

점진적인 속도의 수중보행훈련이 뇌졸중 환자의 보행 및 폐 기능에 미치는 영향

https://doi.org/10.32337/KACPT.2025.13.3.1

대한심장호흡물리치료학회지 제13권 제3호 2025, PP.1-8

■ 박재호^{1*}

■ ¹충남대학교병원 재활센터

Effects of Progressive Velocity Underwater Gait Training on Gait Abilities and Pulmonary Functions in Stroke Patients

Jae-Ho Park^{1*}

¹Rehabilitation Center, Chungnam National University Hospital

Purpose: The purpose of this study was to investigate the effects of progressive velocity underwater gait training on gait abilities and pulmonary functions in patients with stroke. **Methods:** All subjects were randomly divided into three groups: Progressive velocity underwater gait training group(PUG)(n=14), comfortable speed underwater gait training group(CUG)(n=13) and control group(n=11). Subjects received underwater gait training for 30 minutes, three times a week for six weeks. And all subjects had undergone general physical therapy for 30 minutes, five times a week for six weeks. Subjects were assessed for gait abilities and pulmonary functions pre-and post-intervention. **Results:** The study results showed that all subjects showed significant differences in all measurements post-intervention($p<.05$). Additionally, PUG was found to significantly improve in all areas except 10 meter walking test (10MWT) compared to CUG, and CUG showed significant differences all areas except Forced expiratory volume in one second(FEV₁) compared to the control group($p<.05$). **Conclusion:** These results suggest that progressive velocity underwater gait training may be effective strategy to improve gait abilities and pulmonary functions for with stroke.

Key words: Gait, Pulmonary function, Rehabilitation.

Received: April 21, 2025 / **Revised:** May 06, 2025 / **Accepted:** May 20, 2025

I. 서론

호흡이란 인체에서 혈액을 이용하여 산소와 이산화탄소의 가스교환의 형태로 인간이 살아가는데 생명과 직접적인 관계가 있으며, 인간이 살아가는데 필수기능 중 하나이다(Power 와 Hawley, 2008). 하지만 뇌졸중 환자는 균형 및 보행 장애로 인하여 단순한 이동 능력뿐만 아니라 심폐기능에 영향을 미치는데 이러한 변화는 일상생활의 제약뿐만 아니라 사회적 참여의 기회를 감소시키게 된다(Seo 와 Yang, 2021). 또한 뇌졸중 환자의 보행 장애는 전반적인 신체활동과 활동량을 감소시키며 그로인해 호흡 기능저하와 함께 잦은 피로감과 지구력저하를 나타낸다(Park 등, 2016). 이러한 이유로 뇌졸중 환자의 신체기능뿐만 아니라 지구력과 폐 기능 개선의 필요성이 강조되고 있다(Sutbeyaz 등, 2010). 최근 뇌졸중 환자의 호흡 기능 개선을 위하여 최근 다양한 훈련 방법과 강도 높은 유산소운동이 복합적으로

로 적용되고 있다(Lee와 Yoo, 2023).

수중운동은 물의 다양한 생리적 효과와 신체적 효과를 활용하여 뇌졸중 환자의 보행 및 폐 기능 향상에 많은 긍정적인 변화를 제공할 수 있다. 특히 수중운동은 낙상의 위험성이 매우 낮아 환자에게 심리적인 안정감을 제공하며 지상에서보다 적은 힘으로 다양한 기능적 활동을 효과적으로 수행 할 수 있다(Matsumoto 등, 2016). 이러한 장점은 부력, 정수압, 점성과 같은 물의 다양한 특성으로 인한 변화로 근육과 관절에 가해지는 신체적 스트레스가 감소하여 신체의 움직임 지상에서보다 부드럽게 움직일 수 있게 도와준다. 또한, 이러한 물의 특성으로 인한 이점은 신체적 안정성을 제공하여 그로인하여 근 긴장을 감소시켜 자세 조절을 향상 시키는 결과를 이끌어낼 수 있다(Park & Chung, 2018). 이에 Masumoto 등(2014)의 연구에 따르면 수중보행훈련이 하지 근력향상과 함께 보행 능력의 회복에 매우 효과적인 중재방법임을 증명하였다. 특히, 고관절 신근, 무릎 신근, 발바닥 굽힘근의

교신저자: 박재호

주소: 대전광역시 중구 문화로 282, 충남대학교병원 재활센터, E-mail. pjh1229-@hanmail.net

근력향상은 보행속도의 향상에 매우 효과적이었음을 나타내었다. 또한 Park 과 Chung(2018)의 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 수중운동이 하지근력의 향상을 토대로 균형 능력과 보행 능력이 향상을 나타내는 결과를 나타내었다. 이후 연구에서는 수중운동이 뇌졸중 환자의 보행능력의 향상뿐만 아니라 최종적으로 뇌졸중 환자의 운동기능과 심폐기능 개선에 매우 효과적이라고 보고하였다(Nam 등, 2004). 이후 Song 과 Kim(2009)의 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 10주간의 수중운동을 적용하여 심폐기능 향상의 결과를 나타내며 수중운동이 심폐기능의 향상에 효과적인 중재 방법임을 증명하였다. 또한 최근 연구에서는 강도 높은 훈련을 통하여 뇌졸중환자의 신체기능 및 지구력 회복을 위하여 유산소운동을 적용하여 효과적인 신체회복을 기대하였다. 운동의 강도를 높이는 방법으로 중재 속도의 증가를 그 예로 들 수 있는데 보행속도는 증가할수록 에너지 소비량이 증가하는 것이 보편적이다. 이러한 보행속도의 증가는 보행패턴의 변화뿐 아니라 전반적인 근 수행능력을 높이는 데 매우 효과적이라고 보고하였다(Chan 등, 2013). 이러한 근거로 Hesse등(2001)은 트레드밀을 활용한 빠른 속도의 보행훈련이 항중력근을 활성화시키는데 매우 효과적이고, 이동효율을 증가시킨다고 언급하였다. 이후 Lee(2015)의 연구에서는 보행속도의 인위적 변화가 에너지 소비량과 산소 소비량 등의 변수에서 유의한 효과를 나타낸다고 언급하였다. 또한 Jung등(2018)의 연구에서는 보행속도의 적용 방식에 따른 호흡기능의 변화를 연구하여 강도 높은 신체적 기능 회복을 위해서는 중재속도변화의 필요성을 암시하였다. 하지만 수중보행훈련에 관한 중재 속도의 변화를 준 연구는 소수에 불과하며 뇌졸중 환자의 보행능력과 심폐기능의 변화를 측정하는 연구는 없었다. 또한 지상에서의 보행훈련에 따른 심폐기능과 보행능력의 변화는 다수 연구가 존재하였으나 수중보행훈련을 중재로 한 연구는 부족하였다. 따라서 본 연구는 점진적인 속도의 수중보행훈련이 뇌졸중환자의 보행능력과 심폐기능에 미치는 영향을 알아보고 효과적인 수중재활의 방법을 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 뇌졸중 진단을 받은 총 45명의 참가자로 충남대학교 병원 재활센터에 입원한 환자를 대상으로 연구를 진행하였다. 훈련을 시작하기 이전 연구에 관하여 충분한 설명을 거친 후 자발적으로 동의를 얻은 후 연구를 시작하였다. 자연적 회복으로 인한 연구 결과의 오차를 줄이기 위해 뇌졸중 발병 기준 6개월 이상의 환자로 연구를 진행하였다. SPSS ver. 25.0 program (IBM Co., Armonk, NY, USA)의 무작위 추출법을 활용하여 세 그룹

으로 배정하여 연구를 진행하였다. 연구에 참여한 대상자의 선정 조건은 다음과 같은 기준으로 모집하였다: (1) 10m 이상 그리고 6분 이상 독립적으로 걸을 수 있는 보행능력 (2) 치료사의 지시와 평가에 대한 이해도가 높으며 의사소통이 원활한 인지능력 (minimum Mini-Mental State Examination score 24) (3) 의학적으로 안정적이며 개방성 골절과 같은 정형외과적 질병이 없는 환자로 하였다. 또한 뇌졸중을 진단받지 않은 환자는 제외하였다. 연구에 참여한 대상자들의 일반적인 특징은 Table 1에 상세히 제시하였다. 본 연구에서는 45명의 환자 중 7명이 퇴원 및 컨디션 저하 등의 개인적인 이유로 훈련 도중 중도탈락 하였다. 연구결과와 객관성을 높이기 위하여 훈련을 시작하기 전 사전평가를 실시하였으며 6주후에 사후평가를 실시하였다. 정확하며 객관적인 평가를 위해 최소 3년 이상의 경력을 가진 치료사가 평가를 실시했으며, 훈련을 실시하는 치료사와 평가를 실시하는 치료사를 각 각 다르게 지정하여 연구 결과에 영향을 줄 수 있는 오차를 방지하였다.

본 연구는 삼육대학교 생명윤리위원회(2-1040781-AB-N-01-2016112HR)의 승인을 받았으며, 모든 참여자는 연구를 진행하기 이전 연구에 대한 자세한 설명을 듣고 동의서에 서명하였으며, 대상자의 모집과 연구의 절차는 Figure 1에 그 과정을 제시하였다.

2. 중재 방법

(1) 점진적인속도의 수중보행훈련(PUG)

점진적인 속도의 수중보행훈련군(Progressive velocity underwater gait training group, PUG)은 보행 속도를 점진적으로 증가시키며 수중보행을 수행하는 중재 방법이다. 본 중재는 30분간 실시되며, 10분마다 메트로놈의 템포를 이용해 보행 속도를 단계적으로 증가시켰다. 초기 보행 속도는 대상자가 편안하게 느끼는 수준에 메트로놈 템포를 맞추어 설정하였다. 메트로놈의 템포는 총 10단계로 구성되어 있으며, 각 단계는 이전보다 약 10% 빠른 속도로 설정된다. 이에 따라 보행훈련은 10분, 20분 시점에서 각각 초기 속도의 10%, 20% 빠른 템포로 조정되어 점진적인 속도 증가에 따라 진행되었다. 수중보행훈련은 충남대학교병원 수중운동치료실(12×8m)에서 수행하였으며, 치료실 물의 깊이는 가슴높이(검상돌기, T12레벨)의 수심에서 훈련이 진행되었으며, 수온은 30~32°C로 일정하게 하였다. 또한 연구에 참여한 대상자들이 감기 등의 컨디션과 이차적으로 질병의 악화를 방지하기 위해 25~26°C로 외부 온도를 유지하였다. 훈련주기와 훈련시간은 30분씩 주 3회 6주 동안 수중보행훈련을 실시하였다. 또한 연구에 참여한 모든 대상자는 6주 동안 매일 30분씩 보편적인 물리치료를 제공 받았다. 연구에 참여한 대상자의 안전을 위해 3년 이상의 임상 경력을 지닌 물리치료사와 연구보조

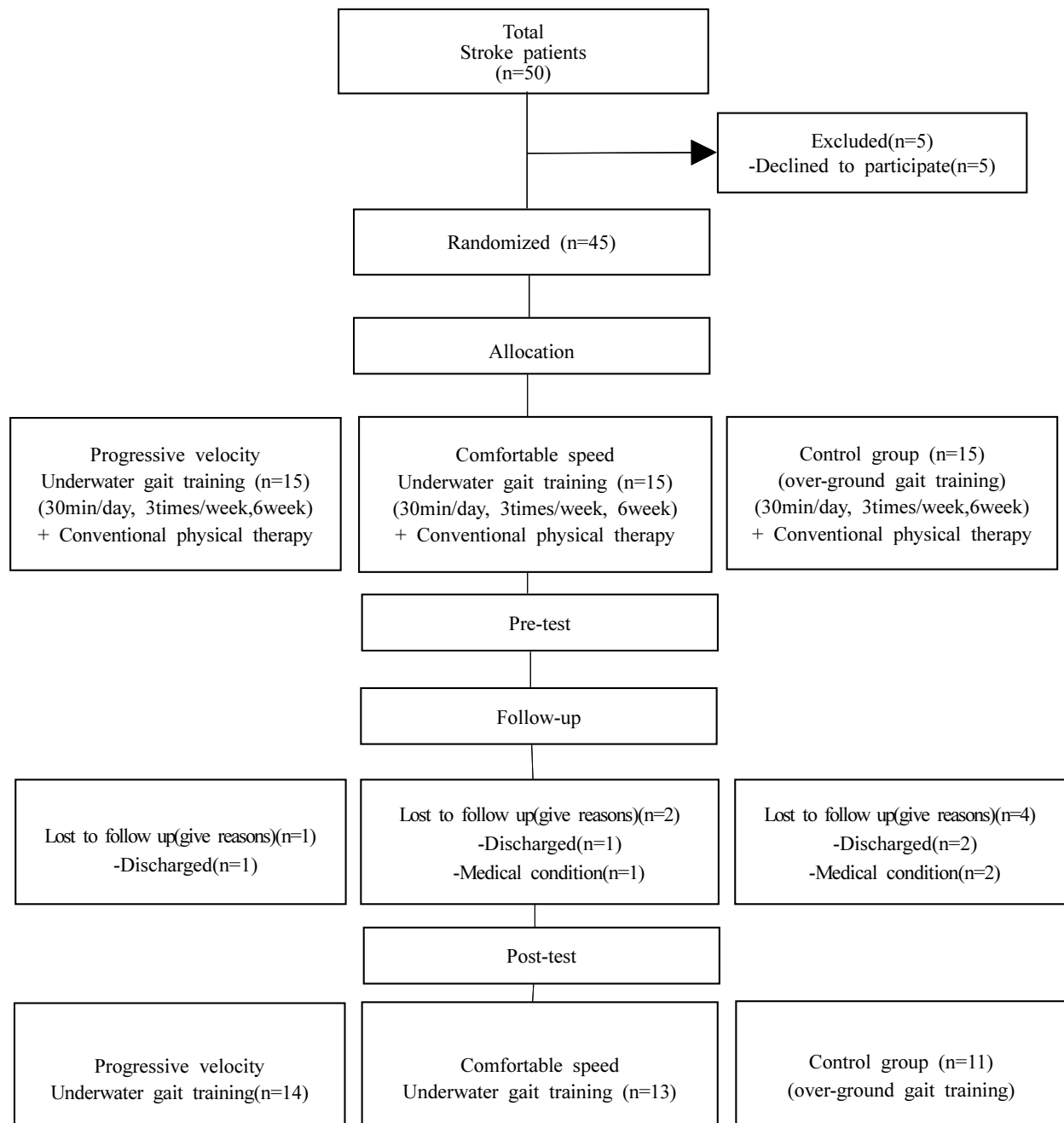


Figure 1. Enrollment of stroke patients

1명이 훈련 동안 보조를 하였다.

(2) 편안한 속도의 수중보행훈련(CUG)

편안한속도의 수중보행훈련(Comfortable speed Underwater gait training Group: CUG)이란 속도에 대한 중재 없이 환자가 느끼는 편안한 속도로 수중보행훈련을 하는 것을 의미한다. 초기 보행속도는 동일하게 연구에 참여한 대상자의 편

안한 보행속도에 메트로놈을 사용하여 템포를 맞추어 보행훈련을 진행하였다. 점진적인속도의 수중보행훈련과 동일하게 6주 동안 주3회 30분간 훈련을 지속하였다.

(3) 대조군(Control group)

대조군은 두실험군과 동일한 빈도와 시간동안 지상보행훈련을 수행하였다. 또한, 두실험군과 마찬가지로 6주 동안 주 5회, 30분

씩 보편적인 물리치료를 받았으며, 지상보행훈련 동안 낙상을 예방하기 위해 훈련은 3년 이상의 임상 경력을 가진 물리 치료사의 감독 하에 보행훈련을 수행하였다.

3. 측정 도구 및 방법

(1) 보행 및 지구력 검사

본 연구에서는 임상에서 가장 보편적으로 사용되는 보행 평가 도구인 10M 보행 검사(10MWT)와 6분 보행 검사(6MWT)를 사용하여 보행 및 지구력을 평가하였다. 10MWT는 10m의 거리를 걷는 동안 소요 시간을 측정하는 검사로 보행속도에 대한 변수를 간접적으로 평가할 수 있다. 또한 6MWT는 6분간 보행 동안 보행거리를 측정하는 평가 방법으로 심장 호흡 혹은 신경계 손상 환자 등 다양한 질환의 환자들의 지구력을 평가하는데 널리 사용되는 평가이다. 보행 평가는 총 3회 실시하여 그 평균값을 기록하였다. 정확한 측정을 위해 각 평가에 한 명의 평가자와 한 명의 보조자가 배정하여 평가하였으며 평가를 진행하는 치료사와 훈련을 진행하는 치료사를 달리 배정하여 연구 결과에 영향을 미치는 오차를 최소화하였다.

(2) 폐기능 검사

본 연구에서는 폐활량 측정 장비(Masterscreen Pneumo, Care Fusion, Germany)를 사용하여 폐기능검사를 시행하였다. 폐 기능검사는 90도 앉은 자세에서 실시하였다. 폐 기능 지표 중 가장 일반적으로 평가되는 항목인 노력성 폐활량(Forced Vital Capacity: FVC)과 1초간 노력성 호기량(Forced Expiratory Volume in one second; FEV₁)을 평가하였으며 총 3회 측정하여 그 평균값을 기록하였다. 정확한 평가를 위하여 3년 이상의 호흡 재활의 임상 경력을 가진 치료사가 평가를 진행하였다.

4. 분석 방법

본 연구는 SPSS ver. 25.0 program (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하여 자료 분석을 하였다. 나이, 키, 몸무게, 발병기간과 같은 연구에 참여한 대상자의 일반적 특성을 분석하기 위하여 기술통계를 시행하였고, 각 집단의 중재 전 후 변화에 대한 분석을 위해 대응 표본 t-test를 사용하여 분석하였다. 모든 훈련이 끝나는 6주 후 세 그룹 간의 보행 능력과 폐 기능이 통계적으로 유의미한 차이가 있는지 확인하기 위해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였고, Duncan method를 사용하여 사후분석을 실시하였다. 본 연구의 통계적인 유의 수준은 p<.05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 대상자의 일반적인 특성과 의학적인 특성

본 연구에 참여한 최종대상자는 38명으로 점진적인 속도의 수중보행훈련군(n=14), 수중보행훈련군(n=13), 대조군(n=11)으로 구성되었다. 세 집단은 연령, 신장, 체중, 발병기간, 인지기능(MMSE-K), 성별, 마비측, 발병기전 등의 항목에서 모두 유의한 차이를 보이지 않았다(p>.05). 이는 집단 간 동질성이 확보되었음을 의미하며, 연구에 참여한 모든 대상자는 일반적 특성과 의학적 특성이 정규분포 함을 의미한다(Table 1).

2. 평가항목에 관한 결과

본 연구 결과 세 집단의 보행 능력 및 폐 기능의 중재 전후 변화를 나타내었다. 10m 보행검사에서는 세 집단 모두 유의한 시간 단축을 보였으며(p<.05), 특히 PUG는 -6.16±0.98초로 가장 큰 개선을 나타냈다(F=8.117, p=0.004). 이러한 결과는 CUG(-4.40±1.67초)와 대조군(-2.00±2.50초)에 비해 통계적으로 유의하게 차이를 나타낸다(p<.05). 또한 6분 보행검사 결과

Table 1. 연구대상자의 일반적 특성

구분	점진속도 수중보행훈련(n=14)	수중보행훈련(n=13)	대조군(n=11)	F	P
나이(year)	53.68±5.42	56.58±4.42	57.50±5.85	0.192	0.738
신장(cm)	167.41±6.84	166.58±5.40	160.18±7.83	0.352	0.642
체중(kg)	66.87±5.16	69.87±7.05	61.18±8.99	0.654	0.784
발병기간(months)	7.10±1.15	7.54±1.72	7.72±1.77	0.192	0.821
MMSE-K	28.33±1.07	27.42±1.74	27.35±0.95	0.994	0.685
성별(남/녀)	7/7	5/8	4/7	0.812	0.162
마비측(Lt/Rt)	6/8	5/8	6/5	0.756	0.224
발병기전(출혈/경색)	6/8	6/7	4/7	0.225	0.124

MMSE-K: Mini-Mental State Examination Korean, p<.05

Table 2. 연구대상자의 보행 능력과 폐 기능의 변화

구분	점진적속도 수중보행훈련(n=14)		수중보행훈련(n=13)		대조군(n=11)		F	P
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test		
10M보행검사 (sec)	22.83±0.84	16.66±2.50	23.80±1.48	19.40±2.88	22.87±2.35	20.87±1.80		
Difference (post-pre)	-6.16±0.98*		-4.40±1.67*		-2.00±2.50		8.117	0.004
t	15.363		5.880		2.256			
p	<0.001		0.004		0.049			
6분보행검사 (m)	243.66±11.89	289.00±8.39	244.00±19.94	277.40±22.90	246.00±9.91	266.50±8.79		
Difference (post-pre)	45.33±10.30*†		33.40±4.09*		20.50±4.98		22.090	<0.001
t	-10.772		-18.221		-11.630			
p	<0.001		<0.001		<0.001			
FVC (ℓ)	2.56±0.08	3.17±0.08	2.47±0.15	2.86±0.11	2.53±0.08	2.74±0.16		
Difference (post-pre)	0.61±0.11*†		0.39±0.09*		0.20±0.15		16.225	<0.001
t	-13.085		-8.984		-3.715			
p	<0.001		0.001		0.008			
FEV ₁ (ℓ)	2.13±0.16	2.66±0.22	2.04±0.23	2.37±0.17	2.19±0.17	2.38±0.13		
Difference (post-pre)	0.53±0.18*†		0.33±0.15		0.18±0.06		11.721	0.001
t	-7.269		-4.686		-8.104			
p	0.001		0.009		<0.001			

FVC: Forced Vital Capacity, FEV₁: Forced Expiratory Volume in one second.

†: Significant difference (p<0.05) between 점진적속도수중보행군 and 수중보행군.

*: Significant difference (p<0.05) between 점진적속도수중보행군 and Control, 수중보행군 and Control.

역시 모든 집단에서 유의한 증가가 나타났으며(p<.05), PUG는 45.33±10.30m로 가장 큰 향상을 보였고 CUG는 33.40±4.09m를 나타냈다. 두 실험군 모두 대조군(20.50±4.98m)보다 유의한 차이를 나타냈다(F=22.090, p<.001).

폐기능과 관련된 FVC 및 FEV₁의 결과는 중재 이 후세 집단 모두에서 유의한 증가를 나타냈다(p<.05). 그 중 FVC에서는 PUG이 0.61±0.11ℓ로 가장 크게 향상되었고(F=16.225, p<.001), FEV₁에서도 0.53±0.18ℓ로 가장 큰 개선 폭의 향상을 나타냈다(F=11.721, p=.001). PUG은 두 폐기능 지표 모두에서 CUG와 대조군과 비교하여 통계적으로 유의한 차이를 나타내며 그 효과를 나타냈다(p<.05)(Table 2).

IV. 고찰

호흡은 폐의 안과 밖으로 이동하는 가스교환의 형태로 뇌졸중 환자는 보행 및 신체활동의 제한으로 신체기능뿐만 아니라 심폐기능의 문제를 나타낸다(Jung 등, 2018). 하지만, 뇌졸중은 발병 이후 지속적인 관리를 받지 못하면 근력, 지구력, 근 수행력 등의 신체적 기능이 감소하여 보행의 장애를 나타내며 다양한 사회활동의 제약을 받는다. 이러한 신체활동의 감소는 폐 기능의 감소를 초래하여 보행의 지구력에 큰 영향을 미친다(Kim과 Kang, 2020)15. 이러한 문제들을 해결하고자 본 연구에서는 점진적인 속도의 수중보행훈련이 뇌졸중 환자의 보행 및 심폐기능에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

먼저 보행 능력의 변화를 알아보기 위하여 본 연구에서는 10M

보행검사와 6분보행검사를 통하여 그 변화를 알아보았다. 연구 결과에 따르면 수중보행훈련을 적용한 PUG와 CUG 두 실험군 모두 중재이후 유의한 차이를 보이며 그 효과를 나타내었다 ($p<.05$). 또한 두 실험군 모두 대조군과의 비교에서 역시 유의한 차이를 나타내며 그 효과를 입증하였다($p<.05$). 이와 같은 연구 결과는 수중보행훈련이 지상보행훈련을 수행한 대조군과 비교하여 보행능력 향상에 더욱 효과적인 중재방법임을 증명하였다. 물속에서 이루어지는 운동은 부력과 점성 같은 다양한 특성들로 인하여 균형을 잃고 넘어지는 속도가 지상과 비교하여 느려 환자가 반응할 수 있는 시간을 제공한다. 이러한 반응 시간은 낙상의 빈도나 위험성을 줄여주며 환자에게 어려운 동작이나 난이도 높은 기능적 활동에 대한 자신감을 부여하여 재활의 참여의지를 촉진시킨다(Melzer 등,2008). Chu(2004)등은 뇌졸중환자를 대상으로 8주간의 수중운동을 수행한 결과 하지근력의 증가와 함께 보행속도의 향상을 나타내었다. 이러한 결과에 대한 근거로 Masumoto등(2014)은 수중보행훈련이 고관절신전근, 무릎신전근, 발바닥굽힘근과 같은 하지근력을 강화하여 보행속도를 개선시킨다고 보고하였다. 이후 Masumoto(2016)등은 수중운동이 근 긴장도 감소와 함께 근활성도를 향상시켜 결과적으로 보행능력을 향상 시킨다고 보고하였다. 또한 Jung(2014)등의 연구에서는 지상에서의 보행보다 수중보행훈련이 더 에너지 효율적인 훈련방법으로 지상에서보다 오래 걷는 연습이 가능하며 지구력향상에 효과적임을 보고하였다. 이처럼 지상에서의 보행훈련과 달리 수중에서의 보행은 부력으로 인하여 근육과 관절에 부담을 감소시켜 적은 힘으로 장시간 움직임을 가능하게 한 결과이며 점성으로 인한 물의 저항이 하지근력을 강화시켜 보행속도에 영향을 미친 것으로 분석할 수 있다. 또한 선행연구에 따르면 뇌졸중 환자의 보행속도가 증가하면 부적절한 보행패턴의 변화에 따른 에너지 소비량과 심폐기능의 향상을 나타낸다고 언급하였다 (Pang 등 2005). 본 연구에서도 이러한 근거를 바탕으로 점진적인 속도의 수중보행훈련을 적용하여 그 변화를 연구하였다. 연구 결과 점진적인속도의 변화를 준 PUG는 속도의 변화를 주지 않은 CUG와의 집단간의 비교에서 10M보행검사에서는 유의한 차이를 보이지 않았지만($p>.05$), 6분보행검사에서는 유의한 차이를 나타내었다($p<.05$). 이러한 결과는 점진적인 속도의 변화가 보행 속도보다는 보행지구력 향상에 매우 효과적이었음을 알 수 있었다. 그 이유는 수중환경에서의 보행훈련은 다양한 물의 특성이 작용하여 보행속도 향상에 매우 효과적일 수 있으나 보행지구력 향상을 위해서는 중재속도의 변화가 필요함을 나타내었다. 선행 연구에 따르면 점진적인 속도의 트레드밀 훈련은 뇌졸중 환자의 보행의 대칭성의 향상을 나타내는 결과는 나타내었다. 이러한 대칭성의 향상은 보행 시 에너지 효율성을 증가시켜 나아가 보행의 효율성을 높이는 결과를 나타낼 수 있다(Lee, 2014). 이처럼 점진적이며 속도 의존적인 훈련은 보행능력의 향상뿐만 아니라 심

혈관계 및 폐 기능향상에 매우 효과적이라고 언급하였다(Seo 와 Yang, 2021). 또한 물속에서의 보행훈련은 정수압으로 인하여 가해지는 압력은 뇌졸중 환자의 폐기능 향상에 효과적이라고 할 수 있다(Kim 과 Park, 2018).

본 연구에서는 이러한 폐 기능의 변화를 알아보기 위하여 폐 기능의 지표라고 할 수 있는 노력성폐활량(FVC)과 1초간노력성 호기량(FEV₁)을 측정하여 비교 하였다. 연구결과 두 실험군 모두 중재 이후 FVC와 FEV₁ 모두 유의한 차이를 보였으며 ($p<.05$), 지상보행훈련을 수행한 대조군과의 비교에서 역시 유의한 차이를 나타내었다($p<.05$). 이러한 결과값은 수중환경에서의 보행훈련이 지상보행훈련과 비교하여 폐 기능향상에 더욱 효과적임을 나타내었다. 이러한 변화에 대한 근거로 Becker(2009)는 수심 1피트당 22.4mmHg의 압력이 작용하는데 4피트의 깊이에서는 탄력스타킹의 2배정도의 수압이 작용한다고 언급하였다. 이러한 압력은 복부의 압력을 증가시켜 폐탄성을 떨어뜨려 지상에서의 호흡보다 수중에서의 호흡은 더욱더 많은 호흡근의 작용을 요구하게 된다고 언급하였다. 이러한 호흡근의 근력은 폐활량계를 활용한 흡기용량, 강제적 호기 용적, 폐활량 등으로 간접으로 측정할 수 있다. 따라서 본 연구에서의 FVC와 FEV₁의 증가는 호흡근의 향상으로 해석할 수 있다. Chu(2004)등의 연구에 따르면 뇌졸중 환자를 대상으로 8주간의 수중운동결과 22%의 최대 산소섭취량의 증가를 나타내었으며, 이러한 폐 기능의 향상은 보행능력 향상에 매우 큰 영향을 준다고 언급하였다. 본 연구에서도 역시 FVC와 FEV₁에서의 유의한 차이를 나타낸 PUG는 보행능력평가인 10m보행검사와 6분보행검사에서 유의한 차이를 나타내며 이를 뒷받침하였다($p<.05$). 또한 PUG와 CUG의 비교를 통해서 점진적인 속도의 변화에 따른 중재방법이 폐 기능의 향상 뿐 아니라 보행의 지구력향상에도 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

V. 결론

본 연구 결과 점진적인 속도의 수중보행훈련이 뇌졸중 환자의 보행 및 폐 기능의 평가에서 유의한 차이를 나타내며 그 효과를 입증하였다($p<.05$). 또한 수중보행훈련과 지상보행훈련을 실시한 대조군과의 비교를 통하여 수중보행훈련이 지상보행훈련에 비해 보행 및 폐 기능 향상에 효과적인 중재방법임을 알 수 있었다. 하지만 갑작스런 컨디션 저하, 퇴원 등의 돌발변수로 인한 대상자의 탈락과 짧은 입원기간으로 인하여 훈련기간의 제한성이 연구결과에 영향을 주었으리라 생각된다. 따라서 향후 연구에서는 충분한 대상자의 확보를 통한 대상자의 변동성을 최소화하여 효과적인 연구가 진행되었으면 한다.

참고문헌

- Kim BR, Kang TW. Effect of progressive task-oriented lower extremity strength exercise on pulmonary function, gait endurance, and activities of daily living in chronic stroke patients. *J Kor Acad Cardiorespir Phys Ther*, 8(1);41-47, 2020.
- Chu KS, Eng JJ, Dawson AS, et al. Water-based exercise for cardiovascular fitness in people with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 85(6);870-874, 2004.
- Lee DH, Yoo KT. Comparison between the effects of combined conventional exercise therapy plus respiratory exercise program with combined conventional exercise therapy plus aqua exercise program on the pulmonary function of subacute stroke patients. *J Korean Soc Phys Med*, 18(2); 115-123, 2023.
- Seo DY, Yang YP. The effects of speed-change gait training on cardiopulmonary function of stroke patients. *J Korea Acad Ind Coop Soc*, 22(5);303-309, 2021.
- Hesse S, Werner C, Paul T, et al. Influence of walking speed on lower limb muscle activity and energy consumption during treadmill walking of hemiparetic patients. *Arch Phys Med Rehabil*, 82(11);1547-1550, 2001.
- Lee HI. The effect of artificial change of velocity in walking exercise on energy consumption, oxygen consumption, blood pressure, heart rate, awareness of exercise and respiratory exchange ratio. Konkuk University, Master's Thesis, 2015.
- Lee HS. The effect of gait pattern in hemiplegia patients through progressive speed increase treadmill training. *J Korean Soc Integr Med*, 2(1);23-34, 2014.
- Jung HY, Cho WS, Choi AY, Kim YS. Effect on respiratory function of the general adult by gait training based on the way in a speed pattern. *KAIS*, 19(10);515-522, 2018.
- Park JH, Chung YJ. The effects of an additional weight aquatic exercise program on balance and lower extremity strength in persons with stroke: randomized controlled study. *Phys Ther Rehabil Sci*, 7(1);6-12, 2018.
- Park JH, Chung YJ. A comparison of underwater gait training with additional weight application and over-ground gait training to improve balance and lower extremity strength in persons with stroke. *J Kor Phys Ther*, 29(2);101-107, 2018.
- Park JJ, Choi YH, Cha YJ. Effects of circuit aerobic exercise on gait endurance and pulmonary function. *J Korean Soc Phys Med*, 11(4);33-39, 2016.
- Song JM, Kim SM. The effect of aquatic exercise on the improvement of physical and pulmonary function after stroke. *J Korean Soc Phys Ther*, 21(2);15-22, 2009.
- Kim JS, Park MC. Change in the respiratory function of stroke patients on the ground and immersed under water. *PNF & Movement*, 16(3);389-395, 2018.
- Jung T, Ozaki Y, Lai B, et al. Comparison of energy expenditure between aquatic and overground treadmill walking in people post-stroke. *Physiother Res Int*, 19(1);55-64, 2014.
- Chan L, Chin LM, Kennedy M, et al. Benefits of intensive treadmill exercise training on cardiorespiratory function and quality of life in patients with pulmonary hypertension. *Chest*, 143(2);333-343, 2013.
- Masumoto K, Takasugi S, Hotta N, et al. Electromyographic analysis of walking in water in healthy humans. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*, 23(4);119-127, 2014.
- Matsumoto S, Uema T, Ikeda K, et al. Effect of underwater exercise on lower-extremity function and quality of life in post-stroke patients: a pilot controlled clinical trial. *J Altern Complement Med*, 22(8);635-641, 2016.
- Melzer I, Elbar O, Tsedek I, et al. A water-based training program that includes perturbation exercises to improve stepping responses in older adults: study protocol for a randomized controlled cross-over trial. *BMC Geriatr*, 8(1);19, 2008.
- Pang MYC, Eng JJ, Dawson AS. Relationship between ambulatory capacity and cardiorespiratory fitness in chronic stroke: influence of stroke-specific impairments. *Chest*, 127(2);495-501, 2005.
- Nam SN, Kim JH, Cho YS. The effect of aqua rehabilitation exercise on the cardiopulmonary function improving in a cerebral apoplexy hemiplegia case. *Exercise Science*, 13(2);141-150, 2004.
- Powers SK, Hawley ET. Exercise physiology: theory and

applications to fitness and performance. McGraw-Hill, 2008.

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