

Original Article

Open Access

뇌졸중 환자의 배근력과 호흡기능의 상관관계

강태욱 · 이재석¹ · 한동욱[†]

위크재활의학과병원 물리치료실, ¹신라대학교 물리치료학과

The Correlation between Abdominal Muscle Strength and Respiratory Function in Stroke Patients

Tae-Wook Kang · Jae-Seok Lee¹ · Dong-Wook Han[†]

Department of Physical Therapy, Walk Rehabilitation Hospital

¹Department of Physical Therapy, Silla University

Received: June 9, 2019 / Revised: July 3, 2019 / Accepted: July 3, 2019

© 2019 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: This study aimed to investigate the correlation between abdominal muscle strength and measures of respiratory function in stroke patients.

Methods: The study participants comprised 17 (male: 12, female: 5) stroke patients hospitalized at W rehabilitation hospital in Busan, South Korea. Abdominal muscle strength was assessed using a digital manual dynamometer for 5 seconds contacting the sternal notch of the participants to bend the trunk. Respiratory function (forced vital capacity, forced expiratory volume in one second, forced expiratory volume in one second/forced vital capacity, and peak expiratory flow) was assessed using a spirometer. The collected data were analyzed using Pearson's correlation analysis, and the significance level was set 0.05.

Results: A statistically significant correlation was found between abdominal muscle strength and forced vital capacity, forced expiratory volume in one second, and peak expiratory flow. However, abdominal muscle strength and forced expiratory volume in one second/forced vital capacity were not significantly correlated.

Conclusion: This study demonstrated that there is a relationship between abdominal muscle strength and respiratory function. Exercise programs to strengthen the abdominal muscles are therefore necessary to improve respiratory function in stroke patients.

Key Words: Stroke, Abdominal muscle strength, Respiratory function

[†]Corresponding Author : Dong-Wook Han (dwhan@silla.ac.kr)

I. 서론

뇌혈관질환에 의한 사망률은 악성신생물과 심장질환에 이어 3위이지만, 단일질환으로서는 사망률이 1위에 해당될 정도로 많은 질환이다(Statistics Korea, 2015). 대표적인 뇌혈관질환인 뇌졸중은 뇌 혈류에 문제가 발생하여 신경학적 증상이 나타나면서 신체활동에 제한을 발생시키는 질환이다(Kolb et al., 2011). 이러한 뇌졸중 환자의 50~70%는 독립적인 일상생활이 가능할 정도로 신체기능이 회복될 수 있지만, 15~30%의 환자는 누군가의 도움이 필요한 장애를 가지게 된다(Roger et al., 2012). 일반적으로 뇌졸중환자에서 볼 수 있는 신체기능부전은 운동과 감각기능의 저하로 인해 발생하며, 이로 인한 몸통의 비대칭 및 비정상적인 정렬은 균형 및 협응 장애를 초래해 일상생활능력의 장애를 야기한다(Frownfelter & Dean, 2006). 또한 뇌졸중의 질병특성상 장기간의 침상생활이 불가피하며 이로 인한 신체 움직임 제한은 심혈관계의 기능 저하를 초래하는 원인이 된다(Ferretti et al., 1998). 이러한 심폐기능의 장애는 신체활동을 더욱 제한하여 일상생활능력을 더욱 저하시킨다(Macko et al., 2005). 따라서 뇌졸중 환자의 일상생활능력을 향상시키기 위해서는 신체기능증진과 더불어 적절한 폐활량을 유지하기 위한 치료가 병행되어야 한다(Frownfelter & Dean, 2006). 하지만 뇌졸중 환자의 경우에는 만성폐질환과 같은 호흡질환에서 볼 수 있는 전형적인 증상이 잘 나타나지 않기 때문에 뇌졸중 발병 이후 환자를 치료할 때 호흡 문제가 간과되는 경향이 있다(Sutbeyaz et al., 2010).

호흡은 공기와 신체 조직 사이에서 일어나는 산소와 이산화탄소의 배출 과정을 말하는데(Sherwood, 2010), 이러한 배출과정은 호흡근의 조절에 의해 이루어지고 있다(Pryor & Prasad, 2002). 평상시 호흡은 보통 가로막과 바깥갈비사이근의 수축과 이완에 의해 발생하지만 좀 더 깊은 호흡을 할 때는 목빗근, 앞뿔니근, 등세모근, 목갈비근 등과 같은 들숨 보조근과 배곧은근, 배가로근, 배속빗근, 배바깥빗근, 속갈비사이근과 같은 날숨근육들이 작용하게 된다(Cameron et al., 2007).

따라서 호흡근들에 대한 운동을 통해 호흡근의 근력과 지구력을 향상시키는 것은 호흡기능의 향상에 긍정적인 효과가 있을 것으로 기대할 수 있다(Carr & Jones, 2003).

현재 호흡기능을 향상시키기 위해 많은 연구가 이루어지고 있는데, Sutbeyaz 등(2010)은 뇌졸중 환자에게 6주간 들숨근 강화운동을 실시하여 폐 기능과 운동 수행력, 일상생활수행능력이 향상되었다고 하였으며, Britto 등(2011)은 뇌졸중 환자에게 최대흡기 압력의 30% 저항을 이용하여 들숨근 강화운동을 한 결과 들숨근의 근력과 지구력이 증가되었다고 하였다. 이와 같이 기존의 연구들은 들숨근 강화를 통한 호흡기능에 초점이 맞추어진 반면 날숨근의 중요성은 간과되고 있는 실정이다. Annoni 등(1990)은 폐활량 감소가 호흡근 즉, 들숨근과 날숨근 모두의 약화로 인해 발생하기 때문에 들숨과 날숨 모두를 증가시키는 중재가 필요하다고 하였다. 이와 일치하게 Choi (2013)는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 몸통안정화운동을 6주간 실시한 결과 복부심부근육의 두께가 증가되고 폐 기능이 향상되었음을 보고하면서 호흡기능을 향상시키기 위해서는 날숨근육인 배근육에 대한 운동 역시 필요하다고 하였다.

하지만 기존의 연구는 대부분 호흡과 관련된 근력을 증진시킨 후 호흡기능이 향상되는지를 알아보는 연구들로서 보다 근본적 문제인 배근력과 호흡기능과의 관련성을 알아보고자하는 연구는 매우 부족한 상황이다. 특히 뇌졸중 환자를 대상으로 배근육의 근력과 호흡기능과의 관련성을 알아보고자 한 연구는 거의 전무한 상태이다. 따라서 본 연구는 뇌혈관질환으로 인해 발생한 호흡근의 근력약화가 호흡기능 저하와 관련이 있는지를 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 부산시 소재 ○○재활병원에 뇌졸중으로 진단받고 입원 치료 중인 환자 20명이었

다. 해당기관의 공고게시판을 이용하여 연구의 목적과 대상자 모집에 관련된 내용을 공고하였으며, 자발적으로 연구에 참여하기로 동의한 뇌졸중 환자 중 본 연구의 대상자 선정기준에 부합한 대상자를 선정하였다. 연구과정에서 호흡기능평가에 어려움을 호소한 3명이 중도 탈락하여 17명의 대상자가 최종 선정되었다. 연구대상자의 선정기준은 한국형 간이 정신 상태 검사(mini mental examination-Korean, MMSE-K) 점수가 24점 이상인 환자, 뇌졸중을 진단받은 지 6개월 이상에서 2년 미만인 환자, 폐질환으로 호흡치료를 받고 있지 않은 환자, 정형외과적 질환이 없는 환자를 대상으로 하였다.

2. 측정방법 및 절차

1) 배근력 측정

본 연구에 참여한 뇌졸중 환자의 배근력을 측정하기 위해 디지털 근력측정기(MicroFET2, HOGGAN, USA)를 사용하였다(Fig. 1). 디지털 근력측정기는 급내 상관계수(intraclass correlation coefficient, ICC) 값이 몸통 굽힘 시 0.94로 매우 신뢰성이 높고(Aguar et al., 2016), 검사결과와 수치화로 인해 객관적이며, 휴대할 수 있다는 장점이 있다. 배근력의 측정자세는 의자에 바로 앉은 자세에서 양손을 대퇴부 위에 놓이도록 하였다. 그 다음 검사자가 대상자의 복장패임(strenal notch)에 디지털 근력측정기를 대고 최대한 몸통을 굽힘 하도록 구두 지시를 하였으며, 5초간 몸통 굽힘 동안 측정된 최댓값(peak)을 사용하였다(Fig. 2). 분석에 사용한 값은 3회 측정값의 평균값이었다.

2) 호흡기능 측정

본 연구에 참여한 뇌졸중 환자의 폐활량을 측정하기 위해 폐활량 측정기(Cardio7-S, BIONET, Korea)를 사용하였다. 정확한 측정을 위해 대상자에게 충분한 설명과 측정자의 시범을 보여주었으며, 환자의 숙지 정도를 파악한 후 폐활량을 측정하였다. 대상자는 등



Fig. 1. Digital manual dynamometer.



Fig. 2. Abdominal muscle strength test.

받이가 있는 의자에 엉덩관절과 무릎관절을 90° 굽힘하여 앉은 자세에서 코마개와 1회용 호흡필터를 사용하여 노력성폐활량(FVC), 1초간노력성날숨량(FEV₁), 1초간노력성날숨량의 노력성폐활량에 대한 비(FEV₁/FVC), 최대날숨속도(PEF)를 측정하였다. 호흡기능의 측정은 3회 이상 검사하여 가장 큰 값을 사용하였다(ATS, 2002).

3. 자료처리 및 분석

본 연구는 뇌졸중 환자의 배근력과 호흡기능과의 관련성을 알아보려고 한 것으로서 먼저 대상자의 일

반적 특성, 배근력, 호흡기능은 기술통계를 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 본 연구의 대상자는 총 17명이었기 때문에 샤피로-윌크스 검정(Shapiro-Wilk's test)을 이용해 정규성 검정을 하였으며, 정규성이 충족되어 모수통계인 피어슨(Pearson)의 상관분석을 실시하였다. 통계처리는 Window용 SPSS version 22.0을 사용하였으며, 통계적 유의수준 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에는 뇌졸중 환자 17명(남자 12명, 여자 5명)이 참여하였으며, 평균 연령은 59.53세, 평균 신장은 166.82cm, 평균 체중은 67.06kg 이었다(Table 1).

2. 뇌졸중 환자의 배근력과 호흡기능

연구에 참여한 뇌졸중 환자의 배근력은 평균 13.42lb 이었다. 또한 노력성폐활량(FVC)은 2.39ℓ, 1초간노력성날숨량(FEV₁)은 2.15ℓ, 1초간노력성날숨량의 노력성폐활량에 대한 비(FEV₁/FVC)는 89.66%, 최대날숨속도(PEF)는 4.46ℓ이었다(Table 2).

3. 뇌졸중 환자의 배근력과 호흡기능의 상관관계

뇌졸중 환자의 배근력과 호흡기능의 상관관계를 분석한 결과 배근력과 FVC ($r=0.62$, $p<0.01$), FEV₁ ($r=0.54$, $p<0.05$), PEF ($r=0.59$, $p<0.05$)는 각각 보통의 양의 상관성을 보였다. 반면 FEV₁/FVC는 유의한 상관성을 보이지 않았다(Table 3).

Table 1. General characteristics of subjects (n=17)

Characteristics	Mean±SD
Gender (M/F)	12/5
Age (years)	59.53±11.64
Height (cm)	166.82±7.73
Body weight (kg)	67.06±11.03

Table 2. Measurement of abdominal muscle strength and respiratory function (n=17)

Variable	Mean±SD
AMS (lb)	13.42±3.88
FVC (ℓ)	2.39±0.66
FEV ₁ (ℓ)	2.15±0.57
FEV ₁ /FVC (%)	89.66±7.55
PEF (ℓ/s)	4.46±1.34

AMS: abdominal muscle strength, FVC: forced vital capacity, FEV₁: forced expiratory volume in one second, PEF: peak expiratory flow

Table 3. Correlation between abdominal muscle strength and respiratory function

	AMS	FVC	FEV ₁	FEV ₁ /FVC	PEF
AMS	1				
FVC	0.62**	1			
FEV ₁	0.54*	0.97**	1		
FEV ₁ /FVC	-0.48	-0.47	-0.26	1	
PEF	0.59*	0.73**	0.80**	-0.19	1

* $p<0.05$, ** $p<0.01$ AMS: abdominal muscle strength, FVC: forced vital capacity, FEV₁: forced expiratory volume in one second, PEF: peak expiratory flow

IV. 고 찰

뇌졸중 환자는 장기간의 침상생활로 인해 신체활동이 감소하고(Roth, 1994), 이로 인해 움직임의 제한이 발생하여 마비측 움직임 감소와 심폐기능의 약화가 발생한다(Kolb & Gibb, 2007). 선행연구에서는 뇌졸중 환자의 호흡기능 즉, 최대흡입량과 날숨량이 건강한 성인의 절반수준임을 확인하였고, 이에 따라 뇌졸중 환자에 대한 치료프로그램에 호흡근을 강화하는 운동이 포함되어야 함을 지적하고 있다(Britto et al., 2011; Messaggi-Sartor et al., 2015). 따라서 본 연구는 뇌졸중 환자의 날숨근인 배근육의 근력과 호흡기능과의 관련성을 확인하여 날숨근 강화 운동의 필요성을 제시하고자 하였다.

본 연구에서 사용한 측정변인은 배근육의 근력과 호흡기능 가운데 최대노력성폐활량(maximal-effort expiratory capacity, MEEC)이었다. 배근육은 가장 대표적인 날숨근이라고 할 수 있다. 또한 최대노력성폐활량은 피험자의 노력이 필요한 호흡기능으로서 날숨근이 강하게 작용해야 하는 호흡이기 때문에 뇌졸중 환자에서 볼 수 있는 날숨근 즉, 배근육의 근력약화를 대변할 수 있는 유용한 변인이라고 할 수 있다. 최대노력성폐활량은 노력성폐활량, 1초간노력성날숨량, 1초간노력성날숨량과 노력성폐활량의 비율, 최대날숨속도의 항목으로 구성되어 있다.

본 연구 결과는 뇌졸중 환자의 배근력이 강할수록 노력성폐활량, 1초간노력성날숨량, 최대날숨속도가 증가하는 유의미한 양의 상관관계를 보였다. Kim (2004)은 노력성폐활량이 몸통의 근력과 매우 밀접한 관계가 있다고 보고하였다. 또한 Miller 등(2005)은 노력성폐활량과 1초간노력성날숨량이 기도저항과 높은 상관관계가 있다고 보고하였다. 따라서 본 연구결과와 같이 배근력이 강할수록 노력성폐활량이 증가한다는 것은 대표적 날숨근인 배근육의 근력이 기도저항을 이길 정도로 강하다는 것을 의미하며, 그로 인해 날숨이 강하게 나타난 것이라고 할 수 있다. 또한 1초간노력성날숨량은 전체 노력성폐활량 가운데 1초 내

에 배출된 날숨량을 의미하기 때문에 날숨근인 배근육의 근력이 강할수록 증가하는 양의 상관관계를 보인 것이라고 판단할 수 있다. 이러한 결과는 Song과 Kim (2009)의 연구결과와 유사한 것으로 그들은 수중에서 뇌졸중 환자를 대상으로 PNF 상지 및 하지 패턴을 이용한 운동프로그램을 적용한 결과 폐기능 특히, 노력성폐활량이 증가하였다고 보고하면서 수중운동이 호흡근의 근력을 향상시킨 결과라고 설명하였다. Kim 등(2012)은 날숨훈련기를 이용해 호흡운동을 시킨 결과 노력성폐활량과 1초간노력성날숨량이 증가하였다고 보고하면서 날숨근의 근력증가가 호흡기능을 향상시킨 것이라고 판단하였다. 따라서 본 연구에서 날숨근의 대표적인 근육인 배근육의 근력이 강하면 날숨기능 역시 강하다는 양의 상관관계가 있다는 결과가 나온 것이라고 판단할 수 있다.

반면, 본 연구의 결과에서 노력성폐활량에 대한 1초간노력성날숨량 비는 통계적으로 유의미한 결과를 보이지 않았다. 노력성폐활량에 대한 1초간노력성날숨량의 비율은 기도의 폐쇄 정도를 예측할 수 있으며, 70% 이하일 때 폐쇄성 폐질환을 진단하는 지표로 사용되고 있다(Dechman & Wilson, 2004). 날숨근력의 증가는 날숨시 배내압을 증가시켜 신체의 외부로 공기를 많이 배출하게된다. 이는 본 연구 결과에도 나타나 있듯이 배근력의 증가는 노력성폐활량, 1초간노력성날숨량, 최대날숨속도와 양의 상관관계를 이루고 있는 것을 확인할 수 있다. 하지만 노력성폐활량에 대한 1초간노력성날숨량의 비율은 실제 배출된 공기의 양을 뜻하는 것이 아니라, 개개인의 폐활량에 따른 1초간 배출된 공기의 비율을 확인하는 수치이기 때문에 대상자마다 가지고 있는 신체적인 특성을 고려하면 유의한 상관성이 없을 수 있다고 사료된다.

최대날숨속도는 노력성으로 날숨할 때 발생하는 단위시간 당 공기 유속 가운데 가장 큰 유속을 의미하며, 최대날숨속도의 증가는 호흡근 특히 날숨근의 근력이 강하다는 의미를 내포하고 있다(Lanini et al., 2003). 본 연구 결과를 보면 배근력과 최대날숨속도 사이에 양의 상관관계가 있었다. 최대날숨속도는 공

기를 최대한 들이마신 상태에서 최대한 힘껏 내뿔을 때의 유속을 말하는데, 최대날숨속도는 가슴우리의 확장을 방해할 수 있는 질환, 호흡근과 신경계 질환이 있는 경우에 감소되는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 1998). Seo (2012)는 호흡훈련을 실시한 결과 최대날숨속도가 높게 증가되었다고 보고하면서, 날숨근에 대한 저항운동이 날숨근의 근력을 증가시켰고, 배근육의 강한수축이 가슴우리를 아랫방향으로 빠르고 강하게 당겨 가슴우리 내압을 증가시킨 결과라고 하였다. 일반적으로 최대날숨속도에 대한 배근력의 영향은 두 가지로 나누어 설명이 가능하다. 먼저 배근육은 날숨시 잔기량을 감소시켜 들숨시 새로운 공기를 더 많이 들여 마실 수 있게 하고, 날숨량의 증가는 날숨시 단위 시간 당 유속을 빠르게 하는 원동력이 될 수 있다. 두 번째로 배근육이 강하게 수축하면 배내압이 강하고 빠르게 상승되고, 이러한 배내압의 증가는 가로막을 강하게 밀어올려 폐에 압력을 증가시킨다(Lee, 2008). 결과적으로 폐가 받는 압력으로 인해 날숨속도가 증가되는 결과가 생긴다고 할 수 있다.

반면 본 연구는 대상자 수가 17명으로 적어 전체 뇌졸중 환자로 확대 해석하기에는 어려움이 있고, 남성 환자의 비율이 높았기 때문에 성별에 따른 근력 및 호흡패턴의 특성을 반영하지 못하였다는 한계가 있다. 또한 본 연구는 일반적으로 뇌졸중 환자는 질환의 특성상 배근육 역시 약화되어 있기 때문에 바로 누운자세에서 중력과 저항을 이기고 상체를 들어올리기 어렵다는 문제를 고려하여 앉은 자세에서 배근육의 근력을 측정하였는데, 이 자세는 근력 측정시 상체의 무게와 엉덩관절의 굽힘근육의 작용을 배제하기 어렵다는 한계가 있다. 따라서 차후에는 배근력을 측정할 때 예를 들어 경사가 가능한 침대를 사용해 몸통의 각도를 점차 올리면서 환자 스스로가 중력과 저항을 극복하고 몸통을 들어 올릴 수 있는 각도를 확인한 다음, 그 각도에서 배근육의 근력을 측정하는 것과 같이 좀더 순수하게 배근육의 근력을 측정할 수 있는 방안을 강구해야 할 것으로 사료된다. 결과적으로 본 연구의 결과에 대한 신뢰성을 높이기 위해서는 성별

을 고려하고 더 많은 환자를 대상으로 순수한 배근육의 근력을 측정한 후 호흡기능과의 관련성을 확인하는 연구가 부가적으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자 17명을 대상으로 배근력과 호흡기능 간에 상관관계가 있는지를 알아보고자 하였다. 그 결과 배근력이 증가하면, 노력성폐활량, 1초간 노력성날숨량, 최대날숨속도가 증가하는 유의한 상관관계가 있었다. 따라서 뇌졸중 환자의 배근육을 강화시키는 것이 치료에 중요한 한 부분이 되어야 하며, 뇌졸중 환자의 호흡기능 증진을 위한 배근육 강화 프로그램 역시 치료 프로그램에 포함되어야 할 것으로 생각된다.

Reference

- Aguiar LT, Martins JC, Lara EM, et al. Dynamometry for the measurement of grip, pinch, and trunk muscles strength in subjects with subacute stroke: reliability and different number trials. *Brazilian Journal of Physical therapy*. 2016;20(5):395-404.
- American Thoracic Society. ATS statement: Guideline for the 6min walking test. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2002;166(1):111-117.
- Annoni JM, Ackermann D, Kesselring J. Respiratory function in chronic hemiplegia. *International disability studies*. 1990;12(2):70-80.
- Britto RR, Rezende NR, Marinho KC, et al. Inspiratory muscular training in chronic stroke survivors: a randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2011;92(2):184-190.
- Cameron MH, Monroe LG. Physical rehabilitation: evidence based examination, evaluation, and intervention.

- Philadelphia. Saunders. 2007.
- Carr M, Jones J. Physiological effects of exercise on stroke survivors. *Topics in stroke rehabilitation*. 2003; 9(4):57-64.
- Choi YC. The effects of trunk stabilization exercise on deep abdominal muscles thickness and pulmonary function in chronic stroke patient. Young In University. Dissertation of Master's Degree. 2013.
- Dechman G, Wilson CR. Evidence underlying breathing retraining in people with stable chronic obstructive pulmonary disease. *Physical Therapy*. 2004;84(12): 1189-1197.
- Ferretti G, Girardis M, Moia C, et al. Effects of prolonged bed rest on cardiovascular oxygen transport during submaximal exercise in humans. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1998;78(5):398-402.
- Frownfelter D, Dean E. Cardiovascular and pulmonary physical therapy. Evidence and practice, 4th ed. Philadelphia. Mosby. 2006.
- Kim BJ. The effects of forceful respiratory exercise on the gait parameters in hemiplegic patients. Daegu University. Dissertation of Doctorate Degree. 2004.
- Kim MC, Kwon KB, Yim DH, et al. The normal predicted value of peak expiratory flow (pef) measured by the peak flow meter and correlation between pef and other ventilatory parameters. *Tuberculosis and Respiratory Diseases*. 1998;45(5):1000-1011.
- Kim MH, Lee WH, Yun MJ. The effects on respiratory strength training on respiratory function and trunk control in patient with stroke. *The Journal of the Korean Society of Physical Therapy*. 2012;24(5):340-347.
- Kolb B, Gibb R. Brain plasticity and recovery from early cortical injury. *Developmental psychobiology*. 2007; 49(2):107-118.
- Kolb B, Mychasiuk R, Williams P, et al. Brain plasticity and recovery from early cortical injury. *Developmental medicine & child neurology*. 2011;53(4):4-8.
- Lanini B, Bianchi R, Romagnoli I, et al. Chest wall kinematics in patients with hemiplegia. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2003;168 (1):109-113.
- Lee BG. Effects of combined exercises of walking and lumbar stabilization on pulmonary function and lumbar deep muscle of chronic low-back painful patient. Korea University. Dissertation of Master's Degree. 2008.
- Macko RF, Ivey FM, Forrester LW, et al. Treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and cardiovascular fitness in patients with chronic stroke: a randomized, controlled trial. *Stroke*. 2005;36(10): 2206-2211.
- Messaggi-Sartor M, Guillen-Sola A, Depolo M, et al. Inspiratory and expiratory muscle training in subacute stroke: a randomized clinical trial. *Neurology*. 2015;85(7): 564-572.
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, et al. Standardisation of spirometry. *European respiratory journal*. 2005; 26(2):319-338.
- Pryor JA, Prasad SA. Physiotherapy for respiratory and cardiac problems, 3rd ed. Singapore. Churchill Livingstone. 2002.
- Roger VL, GO AS, Lloyd-Jones DM, et al. Heart disease and stroke statistics-2012 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2012;125 (1):e2-e220.
- Roth EJ. Heart disease in patients with stroke. Part II: impact and implications for rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1994;75(1): 94-101.
- Seo KC. The effect of pulmonary function and respiratory muscle activity in the stroke patients after complex breathing exercise. Daegu University. Dissertation of Doctorate Degree. 2012.
- Sherwood L. Human physiology: from cells to systems. 7th

ed. Belmont. Brooks/cole. 2010.

Song JM, Kim SM. The effect of aquatic exercise on the improvement of physical and pulmonary function after stroke. *The Journal of the Korean Society of Physical Therapy*. 2009;21(2):15-22.

Statistics Korea. Cause of death statistics in 2014. Statistics

Korea. 2015.

Sutbeyaz St, Koseoglu F, Inan L, et al. Respiratory muscle training improves cardiopulmonary function and exercise tolerance in subjects with subacute stroke: a randomised controlled trial. *Clinical rehabilitation*. 2010;24(3):240-250.