

# Effect of Cryotherapy on Muscle Strength and Balance on the Ankle Joint in Patients with Stroke

Jin Park

Department of Physical Therapy, Drim Sol Hospital, Jeonju, Republic of Korea

**Purpose:** This study investigated the effects of cryotherapy on the ankle joint muscle strength and balance ability in stroke patients with ankle joint muscles.

**Methods:** In this study, 20 patients with chronic stroke were recruited from a rehabilitation hospital. The patients were divided into two groups: a cryotherapy group (10 patients) and a control group (10 patients). The cryotherapy group performed sit-to-stand training for 15 minutes and then cryotherapy for the minutes. In the control group, after sit-to-stand training for 15 minutes, blocked cryotherapy was provided for three minutes. In both groups, the interventions were provided five times a week for three weeks. The strength of the ankle joint muscles was measured before and after the training using the Biodex systems 3. The static balance ability was measured using balancia software, and the dynamic balance ability was measured by performing the sit-to-stand test (FTSST) five times.

**Results:** After the training periods, the cryotherapy group showed significant improvement in the ankle dorsiflexor strength, ankle plantarflexor strength, weight distribution of the affected side, and FTSST compared to the control group ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** Based on these results, cryotherapy could be considered an effective method to improve the strength of ankle joint muscles. Cryotherapy improves muscle strength as it increases the motor neuron excitability. Therefore, cryotherapy may be considered to improve the strength of the ankle joint muscles of stroke patients.

**Keywords:** Balance, Cryotherapy, Muscle strength, Stroke

## 서론

뇌졸중은 뇌 손상으로 인한 손상부위 반대편이 마비되는 증상이 나타나고 팔 또는 다리의 기능 상실과 균형 및 보행능력의 감소 등의 기능적인 활동에 제한이 발생한다.<sup>1,2</sup> 특히 일상생활을 영위함에 있어 다양한 외부 환경에서 자세를 조절하는 능력이 요구되나 균형능력 감소로 인한 여러 가지 문제를 초래한다.<sup>3</sup> 선 자세에서 균형유지를 위해서 신경감각 요소와 근골격계적 요소의 상호작용이 필요한데, 특히 근골격계 요소 중 발목관절의 조절능력은 외부동요에 대항하여 가장 먼저 요구되기 때문에 중요한 요소 중 하나이다.<sup>4,5</sup> 발목관절 주변 근육의 약화와 운동조절능력의 감소, 관절운동범위 제한 등은 발등굽힘과 발바닥굽힘의 움직임 감소에 따른 균형능력의 문제를 야기한다.<sup>6,7</sup>

임상에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 발목관절 움직임 조절능력의 향상을 위한 여러 중재를 실시한다. 뇌졸중 환자의 발등굽

힘과 발바닥굽힘의 범위 증가를 위하여 움직임이 결합된 관절가동술(mobilization with movement, MWM)을 실시하거나, 발목관절에 직접적인 관절가동술을 적용하는 중재, 발목관절 주변에 있는 근육들에 대한 근력 강화나 강직, 구축으로 인한 근긴장도를 낮추기 위한 중재를 제공하기도 한다.<sup>8-13</sup> 특히 발목관절 주변 근육의 근긴장도 감소와 움직임 조절능력 향상을 위하여 극저온치료(Cryotherapy)를 고려해 볼 수 있다.<sup>14</sup> 극저온치료는 대기 중의 질소를 영하로 급속 냉각시켜 분사하는 방식으로 냉각요법 중 하나이다.<sup>15</sup> 냉각요법의 효과는 혈류량의 증가보다 고유수용감각 기능저하의 지연, 통증의 일시적 감소에 따른 관절 움직임 증가와 이에 따른 근력강화의 효과를 이끌어 낼 수 있다.<sup>16</sup> 일반인을 대상으로 발목관절에 냉각요법을 적용한 선행 연구에서는 발바닥굽힘근 근력을 증가시킨다고 보고하였다.<sup>17</sup> 냉각요법이 근긴장도에 미치는 영향을 알아본 연구에서는 일반인이나 뇌졸중 환자를 대상으로 발목관절에 냉각요법을 적용 시 근긴장도를 감소시키는 것에 효과적인 방법임을 보고하였다.<sup>18-20</sup>

Received Mar 9, 2021 Revised Apr 8, 2021

Accepted Apr 9, 2021

Corresponding author Jin Park

E-mail mnipj1119@gmail.com

Copyright ©2021 The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

균형을 유지하기 위해서 발목관절 주변 근육의 근력과 근긴장도 감소가 중요하다. Lisinski 등<sup>21</sup>의 연구에서는 발목관절 주변 근육의 근력강화를 통한 균형능력의 향상을 보고하였다. Rahimzadeh 등<sup>22</sup>의 연구에서는 근긴장도에 따라 균형능력에 영향을 미치기 때문에 근긴장도 조절이 중요함을 보고하였다. 발목관절에 적용된 냉각요법은 발목관절 주변 근육의 근력 향상과 근긴장도 감소에 영향을 미치고 이에 따른 균형능력의 향상을 기대할 수 있다.<sup>16</sup> 그러나 Douglas 등<sup>23</sup>의 연구에서는 발목관절에 냉각요법의 적용이 균형능력의 변화를 이끌어내지 못한다고 보고하였다. 선행연구에서는 냉각요법 적용이 균형능력에 미치는 영향과 관련하여 서로 상반된 결과를 나타냈고, 뇌졸중 환자를 대상으로 냉각요법 적용이 균형능력에 미치는 영향에 대하여 충분한 연구가 이루어지지 않았기 때문에 이에 대한 검증이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 뇌졸중 환자의 발목관절에 극저온치료를 통한 냉각요법이 발등굽힘근과 발바닥굽힘근의 근력 변화와 이에 따른 균형능력에 미치는 영향을 검증하고 임상적 정보를 제공하고자 실시하였다.

## 연구 방법

### 1. 연구 대상

뇌졸중으로 진단받고 전주 D재활병원에서 재활운동치료를 받는 환자 중 연구의 목적을 이해하고 헬싱키 선언에 입각하여 연구의 참여에 동의서를 작성한 24명의 대상자에게 연구를 실시하였다. 이 중 4명은 퇴원 및 통증으로 인한 탈락으로 총 20명의 대상으로 연구를 실시하였으며, 대상자의 선정기준은 다음과 같다. 1) 뇌졸중 발병 후 6개월 이상 2년 미만인 자, 2) 한국판 간이 정신상태 검사(korean version of mini-mental state examination, K-MMSE) 점수가 24점 이상으로 치료사의 지시사항을 따를 수 있는 자, 3) 보조도구 없이 독립적인 서기 자세가 가능한 자, 4) 발등굽힘근과 발바닥굽힘근의 근력 점수가 3점 이상인 자로 실시하였으며, 연구대상자의 제외기준은 균형에 영향을 줄 수 있는 뇌졸중 이외의 다른 신경학적 질환을 가진 자와 극저온치료의 적용을 위해 레이노병(Raynaud's diseases)과 같은 냉각 적용에 따른 순환의 문제가 있는 자는 제외하였다.

연구에 앞서 대상자들의 버그균형척도(Berg balance scale, BBS)의 측정값을 바탕으로 균형능력이 유사한 대상자들을 각 군에 배정하고 동질성을 확보하였다. 극저온치료를 실시한 군(Cryotherapy group)은 10명이었고, 냉각을 차단하여 극저온치료를 실시한 대조군(Control group)은 10명이었다. 연구대상자의 일반적인 특성은 대상자와의 면접과 의무기록을 통해 조사하였으며, 조사한 값에 대한 군 간 유의한 차이는 나타나지 않았다( $p > 0.05$ )(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (N = 20)

Characteristics	Cryotherapy group (n = 10)	Control group (n = 10)	p
Age (yr)	58.1±2.8	56.7±6.9	0.56
Gender (M/F)	6/4	5/5	0.67
Height (cm)	169.2±9.3	171.4±5.5	0.53
Weight (kg)	62.0±10.8	65.2±6.1	0.43
Side of lesion (Rt/Lt)	6/4	7/3	0.66
Time since stroke (months)	12.7±2.9	12.8±2.6	0.46
Type of Stroke			0.67
Hemorrhagic	5	6	
Infarction	5	4	
BBS (score)	48.1±7.2	46.2±7.0	0.52

Mean±SD.

BBS: Berg balance scale.

## 2. 측정 방법 및 도구

### 1) 근력평가

대상자들의 발목관절 발등굽힘근과 발바닥굽힘근의 근력을 측정하기 위하여 Biodex system 3(Biodex Medical System, Shirley, Newyork, USA)를 사용하였다. 본 연구에서는 등속성 모드로 측정을 실시하였으며, 각속도 60(°/sec)와 각속도 180(°/sec)에서 측정하였다. 측정에 앞서 2회 예비 연습을 실시하고, 3회 측정하여 근력의 최대값을 나타내는 최대우력(peak torque)을 사용하였다. 측정 동안 근 피로를 최소화하기 위하여 발등굽힘근에 대한 근력을 측정 후 1분 동안 휴식시간을 제공하였으며, 발바닥굽힘근의 근력을 측정하였다. 모든 동작은 통증이 없는 범위 내에서 수행하도록 하였다.<sup>24</sup>

### 2) 균형능력

대상자들의 균형능력 분석을 위하여 균형능력 측정장비(Balancia software, Mintosys, Korea)를 사용하였다. 이 장비는 Wii balance board에 대상자가 서있는 동안 대상자의 압력중심(center of pressure, COP) 정보를 수집하여 블루투스를 통해 컴퓨터 프로그램(Balancia software)에 제공하여 분석된다. 본 연구에서 사용된 변수는 COP의 이동 거리를 시간으로 나눈 동요속도 평균(average velocity), COP의 이동 거리를 합한 총 이동거리(path length), 중심을 기준으로 타원 모양으로 형성된 95%의 COP 면적을 계산한 95% 동요영역(area 95% COP), 마비 측 체중분포도(weight distribution of affected side)이다.

대상자들은 신발을 벗고 압력판 위에 올라선 후 양 팔을 내려놓고 편안하게 선 자세로 1분간 측정을 실시하였으며, 3회 반복 측정하여 평균값을 사용하였다. 측정이 이루어지는 동안 낙상을 예방하기 위하여 연구자가 근거리에서 보조하였다.

동적 균형능력의 평가를 위해 5회 반복 앉고 일어서기 평가(FTS-ST)를 실시하였다. 이 검사는 대상자들을 무릎높이의 의자에 앉도록

하고 양 팔을 교차하여 가슴 앞에 위치시킨 후 최대한 빠른 속도로 앉았다 일어서기 동작을 5회 반복하도록 하여 시간을 측정하는 방법으로써 3회 실시하여 평균값을 통계 분석하였다.<sup>25</sup>

**3. 실험 절차**

중재에 앞서 30분으로 구성된 신경발달치료(neurodevelopmental therapy) 후, 주변 온도가 25°C 인 치료실에서 15분간 머무르도록 하여 온도에 적응되도록 하였다. 이때 발목관절의 움직임과 근력 향상을 위하여 반복적인 일어서기 훈련을 15분간 실시하였다. 훈련이 끝난 뒤 3분 동안 발목관절에 극저온치료를 주 5회, 총 3주간 실시하였다. 극저온치료를 실시한 군에서는 극저온치료의 적용을 위해 극저온치료기(Crais, Century, Korea)를 사용하였다. 대상자들을 의자에 앉고 편안한 상태를 유지하도록 하였다. 이후 발목관절에서 10 cm 떨어진 곳에서 풍량 2, 온도는 -10°C에서 -20°C로 설정하여 극저온치료를 적용하였다. 적용부위의 통증 및 동상을 예방하기 위하여 3분간 적용하였으며, 대상자가 증상을 호소하는 경우 중단하였다(Figure 1).<sup>15</sup> 대조군에서는 극저온치료를 실시한 군과 같은 환경에서 극저온치료기를 이용하여 바람을 분사하였지만 냉각은 차단하여 대상자들이 치료 효과를 알지 못하게 하였다. 두 군 모두 발목관절의 근력 변화를 평가하기 위하여 중재 전과 후 발등굽힘근과 발바닥굽힘근의 근력을 측정하였다. 또한 균형능력을 평가하기 위하여 균형능력 측정장비와 5회 앉아 일어서기 검사(five times sit to stand test, FTSSST)를 평가하였다.

**4. 자료 분석**

대상자들의 측정된 값에 대한 통계처리를 위하여 PASW 22.0 (SPSS



Figure 1. Cryotherapy modality.

Inc., Chicago, IL, USA)을 통하여 분석하였다. Kolmogorov-Smirnov test를 통해 정규성검정을 실시하였고, 극저온치료를 실시한 군과 대조군의 일반적 특성 중 나이, 키, 몸무게, 유병기간, 버그균형척도에 대한 동질성 검정을 위하여 독립 표본 t-검정(independent t-test)을 성별, 손상부위, 손상유형에 대한 동질성 검정을 위하여 카이제곱 검정(Chi-squared test)를 실시하였다. 각 군의 근력 및 균형능력의 전과 후 변화를 분석하기 위하여 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였다. 군 간 근력 및 균형능력의 차이를 검증하기 위하여 중재 전과 중재 후 변화값을 바탕으로 독립 표본 t-검정(independent t-test)을 실시하였다. 자료의 모든 통계학적 유의 수준은 α=0.05로 검정하였다.

**결 과**

**1. 발목관절 근력 비교 결과**

중재 전 측정된 발목관절 발등굽힘근과 발바닥굽힘근 근력의 두 군 간 유의한 차이는 없었다(p>0.05). 두 군에서 모두 중재 전과 비교하여 중재 후 발등굽힘근과 발바닥굽힘근의 근력이 통계학적으로 유의하게 증가하였다(p<0.05). 군 간 비교에서는 극저온치료를 실시한 군이 대조군과 비교하여 발등굽힘근과 발바닥굽힘근의 근력이 통계학적으로 유의하게 증가된 것으로 나타났다(p<0.05)(Table 2).

**2. 균형능력 비교 결과**

중재 전 측정된 균형능력 비교에서는 두 군 간 유의한 차이가 없었다(p>0.05). 극저온치료를 실시한 군에서는 동요속도 평균, 총 이동거리, 95% 동요영역, 5회 반복 앉고 일어서기 검사에서 중재 전과 비교하여 중재 후 통계학적으로 유의하게 감소하였으며, 마비측 체중분포도가 중재 후 유의하게 증가하였다(p<0.05). 대조군에서는 동요속도 평균,

Table 2. Comparison of ankle joint muscles strength variables within and between groups (N= 20)

	Cryotherapy group (n= 10)	Control group (n= 10)	p
<b>Dorsiflexors (Nm)</b>			
pre	9.60±2.91	9.20±1.97	0.02 <sup>†</sup>
post	12.45±2.56	10.68±1.74	
changes	2.85±1.27	1.48±1.17	
p	<0.001*	<0.001*	
<b>Plantarflexors (Nm)</b>			
pre	21.78±7.47	21.43±6.03	<0.001 <sup>†</sup>
post	30.51±6.87	25.02±4.34	
changes	8.73±2.58	3.59±3.20	
p	<0.001*	0.01*	

Mean±SD.  
\*Within-group change from pre to post intervention, <sup>†</sup>Between-group comparison on the change from pre to post intervention.



**Table 3.** Comparison of pre and post training outcome measures of balance ability within and between groups (N=20)

	Cryotherapy group (n=10)	Control group (n=10)	p
<b>Velocity average (cm/s)</b>			
pre	2.66±0.47	2.61±0.51	0.90
post	2.50±0.54	2.44±0.65	
changes	-0.17±0.17	-0.18±0.19	
p	0.01*	0.02*	
<b>Path length (cm)</b>			
pre	79.67±14.45	77.44±14.79	0.76
post	74.68±16.49	71.86±15.94	
changes	-4.99±5.12	-5.58±3.16	
p	0.01*	<0.001*	
<b>Area 95 % COP (cm<sup>2</sup>)</b>			
pre	3.16±1.34	3.16±1.10	0.06
post	2.15±1.28	2.70±0.93	
changes	-1.01±0.73	-0.46±0.42	
p	<0.001*	0.01*	
<b>Weight distribution (%)</b>			
<b>Affected side</b>			
pre	45.57±2.05	46.61±2.50	0.01 <sup>†</sup>
post	48.42±1.72	47.39±1.34	
changes	2.84±1.38	0.78±1.83	
p	<0.001*	0.21	
<b>FTSST (s)</b>			
pre	17.76±4.19	15.10±5.15	0.03 <sup>†</sup>
post	15.01±3.05	14.42±5.27	
changes	-2.75±2.38	-0.67±1.39	
p	0.01*	0.16	

Mean ± SD, FTSST: Five times sit to stand test, \*Within-group change from pre to post intervention, <sup>†</sup>Between-group comparison on the change from pre to post intervention.

총 이동거리, 95% 동요영역에서 중재 전과 비교하여 중재 후 통계학적으로 유의하게 감소하였다(p<0.05). 군 간 비교에서는 극저온치료를 실시한 군이 대조군과 비교하여 마비측의 체중분포도가 통계학적으로 유의하게 증가하였으며, 5회 반복 앉고 일어서기 검사에서 통계학적으로 유의하게 감소하였다(p<0.05)(Table 3).

## 고찰

본 연구에서는 뇌졸중 환자의 발목관절에 극저온치료를 적용하여 발목관절 근육 근력강화와 이에 따른 균형능력 변화에 미치는 영향을 검증하고 이를 바탕으로 임상적 정보를 제공하고자 실시하였다.

그 결과 극저온치료를 실시한 군은 대조군과 비교하여 발등굽힘근과 발바닥굽힘근 근력의 향상된 결과가 나타났다. Hopkins와 Stencil<sup>17</sup>의 연구에서는 일반인의 발목관절에 냉각요법 적용 시 발목관절

근력의 향상을 보고하였으며, Pietrosimone와 Ingersoll<sup>16</sup>의 연구에서도 냉각요법 적용에 따른 근력강화의 효과를 검증하였다. 이는 냉각요법 적용이 운동뉴런 동원의 역치점(motor neuron recruitment)을 낮추고 운동뉴런의 흥분성(excitability)이 증가되는 것에 따른 근활성 빈도의 증가된 결과라고 하였다.<sup>16,17</sup> 반면 Hatzel<sup>26</sup>의 연구에서는 발목관절에 적용된 냉각요법이 근력 변화에 영향을 미치지 못한다고 보고하였다. Alcantara<sup>20</sup>의 연구에서도 뇌졸중 환자에게 적용된 극저온치료가 발목관절 근력 변화에 영향을 미치지 못한다고 보고하였다. 이는 냉각요법에 의한 운동신경 전달속도 감소에 따른 결과라고 보고하였다. 본 연구에서는 극저온치료에 따른 발목관절 근력의 향상된 결과가 나타났는데, 이는 극저온치료에 따른 냉각요법이 온도 변화로 인한 구심성 신호(afferent sensory input)가 증가하게 되고, 척수 상위수준(supraspinal level)에서 운동뉴런의 흥분성이 향상되는 것에 따른 근활성 빈도의 증가로 근력이 향상된 결과가 나타난 것으로 생각된다.

균형능력에 대한 비교 결과에서는 극저온치료를 실시한 군에서 대조군과 비교하여 마비측의 체중분포도와 5회 반복 앉고 일어서기 검사에서 통계학적 유의한 차이가 나타났다. Lomaglio와 Eng<sup>27</sup>의 연구에서는 뇌졸중 환자가 일어서기 동작을 수행하기 위해서는 양다리의 대칭적인 체중분포가 중요하며, 이를 위해서는 마비측 발목관절의 발등굽힘근과 발바닥굽힘근의 근력이 중요한 요소임을 보고하였다. 또한 양 다리의 체중분포도에 대한 대칭성의 향상은 5회 반복 앉고 일어서기 검사에 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 발등굽힘근과 발바닥굽힘근의 근력이 극저온치료를 실시한 군에서 대조군과 비교하여 향상된 결과가 나타났기 때문에 양다리의 체중분포도의 대칭성이 향상되었고 이를 바탕으로 5회 반복 앉고 일어서기 검사의 향상된 결과는 동적 균형능력 향상을 나타내는데, 극저온치료를 실시한 군에서 대조군과 비교하여 향상된 결과가 나타난 것을 볼 때 냉각요법의 적용이 발목관절 근육의 근력 향상을 이끌어내고 조절능력의 향상된 결과에 따른 동적 균형능력에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

반면 정적 균형능력의 변화를 측정된 동요속도 평균과 총 이동거리, 95% 동요영역에서 차이가 나타나지 않았다. Ingersoll 등<sup>28</sup>의 연구에서는 발목관절에 대한 냉각요법의 적용이 균형능력에 영향을 미치지 못함을 보고하였다. 또한 Kim 등<sup>29</sup>의 연구에서는 발목관절에 적용된 극저온치료가 균형능력에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. 이는 균형을 유지하기 위하여 여러 신경감각이 필요한데 극저온치료를 적용하는 것은 고유수용감각 뿐만 아니라 다른 감각을 조절하기 힘들고, 특히 피부 표면에 극저온치료가 적용되는 것에 따른 발의 내재근들에 위치하고 있는 근방추(muscle spindle)에 영향을 미치지 못

하기 때문이라 하였다. 균형을 유지하기 위해서는 발의 내재근을 바탕으로 안정성과 근방추를 통한 고유수용감각의 입력이 중요한데, 극저온치료가 근방추에 영향을 미치지 못한 것은 균형능력 조절에 영향을 미치지 못하는 것을 의미한다. 본 연구에서도 발목관절에 대하여 극저온치료를 적용하는 것에 따른 정적 균형능력에 미치는 효과가 나타나지 않았는데, 균형을 조절하기 위한 신경감각에 영향을 미치지 못하였고, 발목관절 안정성에 관여하는 내재근들에 대하여 영향을 미치지 못한 것으로 볼 수 있다. 동적 균형능력을 측정하기 위한 5회 앉아 일어서기 검사에서는 발목관절에 극저온치료를 적용하는 것에 따른 근력강화를 바탕으로 향상된 결과가 나타났지만, 정적 균형능력에서는 극저온치료가 신경감각에 영향을 미치지 못하였기 때문에 차이가 나타나지 않은 것으로 생각된다.

발등굽힘근과 발바닥굽힘근 근력은 두 군 모두 중재 전과 비교하여 중재 후 향상된 결과가 나타났다. 일어서기 동작은 발목관절 주변 근육의 근 수축에 따른 안정성을 바탕으로 움직임 수행하게 되는데, 일어서기 동작의 반복적인 수행은 발등굽힘근과 발바닥굽힘근의 근력을 향상시킬 수 있음을 보고하였다.<sup>27</sup> 이는 일어서기 동작을 실시하는 동안 균형을 유지하고 움직임을 수행하기 위하여 발목관절의 근육들이 사용되는 것에 따른 결과라고 하였다. 이에 본 연구에서도 두 군 모두 일어서기 훈련을 반복적으로 실시하였기 때문에 발등굽힘근과 발바닥굽힘근의 근력이 중재 전과 비교하여 중재 후 향상된 것으로 생각된다.

균형능력에 대한 군 내 비교결과 극저온치료를 실시한 군에서는 모든 균형변수에서 균형능력의 향상된 결과가 나타났고, 대조군에서는 동요속도 평균과 총 이동거리, 95% 동요영역에서 향상된 결과가 나타났다. 선행연구에서는 선 자세에서 균형을 유지하기 위해서는 발목관절 근육의 근력이 중요한데 특히 발등굽힘근의 원심성수축이 중요하다고 보고하였다.<sup>30,31</sup> 일어서기 과정에서 발등굽힘근은 지속적으로 수축이 발생하여 안정적으로 움직임을 수행할 수 있도록 하기 때문에 반복적으로 일어서기 동작을 수행하게 된다면 발등굽힘근의 근력이 증가하게 된다.<sup>32</sup> 두 군 모두 일어서기 훈련을 실시하여 발등굽힘근의 반복된 수축에 따른 근력강화가 이루어지고 균형능력의 향상된 결과가 나타난 것으로 생각된다. 특히 극저온치료를 실시한 군에서는 대조군과 비교하여 발바닥굽힘근의 근력이 향상되었는데, 이는 더 많은 균형변수에서 중재 전과 비교하여 중재 후 향상된 결과를 나타냈다.

본 연구에서는 극저온치료를 발목관절에 적용하였는데, 극저온치료 시 일정한 부분에 중재가 진행될 수 있도록 기준을 정하기 위한 검증이 필요하다. Pietrosimone와 Ingersoll<sup>16</sup>는 극저온치료를 발목관절의 관절운동범위를 증가시키고, 이에 따른 움직임의 증가로 근활성도의 빈도가 증가하면서 근력이 향상된 결과가 나타났다고 보고했

다. 그러나 본 연구에서는 관절운동범위에 대한 평가가 이루어지지 않아 발목관절 근력의 증가가 발목관절 관절운동범위의 증가에 따른 결과인지 해석하기에 제한이 있다. 또한 근긴장도 변화를 확인하지 않았기 때문에 균형능력 변화에 미치는 영향을 검증하기에 제한이 있다. 따라서 추후 연구에서는 극저온치료를 적용에 따른 관절운동범위의 변화 및 근긴장도 변화를 확인하고 이에 따른 근력 변화에 대한 상관성을 검증하여야 할 것이다.

본 연구에서는 극저온치료를 통한 냉각치료를 뇌졸중 환자의 발목관절에 적용하는 것에 따른 발목관절 근력과 균형능력에 미치는 영향에 대하여 검증은 실시하였다. 이에 극저온치료를 적용이 발목관절 근력 향상에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 임상에서 뇌졸중 환자의 발목관절 근력의 향상을 이끌어내고자 한다면 극저온치료를 권장한다.

## REFERENCES

1. Preston E, Ada L, Dean CM et al. What is the probability of patients who are nonambulatory after stroke regaining independent walking? a systematic review. *Int J Stroke*. 2011;6(6):531-40.
2. Chisholm AE, Perry SD, McIlroy WE. Correlations between ankle-foot impairments and dropped foot gait deviations among stroke survivors. *Clin Biomech*. 2013;28(9-10):1049-54.
3. Januario F, Campos I, Amaral C. Rehabilitation of postural stability in ataxic/hemiplegic patients after stroke. *Disabil Rehabil*. 2010;32(21):1775-9.
4. Dorsch S, Ada L, Canning CG et al. The strength of the ankle dorsiflexors has a significant contribution to walking speed in people who can walk independently after stroke: an observational study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(6):1072-6.
5. Gerrits KH, Beltman MJ, Koppe PA et al. Isometric muscle function of knee extensors and the relation with functional performance in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90(3):480-7.
6. Klein CS, Brooks D, Richardson D et al. Voluntary activation failure contributes more to plantar flexor weakness than antagonist coactivation and muscle atrophy in chronic stroke survivors. *J Appl Physiol*. 2010;109(5):1337-46.
7. Ng SS, Hui-Chan CW. Contribution of ankle dorsiflexor strength to walking endurance in people with spastic hemiplegia after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(6):1046-51.
8. Kluding PM, Santos M. Effects of ankle joint mobilizations in adults poststroke: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89(3):449-56.
9. An CM, Jo SO. Effects of talocrural mobilization with movement on ankle strength, mobility, and weight-bearing ability in hemiplegic patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2017;26(1):169-76.
10. Nakayama Y, Iijima S, Kakuda W et al. Effect of homebased training using a slant board with dorsiflexed ankles on walking function in post-stroke hemiparetic patients. *J Phys Ther Sci*. 2016;28(8):2353-7.
11. Kim KH, Lee SM, Kim DH et al. The effects of ankle joint muscle

- strengthening and proprioceptive exercise programs accompanied by functional electrical stimulation on stroke patients' balance. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(9):2971-5.
12. Park KH, Lim JY, Kim TH. The effects of ankle strategy exercises on unstable surfaces on dynamic balance and changes in the COP. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(2):456-9.
  13. Sabut SK, Sikdar C, Kumar R et al. Improvement of gait & muscle strength with functional electrical stimulation in sub-acute & chronic stroke patients. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2011;2011:2085-8.
  14. Martins FL, Carvalho LC, Silva CC et al. Immediate effects of TENS and cryotherapy in the reflex excitability and voluntary activity in hemiparetic subjects: a randomized crossover trial. *Rev Bras Fisioterapia.* 2012; 16(4):337-44.
  15. Hong DJ, Choi KS, Park SB et al. Changes in the Pressure Threshold of Myofascial Trigger Points Following Freezing Cold Air Application. *J Korean Acad Rehab Med.* 1999;23(1):134-9.
  16. Pietrosimone BG, Ingersoll CD. Focal joint cooling increases the quadriceps central activation ratio. *J Sports Sci.* 2009;27(8):873-9.
  17. Hopkins JT, Stencil R. Ankle cryotherapy facilitates soleus function. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2002;32(12):622-7.
  18. Price R, Lehmann JF, Bessette SB et al. Influence of cryotherapy on spasticity at the human ankle. *Arch Phys Med Rehabil.* 1993;74(3):300-4.
  19. Garcia LC, Alcantara CC, Santos GL et al. Cryotherapy reduces muscle spasticity but does not affect proprioception in ischemic stroke: a randomized sham-controlled crossover study. *Am J Phys Med Rehabil.* 2019;98 (1):51-7.
  20. Alcantara CC, Blanco J, De Oliveira LM et al. Cryotherapy reduces muscle hypertonia, but does not affect lower limb strength or gait kinematics post-stroke: a randomized controlled crossover study. *Top Stroke Rehabil.* 2019;26(4):267-80.
  21. Lisinski P, Huber J, Gajewska E et al. The body balance training effect on improvement of motor functions in paretic extremities in patients after stroke. a randomized, single blinded trial. *Clin Neurol Neurosurg.* 2012; 114(1):31-6.
  22. Rahimzadeh KR, Mochizuki G, Ismail F et al. Impact of spasticity on balance control during quiet standing in persons after stroke. *Stroke Res Treat.* 2017;2017:6153714.
  23. Douglas M, Bivens S, Pesterfield J et al. Immediated effects of cryotherapy on static and dynamic balance. *Int J Sports Phys Ther.* 2013;8(1):9-14.
  24. Hartmann A, Knols R, Murer K et al. Reproducibility of an isokinetic strength-testing protocol of the knee and ankle in older adults. *Gerontology.* 2009;55(3):259-68.
  25. Mentiplay BF, Clark RA, Bower KJ et al. Five times sit-to-stand following stroke: relationship with strength and balance. *Gait Posture.* 2020;78:35-9.
  26. Hatzel BM, Kaminski TW. The effect of ice immersion on concentric and eccentric isokinetic muscle performance in the ankle. *Isokinet Exerc Sci.* 2000;8(2):103-7.
  27. Lomaglio MJ, Eng JJ. Muscle strength and weight-bearing symmetry relate to sit-to-stand performance in individuals with stroke. *Gait Posture.* 2005;22(2):126-31.
  28. Ingersoll CD, Knight KL, Merrick MA. Sensory perception of the foot and ankle following therapeutic applications of heat and cold. *J Athl Train.* 1992;27(3):231-4.
  29. Kim KM, Hart JM, Saliba SA et al. Effects of focal ankle joint cooling on unipedal static balance in individuals with and without chronic ankle instability. *Gait Posture.* 2015;41(1):282-7.
  30. Kim SG, Kim WS. Effect of ankle range of motion (ROM) and lower-extremity muscle strength on static balance control ability in young adults: a regression analysis. *Med Sci Monit.* 2018;24:3168-75.
  31. Lord SR, Clark RD, Webster IW. Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons. *J Gerontol.* 1991;46(3): 69-76.
  32. Lord SR, Murray SM, Chapman K et al. Sit-to-stand performance depends on sensation, speed, balance, and psychological status in addition to strength in older people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2002;57(8): M539-43.