: Unassisted peak cough flow

Table 2. Outcome of Maximal Insufflation Program

Variables	Increasing MIC Group (n=28)			Decreasing MIC Group (n=19)		
	Initial	1 year	p-value	Initial	1 year	p-value
MIC (ml)	1345.4±539.4	1572.9±526.8	0.045	1740.0±468.5	1325.3±440.7	0.000
VC (ml)	1088.2±511.8	1028.6±457.3	0.488	1390.0±502.5	827.9±398.1	0.001
VCpre (%)	37.1±18.3	33.5±15.3	0.218	41.3±17.2	24.2±12.6	0.003
APCF (L/min)	244.6±52.9	278.1±63.5	0.006	273.3±71.6	235.6±86.0	0.004
UPCF (L/min)	188.1±46.8	177.2±40.7	0.033	210.0±50.6	184.6±51.0	0.036

Values are mean±S.D.
MIC: Maximal insufflation capacity, VC: Vital capacity, VCpre: Predicted value of vital capacity, APCF: Assisted peak cough flow, UPCF: Unassisted peak cough flow

의한 차이를 보이지 않았으나 재평가 시에는 각각 2.2점과 1.8점으로 최대주입용량이 증가한 환자군에서 유의하게 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$).

고 찰

사지 근력 약화가 있는 환자에서 어느 부분이든 일정 기간 이상 사용을 중단하게 되면 근 위축, 골다공증, 관절 구축, 관절강 내 협착, 관절 연골의 퇴행성 변화 등이 나타나게 된다. 사지 관절의 구축을 예방하여 정상적인 관절 가동 범위를 유지하는 것은 신체의 운동기능을 유지하는 데 있어 매우 중요하다. 이를 위해서는 주기적으로 관절을 최대 운동 범위까지 운동시켜주는 것이 필요하며 약 일주일 이상 관절을 움직이지 않으면 근육과 관절 주변의 결합조직이 두꺼워지고 짧아져 관절의 운동 범위가 감소하게 된다.^{21,22} 마찬가지로 호흡근이 약한 신경근육계 질환 환자에서 호흡근의 약화로 심호흡을 하지 못하여 만성적인 저환기 상태가 장기간 지속되면 폐와 흉곽의 운동 범위가 점차로 감소하게 되고 결국 흉곽의 유순도 및 폐활량이 감소하게 된다.^{5,7} 따라서 호흡근육이 약화된 신경근육계 질환 환자들에서 반복적인 심호흡 즉 공기누적운동은 폐와 흉곽의 운동 범위, 즉 폐의 유순도를 유지하는 데 상당히 중요하다.⁹

최대 주입용량은 폐에 주입될 수 있는 최대 공기량을 나타내는 것으로 최대 주입용량과 폐활량과의 차이는 폐의 유순도를 반영해주는 지표이다. 정상인에서는 폐활량과 최대 주입용량의 차이가 거의 없으나 호흡근 약화가 진행한 경우 자발적인 흡기능력이 감소하면 폐활량이 감소되어 최대 주입용량과의 차이가 커지게 된다. 그러나 폐나 흉곽의 유순도가 심하게 감소되었거나 혹은 연수근 약화로 공기 주입 후 성문 폐쇄가 어려운 환자에서는 폐활량과 최대 주입용량의 차이가 감소하게 된다. 연수근 기능이 보존되어 있는 신경근육계 질환 환자에서 최대 주입용량의 감소는 폐 및 흉곽의 구축을 반영한다. 폐와 흉곽의 유순도가 감소하면 기침 전 흡입 공기량이 감소하고 이는 최대 기침유량이 감소하는 원인이 된다. 따라서 호흡근 약화로 흡입 공기량이 감소된 환자들은 평상시 공기누적 운동을 통해 최대 주입용량을 늘리는 운동을 시행해주어야 필요시 충분한 보조기침유량을 유발시킬 수 있다.

본 연구의 결과에서도 1년간 공기누적운동을 시행한 후 최대 주입용량이 증가한 환자군에서는 폐활량과 비보조 최대 기침유량이 감소하였음에도 불구하고 최대 주입용량 및 보조 최대 기침유량이 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 즉 호흡근의 약화가 계속 진행되어도 상당수의 신경근육계 질환 환자에서 공기 누적운동을 통해 폐와 흉곽의 운동범위, 즉 최대 주입용량을 증가시킬 수 있고 이로 인해 보조 최대 기침유량도 증가되는 것을 확인할 수 있었다.

최대 주입용량이 감소한 환자들 중 5명의 근위축성 측삭 경화증 환자들의 경우 첫 평가 시에는 모두 공기 누적운동이 가능할 정도로, 즉 흡기 후에 성문폐쇄가 가능할 정도로 연수근 기능이 보존되어 있었으나 1년 뒤 재평가 시 3명의 환자가 연수근의 기능이 저하되어 최대 주입용량이 폐활량을 능가하지 못하였다. 이는 최대 주입용량이 감소한 환자군에서 첫 평가 시보다 최대 주입용량이 유의하게 감소한 요인 중 하나로 생각된다. 이들 중에는 최대 주입용량이 증가한 환자들보다 사지 근력이 유의하게 강하고 폐활량이 더 큰 환자들도 있었는데 이러한 경우는 사지 근력약화보다 연수근의 기능이 현저하게 저하된 연수형 근위축성 측삭경화증 환자에서 흔히 볼 수 있다. 연수근 기능의 저하는 공기 누적운동이나 도수 보조기침이 어려울 뿐 아니라 비침습적 간헐적 양압 호흡기를 적용하는데도 장애가 되고 결과적으로 이들 환자들이 기관 절개술을 조기에 시행하는 원인이 된다.²³

최대 주입용량이 감소한 환자군은 최초 평가 시 폐활량과 비보조 최대 기침유량이 최대 주입용량이 증가한 환자군보다 오히려 높은 수치를 보였으나 1년 뒤 재평가 시 각각 측정치의 감소된 폭이 최대 주입용량이 감소한 환자군에서 유의하게 크게 나타났다. 이를 통해 최대 주입용량이 감소한 환자군에서 호흡기능의 약화가 더 빠르게 진행되었음을 알 수 있었다. 사지 근력 측정 결과에서도 첫 평가 시에는 두 환자군 간에 유의한 차이를 보이지 않았으나 1년 후 재 평가 시에는 최대 주입용량이 감소한 환자군에서 사지 근력이 유의하게 낮게 측정되었다. 즉 호흡근 약화의 진행이 빠른 경우 사지근력도 더 빠르게 약화되는 것을 알 수 있었다. 또한 삼킴곤란을 보인 환자는 최대 주입용량이 감소한 환자군에서 8명, 증가한 환자군에서 4명으로 최대 주입용량이 감소한 환자군에서 더 많았으며 경피적 위조루술은 각각 5명과 3명에서 시행하였다.

감기 등의 상기도 감염으로 기도 내 분비물이 증가한 경우 객담 배출을 위하여 주로 사용되어 온 방법은 흉부 물리치료였다. 그러나 호흡근 약화가 심하여 폐활량이 정상 예측치의 50% 미만으로 감소한 경우에는 단순히 흉부 물리치료만 가지고는 효과적인 객담배출이 어렵다. 따라서 이와 같은 환자들에서 호흡곤란이 발생한 경우에는 기관 절개술을 시행하는 경우가 많았다. 그러나 최근 비침습적인 방법으로 기침을 보조하여 분비물을 제거하는 기술의 발전으로 인하여 기관절개를 시행하지 않고도 효과적으로 기도 내 분비물을 배출할 수 있는 방법들이 많이 사용되어지고 있다. 본 연구에서는 호흡근 약화가 진행 중인 환자들을 대상으로 공기누적운동을 시행하여 최대 주입 용량을 향상시켰으며 이는 기침 전 충분한 양의 공기를 흡입하게 하여 보조 최대 기침유량을 증가시킬 수 있었다. 기침 능력이 향상되면 호흡기계 합병증을 감소시킬 뿐 아니라 비침습적 인공 호흡기를 사용하는 말기 신경근육계 질환 환자에서도 기관

절개나 기도 삽관을 통한 침습적 호흡기로 전환하는 시기를 최대한 지연시킬 수 있어 환자의 삶의 질을 향상시키는데 많은 기여를 할 수 있을 것이다.²³

결 론

본 연구에서는 폐활량이 정상예측치의 50% 이하로 감소되어있는 신경근육계 질환 환자들에서도 인지기능, 연수근 기능 등 일부 기능만 보존되어 있으면 폐활량과 최대 기침 유량이 지속적으로 감소함에도 공기누적운동을 통해 최대 주입용량과 보조 최대 기침유량을 증가시키고 유지할 수 있음을 보여주었다. 즉 말기 진행성 신경근육계 질환 환자들에서 규칙적인 공기 누적운동은 환자의 최대 주입용량 및 도수 보조 최대 기침유량을 증가시켜 환자의 효과적인 기도 분비물 및 이물질 배출을 도와 환기부전으로 인한 호흡기계 합병증의 발생을 감소시켜 기관절개의 시기를 최대한 연장시키는데 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) Kang SW, Na YM, Baek SK, Kim YW, Choi EH, Moon JH. Clinical implications of inspiratory muscle training in patients with Duchenne muscular dystrophy. *J Korean Acad Rehab Med* 1998; 22: 361-368
- 2) De Bruin PF, Ueki J, Bush A, Y Manzur A, Watson A, Pride NB. Inspiratory flow reserve in boys with Duchenne muscular dystrophy. *Pediatr Pulmonol* 2001; 31: 451-457
- 3) Fowler WM Jr. Rehabilitation management of muscular dystrophy and related disorders: II. Comprehensive care. *Arch Phys Med Rehabil* 1982; 68: 322-328
- 4) Hoffman LA. Ineffective airway clearance related to neuromuscular dysfunction. *Nurs Clin North Am* 1987; 22: 151-166
- 5) Kang SW, Ryu HH, Shin JC, Kim YR, Kim JE. The relationships of coughing to the respiratory muscle strength and pulmonary compliance in tetraplegic patients. *J Korean Acad Rehab Med* 2002; 26: 704-708
- 6) Estenne M, Gevenois PA, Kinnear W, Soudon P, Heilporn A, De Troyer A. Lung volume restriction in patients with chronic respiratory muscle weakness: the role of microatelectasis. *Thorax* 1993; 48: 698-701
- 7) Estenne M, Heilporn A, Delhez L, Yernault JC, De Troyer A. Chest wall stiffness in patients with chronic respiratory muscle weakness. *Am Rev Respir Dis* 1983; 128: 1002-1007
- 8) Egberg LD, Laver MB. Intermittent deep breaths and compliance during anesthesia in man. *Anesthesiology* 1963; 24: 57-59
- 9) Ferris BG Jr, Pollard DS. Effect of deep and quiet breathing on pulmonary compliance in man. *J Clin Invest* 1960; 39:

- 10) Mead J, Collier C. Relation of volume history of lungs to respiratory mechanics in anesthetized dogs. *J Appl Physiol* 1959; 14: 669-678
- 11) McCool FD, Mayewski RF, Shayne DS, Gibson CJ, Griggs RC, Hyde RW. Intermittent positive pressure breathing in patients with respiratory muscle weakness. Alterations in total respiratory system compliance. *Chest* 1986; 90: 546-552
- 12) Bach JR, Saporito LR. Criteria for extubation and tracheostomy tube removal for patients with ventilatory failure. A different approach to weaning. *Chest* 1996; 110: 1566-1571
- 13) Irwin RS, Boulet LP, Cloutier MM. Managing cough as a defense mechanism and as a symptom. A consensus panel report of the American College of Chest Physicians. *Chest* 1998; 114: 138-181
- 14) Kang SW, Rha DW, Ryu HH, Kang YS, Kang YJ, Moon JH. Analysis of pulmonary mechanics and the factors for coughing in Duchenne muscular dystrophy. *J Korean Acad Rehab Med* 2003; 27: 43-48
- 15) Trebbia G, Lacombe M, Fermanian C, Falaize L, Lejaille M, Louis A, Devaux C, Raphael JC, Lofaso F. Cough determinants in patients with neuromuscular disease. *Respir Physiol Neurobiol* 2005; 146: 291-300
- 16) Chatwin M, Ross E, Hart N, Nickol AH, Polkey MI, Simonds AK. Cough augmentation with mechanical insufflation/exufflation in patients with neuromuscular weakness. *Eur Respir J* 2003; 21: 502-508
- 17) Bach JR, Rajaraman R, Ballanger F, Tzeng AC, Ishikawa Y, Kulesa R, Bansal T. Neuromuscular ventilatory insufficiency: the effect of home mechanical ventilator use vs. oxygen therapy on pneumonia and hospitalization rates. *Am J Phys Med Rehabil* 1998; 77: 8-19
- 18) Bach JR. Mechanical insufflation-exsufflation. Comparison of peak expiratory flows with manually assisted and unassisted coughing techniques. *Chest* 1993; 104: 1553-1562
- 19) Kang SW, Bach JR. Maximum insufflation capacity. *Chest* 2000; 118: 61-65
- 20) Kirby NA, Narmerias MJ. An evaluation of assisted cough in quadriplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1996; 46: 705-710
- 21) Amiel D, Akeson WH, Harwood FL, Mechanic GL. The effect of immobilization on the types of collagen synthesized in periarticular connective tissue. *Connect Tissue Res* 1980; 9: 27-32
- 22) Kottke FJ, Pauley DL, Ptak RA. The rationale for prolonged stretching for correction of shortening of connective tissue. *Arch Phys Med Rehabil* 1966; 47: 345-352
- 23) Kang SW, Park JH, Ryu HH. Non-invasive mechanical ventilator care for the patients with advanced neuromuscular disease. *J Korean Acad Rehab Med* 2004; 28: 71-77