

■ 김태호, 김원복¹
■ 대구대학교 물리치료학과

The change of forced vital capacity on the ground and in the water in the normal adults

Tae-Ho Kim, Won-Bok Kim¹

1Department of Physical Therapy, Daegu University

Purpose : The purpose of this study was to identify the change of forced vital capacity on the ground and in the water in the normal adults. **Method**: Twenty healthy university students(men 10, women 10) participated in this study and they were measured forced vital capacity(FVC), forced expiratory volume at one second (FEV₁), a ratio for forced expiratory volume at one second on forced vital capacity(FEV₁/FVC), forced expiratory flow of 25%~75% range(FEF₂₅~75%), FEF₂₅%, FEF₅₀%, and peak expiratory flow(PEF) using the vital capacity device on the ground and in the water pool. The statistics was used paired t-test between the values on the ground and in the water. **Results** The values of FVC and FEV₁ on the ground were significantly higher than in the water(p<.05). There were no difference in the parameters of FEV₁/FVC, FEF₂₅~75%, FEF₂₅%, FEF₅₀%, and PEF. **Conclusion** The FVC and FEV₁ in the water can be affect for increasing pressure on the chest wall and abdomen as the hydrostatic pressure of the part in the water physical features. This study recommend that the physical therapist should be considered a depth of water in water pool depending on the function of lung and expiratory muscles when they treat patients for aquatic therapeutic exercise.

Key words Forced vital capacity, FEV₁, FEV₁/FVC, Under water

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

호흡계의 주된 목적은 인체의 몸속에 혈액을 통해 산소를 공급해주고 이산화탄소를 제거함으로써 공기와 인체사이의 가스교환을 제공해 주는 것이다(Powers과 Hawley, 2008). 물리치료사가 치료하는 많은 질환자중에서 호흡기능의 장애를 동반하거나 주호소 하는 환자에 대한 충분한 이해와 함께 정확한 평가는 물리치료의 예후를 예측하고 호흡기계 합병증의 발생과 예방을 결정하는데 매우 중요한 부분이다.

폐기능을 평가하기 위해 사용하는 것이 폐활량 검사이다. 폐활량(lung vital capacity) 검사는 만성폐쇄성폐질환과 같은 호흡기질환을 진단하거나 치료의 효과를 확인, 호흡기계통의 수술과 처치후의 예후 확인, 폐에 영향을 주는 유해인자에 노출시 폐기능 검사 등 여러 용도로 사용하는 기본적인 검사방법이다(최정근 외, 2004). 폐활량 검사에서 1회호흡량, 흡기예비용적, 호기예비용적, 잔기량, 폐활량, 총 폐활량의 양을 구할

수 있으며, 또한 노력성 폐활량(forced vital capacity : FVC) 평가는 호흡기능 평가에서 가장 기본이 되는 측정값이며, 호흡근육에 약화가 있거나, 환자의 자세가 변하면 다르게 나타날 수 있다(유태원 등, 2006).

최근 물리치료에서는 기존의 수치료와 더불어 신경계 및 근골격계환자를 대상으로 하는 수중운동치료가 널리 사용되고 있다. 수중운동은 수압, 부력, 저항과 같은 물의 여러 가지 특성을 이용하여 일반인 뿐만 아니라 체중부하에 부담을 갖은 근골격계질환이나 신경계손상을 입은 사람들을 대상으로 여러 가지 운동기법을 수중에서 실시하는 운동이다(Sramek 등, 2000). 수중운동의 효과는 여러 연구에서 지지하고 있는데, Devereux 등(2005)은 노인 여성을 대상으로 지상에서의 고유 수용성감각 자극운동보다 수중운동이 균형능력이 증진된다고 보고하였으며, Volaklis 등(2007)은 심장질환자의 혈중지질과 신체구성에 긍정적 효과가 있다고 하였으며, Bandy 등(2001)은 수중운동이 동적균형과 자세유지를 위해 하지의 근활성도가 높아짐을 보고하였다. 뇌졸중환자를 대상으로 하거나(박정서,

교신저자: 김원복

주소: 712-714 경북 경산시 진량읍 대구대로 201, 전화: 053-850-4322, E-mail: ptkimth@daegu.ac.kr

2012; 배중혁 등, 2005; 이상숙 등, 2007; 한슬기, 2012; Campion, 1998) 관절염환자의 일상생활기능 효과(Suomi 등, 2003), 요통환자의 통증감소 효과(Sugano 등, 2000), 무릎 골관절염환자에 대한 수중운동의 효과(Wang 등, 2011) 등 많은 연구들이 수중운동치료의 효과를 지지하고 있다.

최정근 등(2004)은 건강한 대상자 1800명의 한국인을 대상으로 노력성 폐활량, 일초간 노력성 폐활량 등을 통해 폐활량 예측식을 제시하였으며, 강경희 등(2008)은 수중에서 수심 차이에 따라 여성의 심폐기능을 확인하였고, Masumoto 등(2008)은 지상과 수중에서 같은 속도의 보행이 심박수나 산소 섭취량에서 차이가 난다고 하였으며, 유태원 등(2006)은 신경근육계 질환환자에서 질환에 따라 노력성 폐활량에 차이가 있으며, 환자의 자세에 따라서도 차이가 있음을 보고하였다. 이처럼 수중에서 심폐기능을 확인하거나, 지상에서 조건에 따른 노력성 폐활량을 확인한 연구는 많이 보고되고 있으나, 지상과 수중에서 노력성 폐활량의 변화를 보고한 연구는 아직 미비하다.

본 연구의 목적은 정상성인을 대상으로 하여 지상과 수중에서 노력성 폐활량의 변화를 비교함으로써, 향후 수중운동치료 시 고려할 사항들을 제시하기 위해서이다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자들은 건강한 대학생 20명을 대상으로 실시하였으며, 연구의 목적과 방법을 자세하게 설명한 후, 자발적 참여에 의해 실험참가 동의서에 작성하였다. 연구대상자 선정에서 신경학적 질환이나, 심각한 근골격계 질환, 감기를 앓고 있는 경우는 제외하였으며, 하루 반갑 이상의 흡연자도 제외하였다. 연구 대상자들의 일반적 특성은 표1과 같다.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성 (N=20)

변 수	특 성	
성 별	남	10
	여	10
연 령(세)		22.63±2.20
신 장(cm)		166.77±6.45
체 중(kg)		60.75±5.73
흡연(명)	유	4
	무	16

(M±SD)

2. 실험방법

폐활량 측정장비(Cardio Touch 3000, Bionet, Korea)를 사용하여 노력성 폐활량을 측정하였다. 측정방법은 폐활량측정장비의 설명서에 따라 측정장비의 핸들부위를 손으로 잡고, 마우스피스를 입에 물고서 공기가 새지 않도록 한 다음, 평상시 호흡을 3회에서 5회 정도 하게 하였다. 검사자는 장비모니터에서 평상시 호흡이 확인 된 후, 구두지시로 가능한 한 최대한으로 공기를 많이 들이마신 후 최대한 빠르고 세게 공기를 불어 내신 후 다시 빠르고 세게 들이마시게 하였다. 이를 통해 최대 노력성 호기 곡선(maximal effort expiratory spirogram)을 측정하여 노력성 폐활량(FVC), 1초간 노력성 호기량(forced expiratory volume at one second : FEV1), 1초간 노력성 호기량의 노력성 폐활량에 대한 비(FEV1/FEV), 노력성 폐활량의 25%와 75% 사이의 노력성 호기율(forced expiratory flow 25%~75% : FEF25~75%), 노력성 폐활량의 25%에서의 노력성 호기율(FEF25%), 노력성 폐활량의 50%에서의 노력성 호기율(FEF50%), 최대 호기 속도(peak expiratory flow : PEF)를 측정하였다.

지상에서의 측정에서는 측정시 몸을 앞으로 숙이거나 흔들지 않도록 하게 하여 대상자간 동일한 자세를 유지하도록 하였다. 수중에서의 측정은 가로 2미터 세로 3미터의 수중풀에 물을 가득채운 후, 수심이 흉추 4번 정도의 높이가 되도록 대상자들의 가슴이 물에 잠기도록 하여 측정하였다. 매번 수중풀의 수심을 조절하기 어려워 키가 큰 대상자의 경우 무릎을 살짝 구부려 수심을 가슴높이로 유지하였다(그림 1). 수중풀의 물의 온도는 38도를 유지하였으며, 물안에서의 적응을 위해 대상자들은 수중풀에서 10분 정도 머물게 한 후 측정하였다. 측정 순서는 대상자들에게 수중과 지상의 순서를 무작위로 배정하였으며, 3회 측정하여 평균값을 사용하였다. 반복측정에 의한 피로를 줄이기 위해서 측정 간 휴식시간을 3분으로 하였다.



그림 1. 지상과 수중에서 노력성 폐활량 측정자세

3. 통계방법

측정된 자료는 정규성분포를 검정하기 위해 Kolmogrov-Smirnov 검정을 실시하였으며, 정규성이 확인되어 모수검정을 하였다. 지상과 수중에서의 노력성 폐활량의 변화를 확인하기 위해 대응 T-검정(paired T-test)을 실시하였다. 유의수준은 0.05로 설정하였으며, 통계처리는 SPSS ver 20을 사용하였다.

Ⅲ. 연구결과

지상과 수중에서 노력성 폐활량을 측정한 결과, 노력성 폐활량(FVC)은 지상에서의 값이 수중에서 보다 유의하게 높았으며 ($p<.05$), 1초간 노력성 호기량(FEV1)에서도 지상에서의 값이 수중에서 보다 유의하게 높았다($p<.05$)(표 2). 1초간 노력성 호기량의 노력성 폐활량에 대한 비(FEV1/FEV)와 노력성 폐활량의 25%와 75%사이의 노력성 호기율(FEF25~75%), 노력성 폐활량의 25%에서의 노력성 호기율(FEF25%), 노력성 폐활량의 50%에서의 노력성 호기율(FEF50%), 최대 호기 속도(PEF)에서는 지상과 수중에서의 차이가 없었다(표 2).

Ⅳ. 논 의

본 연구는 지상과 수중에서 정상성인의 노력성 폐활량의 변화를 확인하기 위하여 실시하였다. 노력성 폐활량 평가는 호흡기능 평가에서 가장 기본이 되는 측정값이며, 호흡근육에 약화나 폐질환이 있을 경우 진단과 예후를 확인할 수 있다.

FVC는 가능한 한 최대한 공기를 들이 마신 후에 최대한 빠르고 세게 내 쉰 공기의 양을 의미하며, 만성폐쇄성 폐질환이나 제한성 폐질환 환자들은 이 값이 심하게 감소한다(유태원

등, 2006). 한국인의 정상 폐활량 예측치 연구에서 18세에서 24세의 FVC는 남자 4.86리터, 여자 3.47리터로 확인 되었고, 34세까지는 약간 증가하다가 35세부터는 감소하기 시작하여 65세에서 69세 사이의 FVC는 남자 3.99리터, 여자 2.77리터로 측정되었다(최정근 등, 2004). 본 연구에서는 지상에서 3.64리터로 확인되었다. 기존 연구에서는 18세에서 24세의 남녀평균을 낸다면 대략 4.16리터인데, 본 연구의 지상에서의 값 3.64리터와 차이가 나는 것은 기존 연구에서는 3번의 반복측정에서 가장 큰 값을 제시하였고, 본 연구에서는 3번의 반복측정에서 평균값을 사용하여 재현성을 높이고자 하였기 때문으로 사료된다. 본 연구에서 수중에서의 FVC가 3.18리터로 지상에서 3.64리터의 87.36% 수준으로 나타났다. FVC와 같은 강한 호기에서는 호흡근육의 기능중에서 배주변의 근육의 수축이 특히 중요하다. 호흡 근육 중 강한 호기시 사용되는 호기근은 배곧은근, 배가로근, 배빗근, 속갈비사이근이 있다.

수중에서 몸이 물안에 침수가 되어 있으면, 물의 특성에 의해 정수압이 몸에 가해진다(Campion, 1998). 수압은 수심이 1피트 당 22.4mmHg의 압력이 작용하고, 4피트 깊이의 수압은 탄력 스타킹의 대략 2배 정도의 압력이 발과 발목부위에 적용될 수 있다(Brandy와 Sanders, 2001). 이러한 정수압은 흉벽의 압력을 증가시켜 가슴둘레를 줄이며, 복부에 가해지는 압력을 증가시켜 횡격막의 높이를 증가시킴으로 날숨의 유속과 폐탄성을 떨어뜨린다. 이로 인해 정상 호흡시 폐활량과 전체 폐용적이 5~10% 정도 감소하게 되어 있다(Masumoto 등, 2008). 따라서 수중에서 FVC와 같은 강한 호기는 지상에 비해 더 많은 근육의 작용을 요구하기 때문에 지상에 비해 수중에서의 FVC가 감소한 것으로 사료된다.

FEV₁은 노력성 폐활량을 측정할 때 처음 1초간 내쉰 공기의 양을 나타내는 것으로 호기시 초기부분이므로 기도(airway)의 부분에서의 기능성을 표현한다. 폐쇄성 폐질환의 경우 호기시 작은 기도부분이 빨리 닫힘으로 문제가 되기 때문에 정상에 비해 현저히 줄어든 FEV₁ 통해서 확인할 수 있다. 18세에서 24세 한국인의 FEV₁은 남자 4.32리터, 여자 3.06리터로 남녀평균 3.69리터이며(최정근 등, 2004), 본 연구에서는 지상에서 3.31리터로 확인되었다. 본 연구에서 수중에서의 FEV₁가 2.96리터로 지상에서 3.31리터의 89.42% 수준으로 나타났다. 수중에서의 FEV₁이 낮은 이유도 위의 FVC가 감소한 이유와 같은 정수압으로 인해서 흉벽에 가해지는 압력이 증가하여 가슴둘레가 줄어들고, 기도저항이 증가하여 호기시 유속이 줄어들기 때문으로 사료된다(Masumoto 등, 2008).

FEV₁/FEV은 1초간 노력성 호기량의 노력성 폐활량에 대한 비로써 임상적으로는 폐쇄성 폐질환과 제한성 폐질환을 감별하는데 사용되고 있다(Rao 등, 2012). 폐쇄성 폐질환은 호

표 2. 지상과 수중에서의 노력성 폐활량변화 (N=20)

	지상	수중	t	p
FVC(L)	3.64±.83	3.18±.59	-3.17	.005
FEV ₁ (L)	3.31±.75	2.96±.59	-2.52	.021
FEV ₁ /FVC(%)	91.61±4.42	93.01±3.58	1.33	.198
FEF25~75%(L/s)	4.37±.99	4.21±1.19	-.52	.607
FEF25%(L/s)	6.20±1.23	5.92±1.75	-.67	.507
FEF50%(L/s)	4.84±1.18	4.78±1.24	-.17	.864
PEF(L/s)	6.34±1.29	6.11±1.63	-.58	.565

(M±SD)

기시에 문제가 나타남으로 FEV₁값이 감소하여 FEV₁/FEV₀도 줄어드는 반면, 제한성 폐질환은 호기시의 장애가 아니므로 FEV₁값이 거의 정상에 가까워서 FEV₁/FEV₀가 정상이거나 약간 증가한다(Rao 등, 2012). 18세에서 24세 한국인의 FEV₁/FEV₀는 남자 89.32%, 여자 88.43%이다(최정근 등, 2004). 본 연구에서는 지상에서 91.6%, 수중에서 93%로 수중이 조금 더 높게 나왔으나 유의한 차이는 없었다. 수중에서 FEV₀와 FEV₁이 함께 감소하여서 지상과 차이가 없는 것으로 사료된다.

FEF_{25~75%}는 처음과 마지막 25%를 제외하고 중간 50%의 시간당 공기의 흐름 양을 표현하는 것으로 이 부분은 대상자의 노력 보다는 말단부의 작은 기도의 기능을 확인할 수 있다(Rao 등, 2012). Rao 등(2012)은 천식환자를 대상으로 확인한 결과 FEV₁이 정상이라도 낮은 FEF_{25~75%}는 천식의 심한 정도와 관련이 있다고 하면서, FEF_{25~75%}가 천식의 중증도를 예측하는데 중요한 값이라고 하였다. 본 연구에서는 지상과 수중에서의 값에는 유의한 차이가 없었다. 이를 통해 지상과 수중에서 강한 호기시 호흡기 말단부의 작은 기도의 저항에는 큰 차이가 없는 것으로 사료된다.

연구의 제한점은 대상자수가 20명으로 제한되어 본 연구의 결과를 정상적인 전체로 일반화 하기 어렵다. 또한 대상자에 흡연자도 포함이 되어 있어 흡연에 의한 폐기능의 제한을 확인하기 어려웠다. 또한 물의 깊이를 흉추 4번 정도에 맞췄으나, 대상자마다 일일이 수심을 조절하기 어려워 대상자들이 무릎을 살짝 굽혀 높이를 조절하였다. 측정시 자세로 인한 오연변인을 조절하기 어려웠다. 향후 연령과 흡연 유무에 따라 많은 대상자를 대상으로 몸이 물에 침수되는 깊이를 달리하여 폐기능을 측정하는 것이 필요할 것이다.

V. 결론

본 연구는 건강한 성인 20명을 대상으로 지상과 수중에서 정상성인의 노력성 폐활량의 변화를 확인하기 위하여 실시하였다. 노력성 폐활량(FVC)과 1초간 노력성 호기량(FEV₁)이 수중에서 보다 지상에서의 값이 유의하게 높았다. 수중에서는 정수압에 의해 흉벽과 복부에 가해지는 압력의 증가로 강한 호기시 지상에서 보다 어렵다는 것을 확인시켜 준 것이다. 앞으로 임상에서 수중운동시 환자의 폐기능과 호흡근육의 상태를 확인하여 수심을 적절히 조절하여 치료적 목적을 달성하도록 하여야 할 것이다.

참고문헌

1. 강경희, 박해찬, 윤성진. 수심차이에 따른 수중운동이 좌업생활 여성의 심폐기능과 슬관절 등속성 근기능에 미치는 영향. 한국체육학회지 2008;47(2):411-420.
2. 박정서. 수중 고유수용성감각 자극운동이 편마비 환자의 감각운동능력과 스트레스에 미치는 영향. 대구대학교 박사학위논문 2012.
3. 배중혁, 조영하, 김미현, 등. 수중치료가 뇌졸중 환자의 균형회복에 미치는 영향. 대한건강과학회지 2005;2(3):57-75.
4. 유태원, 강성웅, 문재호, 등. 신경근육계 질환 종류에 따른 자세와 노력성 폐활량과의 상관관계. 대한재활의학회지 2006;30(1):80-85.
5. 이상숙, 이완희, 손애리, 등. 수중운동프로그램이 뇌졸중 환자의 일상생활동작과 활동체력 및 혈중지질에 미치는 영향. 한국스포츠리서치학회 2007;18(4):243-252.
6. 최정근, 백도명, 이정오. 한국인의 정상 폐활량 예측치. Tuberculosis and Respiratory Diseases 2005;58(3):230-242.
7. 한슬기. 수중과 지상에서의 고유수용성 감각 운동프로그램이 만성 뇌졸중 환자의 균형능력에 미치는 효과 비교의 연구. 을지대학교 대학원 석사학위논문. 2012.
8. Bandy WD, Sanders B. Therapeutic exercise. Lippincott Williams & Wilkins. 2001:295-331.
9. Campion M. Hydrotherapy principles and practice. Oxford, Butterworth Heinemann. 1998.
10. Devereux K, Robertson D, Briffa NK. Effects of a water-based program on women 65 years and over: a randomised controlled trial. Aust J Physiother. 2005;51(2):102-108.
11. Wang TJ, Lee SC, Liang SY, et al. Comparing the efficacy of aquatic exercises and land-based exercises for patients with knee osteoarthritis. J Clin Nurs. 2011;20(17-18):2609-2622.
12. Masumoto K, Shono T, Hotta N, et al. Muscle activation, cardiorespiratory response, and rating of perceived exertion in older subjects while walking in water and on dry land. J Electromyogr Kinesiol. 2008;18(4):581-590.
13. Rao DR, Gaffin JM, Baxi SN, et al. The utility of forced expiratory flow between 25% and 75% of vital capacity in predicting childhood asthma morbidity and severity. J Asthma. 2012;49(6):586-592.
14. Sramek P, Simeckova M, Jansky L, et al. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. Eur J Appl Physiol. 2000;81(5)

- :436-442.
15. Sugano A, Nomura T. Influence of water exercise and land stretching on salivary cortisol concentrations and anxiety in chronic low back pain patients. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 2000;19(4):175-180.
 16. Suomi R, Collier D. Effects of arthritis exercise programs on functional fitness and perceived activities of daily living measures in older adults with arthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84(11):1589-1594.
 17. Powers SK, Hawley ET. *Exercise physiology : theory and applications to fitness and performance.* 6rd ed. McGrawHill ; 2008.
 18. Volaklis KA, Spassis AT, Tokmakidis SP. Land versus water exercise in patients with coronary artery disease: effects on body composition, blood lipids, and physical fitness. *Am Heart J.* 2007;154(3):560-566.