

Original Article

Open Access

## 혈류제한 후 일반적 운동이 경직성 뇌성마비 아동의 몸통 근육 두께에 미치는 영향

박재철 · 이동규<sup>†</sup>

전남과학대학교 물리치료과

### Effects of General Exercise after Blood Flow Restriction on Trunk Muscles Thickness for Children with Spasticity Cerebral Palsy

Jae-Cheol Park, P.T., Ph.D. · Dong-Kyu Lee, P.T., Ph.D.<sup>†</sup>

*Department of Physical Therapy, Chumam Techno University*

Received: December 6, 2021 / Revised: December 30, 2021 / Accepted: January 11, 2022

© 2022 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:** The purpose of this study was to identify the effects of general exercise after blood flow restriction on trunk muscles thickness in children with spastic cerebral palsy.

**Methods:** Twenty children with cerebral palsy were assigned randomly to an experimental (n = 10) or a control (n = 10) group. The experimental group performed general exercise after blood flow restriction, while the control group performed general exercise alone. The study used an ultrasonic instrument to measure trunk muscles thickness. The Wilcoxon signed-rank test was used to determine differences before and after treatment, and the Mann-Whitney U test was used to determine differences between treatment groups.

**Results:** From a comparison within the groups, the experimental and control groups showed significant difference in trunk muscle thickness after the experiment ( $p < 0.05$ ). In a comparison between the two groups, the experimental group showed more significant difference in trunk muscle thickness than the control group ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** Based on these results, general exercise after blood flow restriction effectively improves trunk muscle thickness in children with cerebral palsy.

**Key Words:** Blood flow restriction, General exercise, Cerebral palsy, Trunk muscles thickness

<sup>†</sup>Corresponding Author : Dong-Kyu Lee (ehck@cntu.ac.kr)

## I. 서론

뇌성마비(cerebral palsy)는 특징적인 움직임과 자세 조절을 손상시키는 비진행성 신경 발달 장애로 정의되며(Moreno-De-Luca et al., 2021) 근긴장도의 이상과 운동 능력 상실로 인하여(Gulati & Sondhi, 2018) 잘못된 자세 조절이 발생하고 이는 여러 일상적인 기능적 활동에 영향을 미친다(Kim et al., 2018). 또한 뇌성마비 아동은 몸통 근육의 근력이 약하며 신경 조절과 발달 장애로 인하여 위치감각이 기능을 하지 못하여 몸통 조절에 어려움이 발생한다(Kallem Seyyar et al., 2019).

몸통 조절과 몸통 안정성에 관여하는 근육으로는 배바깥빗근과 배속빗근 및 배가로근이 있다(Ali & Abd El-Aziz, 2021). 이들 근육은 방향 설정을 하는 동안 자세 제어를 하여 안정성을 증가시키며(Moreno-De-Luca et al., 2021) 목표 지향적인 활동을 수행하는데 중요한 역할을 한다(Verheyden et al., 2007). 그러므로 몸통 안정성의 선행은(Hodges et al., 2005; Santamaria et al., 2016) 기능적인 움직임과 보행, 머리 안정성, 시야의 방향 및 손의 조작 능력을 향상을 위한 방법이라고 할 수 있다.

뇌성마비 아동의 몸통 안정성 증가를 위한 선행연구를 보면 케네시오 테이핑을 이용한 중재와 등속 회전 중재를 이용한 몸통 안정화 운동, 승마를 이용한 중재, 코어 안정화 운동 및 진동을 이용한 운동 방법 등이 보고되고 있다(Abd-Elfattah & Aly, 2021; Ali & Abd El-Aziz, 2021; Norrud et al., 2021; Park & Castle, 2021; Tsimerakis et al., 2021). 하지만 몸통 근육의 강화에는 많은 어려움이 있고 그마저도 많은 시간과 물리 치료사의 노력이 필요하며 중재와 함께 병행하여 훈련의 효과를 극대화할 수 있는 새로운 방법과 효과에 대한 검증이 필요하다.

근래에 들어 다양한 중재와 함께 할 수 있는 방법으로 혈류제한운동(Blood Flow Restriction exercise)이 소개되고 있다. Stavres 등(2018)은 혈류제한운동은 심혈관의 긴장이나 통증 증가 없이 불안전 척수 손상 환자의 운동으로 안전하게 수행 가능하다고 하였다. 이러

한 혈류제한운동은 운동 전에 팔과 다리의 가장 몸통 부위에 수동 또는 공기압 팽창 커프를 사용하여 부분적인 혈류 흐름을 차단하여 IRM의 20%의 운동만으로도 근육의 구조적 변화에 효과적인 훈련으로 알려져 있다(Vanwye et al., 2017). 혈류 제한을 하면 혈액순환 동태를 변화시켜(Takano et al., 2005) 신생혈관의 증식을 유발하여 지구력 개선(Hunt et al., 2013)과 단백질 합성 개시를 향상시켜(Fry & Glynn 2010) 다양한 효과를 가져온다. 혈류제한운동은 기계적 과부하를 감소시키면서 고강도 저항운동과 유사한 근육의 크기와 근력의 증가를 촉진하기 때문에 근력이 부족한 여러 질병 분야에서 대안으로 제시되고 있다(Lixandrao et al., 2018; Patterson et al., 2019). 관련 연구로는 혈류제한을 이용한 저강도 훈련이 건강한 성인의 근육 크기와 근력 향상에 효과적이라고 보고되고 있으며(Laurentino et al., 2008; Laurentino et al., 2012), 폐경기 여성이나 근력이 약한 노인들을 대상으로 한 연구에서도 근력 증가에 긍정적인 효과가 있다고 보고되고 있다(Thiebaud et al., 2013; Yasuda et al., 2014). 근육 크기 증가와 관련된 호르몬의 변화도 확인할 수 있었으며(Patterson et al., 2013) 류마티스 관절염(Rodrigues et al., 2020)과 퇴행성 무릎 관절염 환자의 중재 방법으로 제시되기도 하였다(Ferlito et al., 2020). 이처럼 다양한 질환의 환자를 대상으로 혈류제한운동의 긍정적인 효과를 확인할 수 있었다.

하지만 대부분의 선행연구는 노인과 건강한 성인, 폐경기 여성 및 근·뼈대계 질환 환자 등을 대상으로 혈류제한운동의 효과를 확인하였고 기능적 활동을 위하여 몸통 안정화가 필요한 뇌성마비 아동을 대상으로 혈류제한운동 후 일반적 운동의 효과를 검증한 연구는 없고 부족하다. 따라서 본 연구는 혈류제한 후 일반적 운동이 뇌성마비 아동의 몸통 근육 두께에 미치는 영향을 확인하려고 하였으며 혈류제한운동의 기초자료와 뇌성마비 아동의 몸통 강화 훈련으로 제시한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구 대상자는 G시에 소재하는 기관에 내원한 경직형(spasticity) 뇌성마비 아동을 대상으로 진행하였고 신경외과나 재활의학과 전문의에게 뇌성마비 진단을 받고 대동작 기능 분류 시스템(Gross Motor Function Classification System)의 Level I 단계에 해당되는 5세~10세 미만 아동으로 선정하였다. 연구 대상자는 보조도구 없이 독립적으로 서 있는 자세 유지 및 보행이 가능한 아동을 대상으로 검사자가 구두 지시에 대하여 충분히 이해하고 따라 할 수 있을 정도의 의사소통과 인지 수준 능력을 갖춘 뇌성마비 아동 20명을 대상으로 실험군 10명과 대조군 10명으로 제비뽑기 방식을 이용하여 무작위 배정하였다. 제외기준은 최근 6개월 이내 경기(seizure)를 했거나 약 복용 후에도 경기가 멈추지 않는 아동과 시각적 문제와 시야 결손 장애가 있는 아동 및 관절의 구축이 있는 아동으로 설정하였다. 모든 연구 대상자와 보호자에게 연구 절차와 목적을 설명한 후 헬싱키 선언의 윤리적인 원칙에 따라 동의서를 받은 후 자발적으로 참여한 자를 연구 대상으로 선정하였다.

### 2. 실험 절차

본 연구는 혈류제한 후 일반적 운동을 적용한 실험군과 일반적 운동을 적용한 대조군으로 나누어 실시하였다. 실험군은 혈류제한을 위해 소아 혈류제한 커프를 이용하여 Patterson 등(2019)의 혈류제한압력 권고에 따라 최대 압력의 40%에 해당하는 압력을 무릎관절(knee joint)과 엉덩관절(hip joint)과 사이에 100mmHg 압력을 이용하여 적용하였고 3주 후에는 110mmHg 압력으로 혈류제한을 하였다. 대조군은 혈류제한 없이 일반적 운동을 하였다. 일반적 운동은 몸통 근력과 균형 능력 향상에 효과적인 교각운동 및 윗몸 일으키기 무릎 당기기 운동을 선정하여 실시하였다.

교각운동은 골반을 중립 위치에 위치시키며 바닥에서 허리와 엉덩관절을 펴고 하지 근육과 복부와 둔부의 근육을 활성화하도록 실시하였다. 윗몸 일으키기 운동은 변형된 치료용 테이블 위에서 갈고리 누운 자세 취하고 몸통 들기를 하면서 어깨뼈 아래까지 떨어지는 지점까지 몸을 굴곡 시켜 복부의 근육을 활성화하도록 실시하였다. 무릎 당기기 운동은 바로 누운 후 무릎을 가슴으로 당기며 10초간 유지하여 운동을 하였고, 각 일반적 운동은 5번 번 반복 적용하였으며 1회 20분, 주 3회, 5주 동안 실시하였다. 일반적 운동 시 각 운동이 마무리되면 2분의 휴식 시간을 제공하였으며 운동의 순서는 학습에 의한 효과를 제거하기 위하여 무작위로 배치하였다.

### 3. 측정방법 및 도구

중재가 끝난 다음날부터 몸통 근육 두께를 측정하기 위하여 초음파 영상 장비를(Mylabone, Esaote, Italy) 이용하였고 이 장비의 측정자 내 신뢰도는 급내 상관계수 .75~.98의 범위로 높은 신뢰도를 가지고 있다(Kim et al., 2011). 초음파 영상 장비의 주파수 변조 범위는 10MHz로 하였고 초음파 변환기는 7.5MHz 직선변환기(linear transducer)를 이용하였다. 몸통 근육 두께 측정 자세는 대상자를 침상에 바로 눕게 하여 무릎관절 아래에 삼각형 모양의 받침대를 받치고 몸통 근육의 오른쪽 부위만 측정하였다. 또한, 배가로근의 두께 변화에 호흡이 영향을 미칠 수 있기 때문에 호기의 마지막 단계에서 측정하였다(Hodges & Gandevia, 2000). 측정 방법은 변환기를 배꼽에서 바깥쪽으로 13cm 떨어진 지점과 앞위엉덩뼈가시(ASIS)와 겨드랑이선이 만나는 지점에서 배바깥근이 초음파 화면상 왼쪽에 위치하게 하여 배바깥근과 배속빗근 및 배가로근을 획득하였고(Park & Kim, 2021), 초음파 영상 장치의 캘리퍼를 이용하여 근막과 근막의 사이를 3회 측정 후 평균값을 이용하였다. 측정 시기별 측정 부위를 동일하게 유지하기 위해 수술용 펜으로 표시한 후 피부의 압박을 최소화하기 위하여 초음파 겔

(PROGEL-II, Dayo Medical, Co, Korea)을 피부와 변환기에 충분히 도포하였으며 검사자 간의 차이를 최소화하기 위해 몸통 근육에 대한 해부학 지식과 초음파 검사에 숙달된 물리치료사 1인으로 하여 측정하였다.

#### 4. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS 21.0(IBM Corporation, USA)을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하여 통계 처리하였다. 연구 대상자의 일반적인 특성을 확인하기 위해 기술통계를 사용하였다. 샤피로-윌크 검정 방법으로 정규성 검정을 하였고 모든 변수가 정규 분포하지 않아 비모수 검정을 실시하였다. 집단 내 전과 후의 차이를 알아보기 위하여 윌콕슨 부호 검정(Wilcoxon signed ranks test)을 실시하였고 집단 간 전과 후의 차이값을 비교하기 위하여 맨휘트니 U 검정(Mann-whitney U test)을 하였다. 모든 자료의 통계적 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 하였다.

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

	EG (n=10)	CG (n=10)	p
Gender (M/F)	4/6	4/6	
Age (years)	8.20±1.03	8.80±0.78	0.16
Height (cm)	96.10±8.37	95.20±5.34	0.79
Weight (kg)	18.10±1.28	17.90±2.92	0.10

Values are presented as mean±standard deviation, EG: experimental group, CG: control group

### III. 연구 결과

#### 1. 연구 대상자 일반적 특성

본 연구 대상자는 총 20명으로 실험군은 총 10명으로 남자 4명, 여자 6명으로 구성되었고, 평균 연령은 8.20±1.03세, 평균 신장은 96.10±8.37cm, 평균 체중은 18.10±1.28kg이었다. 대조군은 총 10명으로 남자 4명,

Table 2. A comparison of between pre-post

		EG	CG	z	p <sup>3)</sup>
EOT (mm)	Pre	0.13±0.31	0.12±0.38		
	Post	0.19±0.067	0.15±0.43		
	Difference <sup>1)</sup>	0.06±0.05	0.02±0.02	-2.24	0.02*
	z	-2.81	-2.12		
	p <sup>2)</sup>	0.01*	0.03*		
IOT (mm)	pre	0.18±0.89	0.19±0.07		
	post	0.29±0.12	0.22±0.08		
	difference <sup>1)</sup>	0.10±0.09	0.02±0.03	-2.39	0.02*
	z	-2.80	-2.21		
	p <sup>2)</sup>	0.01*	0.03*		
TAT (mm)	pre	0.10±0.02	0.11±0.03		
	post	0.16±0.03	0.13±0.03		
	difference <sup>1)</sup>	0.05±0.03	0.02±0.02	-2.08	0.04*
	z	-2.68	-2.02		
	p <sup>2)</sup>	0.01*	0.04*		

Values are presented as mean±standard deviation, EG: experimental group, CG: control group, EOT: external oblique thickness, IOT: internal oblique thickness, TAT: transversus abdominis thickness, <sup>1)</sup>Difference: post-pre, <sup>2)</sup>Wilcoxon signed ranks test, <sup>3)</sup>Mann-whitney U test, \*p<0.05.

여자 6명으로 구성되었다. 평균 연령은  $8.80 \pm 0.78$ 세, 평균 신장은  $95.20 \pm 5.34$ cm, 평균 체중은  $17.90 \pm 2.92$ kg 이었다. 연구 대상자의 일반적인 특성은 각 집단 간 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ )(Table 1).

## 2. 몸통 근육 두께의 변화

몸통 근육 두께를 알아보기 위하여 배바깥빗근과 배속빗근 및 배가로근을 측정하였다. 배바깥빗근과 배속빗근 및 배가로근 두께 변화는 실험 전, 후에 실험군과 대조군에서 유의한 차이를 보였으며( $p < 0.05$ ), 배바깥빗근과 배속빗근, 배가로근 집단 간 차이는 대조군 보다 실험군에서 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ )(Table 2).

## IV. 고찰

본 연구는 혈류제한 후 일반적 운동이 뇌성마비 아동의 몸통 근육 두께에 미치는 영향을 확인하고자 20명의 뇌성마비 환자를 대상으로 두 군으로 나누어 실험 전과 실험 후에 몸통 근육 두께를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 배바깥빗근과 배속빗근 및 배가로근의 두께는 집단 내 변화에서 유의한 차이가 있었고, 집단 간 차이에서도 유의한 차이가 있었다.

혈류 제한을 이용한 운동은 고강도 운동 효과를 저강도 운동만으로도 근육의 구조적 변화를 충분히 가져오는 것을 여러 연구를 통해 확인할 수 있었다. 근육 크기와 관련된 연구를 보면 Slys 등(2016)은 19건의 혈류제한 운동 연구를 메타 분석하여 혈류제한과 함께 적용한 다양한 저항 운동이나 유산소 운동은 근육의 크기를 증가시킨다고 보고했다. Scarpelli 등(2021)은 근감소증이 있고 무릎관절염을 동반한 남성 노인을 대상으로 약물 적용과 함께 혈류제한 운동 적용 후 초음파로 가쪽넓은근의 단면적과 두께를 평가하여 근육량 증가를 보고하며 혈류제한 운동은 운동을 하기 어려운 자들의 운동으로 효과적인 방법이라

고 언급하였다. Park과 Kim (2016)의 연구에서는 혈류 제한을 이용한 운동은 정상 성인의 배바깥빗근의 두께를 증가를 보고하였다. 본 연구와 선행연구가 같은 신경계 질환 대상자가 아니기 때문에 비교하기 무리가 있지만 근육량 감소로 발생하는 근감소증과 발달 장애로 인해 근육의 약화가 있는 점은 비슷하다고 볼 수 있고 혈류제한 이전 근육인 몸통 근육 두께 증가가 발생한 점이 일치하였다.

혈류제한 몸통 부위에 해당하는 근육의 두께 증가는 여러 대사 물질의 변화에서 찾을 수 있다. 혈류제한 커프를 이용하여 혈류를 제한하게 되면 우리 몸은 제한된 부위에서 먼 쪽은 저산소증이 유발된다(Larkin et al., 2012). 저산소증에서 운동 중재는 여러 대사물질을 우리몸에 축적하게 하고(Suga et al., 2010) 대사물질은 성장호르몬의 방출을 유도한다(Saatmann et al., 2021). 성장호르몬은 위성세포가 기존의 근섬유와 융합하도록 촉진하는 인슐린양성인자(insulin-like growth factor 1, IGF-1)의 방출을 유도하고 단백질 합성을 하여 근육 성장에 관여하므로(Saatmann et al., 2021), EG에서 단백질 합성이 더욱 증가되어 그 결과 외력과 큰 저항에 의해 증가하는 II형 타입인 배바깥빗근과 I형 타입의 배속빗근과 배가로근의 두께가 증가하지 않았나 생각되며 호르몬 변화에 대한 확실한 기전적인 부분이 밝혀진게 없어 본 연구의 몸통 근육의 두께 변화는 몸통 근육에 효과가 있는 훈련을 실시한 점과 다양한 호르몬 변화에 의해 이러한 결과가 발생한 것으로 생각되며 본 연구의 차이 값을 보면 모든 근육 두께가 CG보다 EG에서 많은 증가를 보여 이러한 해석을 배제할 수 없다.

또 다른 혈류제한 효과로 혈류제한 위치에 따라 효과는 달라지고 근육비대 전이도 발생한다는 점이다. Bowman 등(2019)는 26명의 대상자에게 6주간 저강도 혈류제한 운동이 넓다리 부위 두께와 무릎 펌 강도에서 유의한 증가를 보고하면서 반대측의 하지 근력 향상을 보고하였고, Yasuda 등(2014)는 혈류제한 운동 후 혈류제한을 하지 않은 큰볼기근의 두께 증가를 보고하였고, Kwon과 Ahn (2012)는 혈류제한을 넓

다리 부위에 적용하고 쪼그려 앉기와 펜싱 동작의 한 다리 서기 3가지 운동을 적용한 후 큰볼기근의 근력 향상이 되었다고 하였다. 뇌성마비 질환 특성상 운동 후 쉽게 피로해지는데 혈류제한을 통해 저산소 환경이 만들어지고 근섬유의 피로도를 더욱 가속화시켜 다수의 운동단위의 활성도가 증가하여 근육의 두께가 증가하였고(Yasuda et al., 2005), 혈류제한 운동을 하지 않은 위팔 펌 근에서 근육 비대와 비교처럼(Takarada et al., 2000) 근육 비대 전이로 인한(Takarada et al., 2004) 효과로 보인다. 또한, Centner과 Lauber (2020)는 메타분석 결과 저강도 혈류제한운동은 근활성도 수준에서 신경 적응의 증가를 보고 하여 혈류제한운동이 구조적 변화 외에 신경 변화도 영향을 미친다는 것을 확인 할 수 있다(Centner et al., 2019; Lixandrao et al., 2018). 본 연구에서 생체 내(in vivo) 변화를 확인하지 않아 단정 지을 수 없지만 선행연구 결과와 일치함을 확인하였다.

휴식시간과 혈류 제한 적은 압력도 근육 두께 증가에 영향을 미친다. 혈류제한으로 발생하는 성장호르몬과 함께 IGF-1은 30초 휴식 시간보다 90초 휴식 시간에서 많은 증가가 발생한다고 보고되었고(You et al., 2008) Park 등(2017)의 연구에서 혈류제한 면적을 나누어 팔에는 80mmHg 압력을 다리 부위에는 100mmHg 압력을 주어 운동을 증대하였고 3주 후에 100mmHg와 120mmHg 압력을 증가시켜 증대된 결과 팔과 다리의 혈류제한 군, 다리 혈류제한 군, 팔 혈류제한 군 순으로 면적이 클수록 효과가 크다고 보고하여 본 연구에서 충분한 휴식시간과 넓은 부위인 다리에 압력이 주어 이러한 결과가 발생한 것으로 생각된다.

주의점으로는 혈류제한 운동은 커프의 압박으로 인하여 피하출혈 저림 증상과 지연성 근육통 등의 증상이 발생할 수 있고(Kwon & Ahn, 2012) 압력 증가로 인한 혈류량 감소는 심혈관계 반응의 증가를 유발하며 운동에 부정적인 결과를 초래 할 수 있어(Jessee et al., 2017) 조심스럽게 접근해야 할 운동으로 생각된다. 본 연구 결과를 종합적으로 볼 때 대상자들에게 적은 압력이라도 넓은 부위에 혈류제한을 하고 충분

한 휴식 시간이 주면서 다양한 운동과 병행한다면 여러 부위에 운동 효과를 극대화 할 것으로 생각된다.

본 연구는 특정 지역의 기관에 내원하는 소수의 뇌성마비 아동을 대상으로 실시하였고 생체 내 변화를 확인하지 않고 몸통 근육의 두께만 확인하여 일반화하기에는 무리가 있다. 하지만 본 연구에서 혈류제한 운동으로 인하여 변화된 결과는 긍정적으로 생각되며 향후 연구에서는 본 연구에서 확인하지 못한 생체 내 변화와 다양한 연령층과 뇌성마비 타입의 다변화를 통해 질적인 연구가 필요해 보인다.

## V. 결론

본 연구는 뇌성마비 아동을 대상으로 혈류제한 후 일반적 운동을 실시한 결과 배마갈빗근과 배속빗근 및 배가로근의 두께 변화에서 유의한 증가를 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 토대로 혈류제한 후 일반적 운동을 뇌성마비 아동의 몸통 근육 강화 훈련 중재나 보조적인 방법으로 제시하며 뇌성마비와 혈류제한운동의 학문적 기초자료로 활용 가능성을 제시한다.

## References

- Abd-Elfattah HM, Aly SM. Effect of core stability exercises on hand functions in children with hemiplegic cerebral palsy. *Annals of Rehabilitation Medicine*. 2021;45(1):71-78.
- Ali MS, Abd El-Aziz HG. Effect of whole-body vibration on abdominal thickness and sitting ability in children with spastic diplegia. *Journal of Taibah University Medical Sciences*. 2021;16(3):379-386.
- Bowman EN, Elshaar R, Milligan H, et al. Proximal, distal, and contralateral effects of blood flow restriction training on the lower extremities: a randomized controlled trial. *Sports Health*. 2019;11(2):149-156.

- Centner C, Lauber B. A systematic review and meta-analysis on neural adaptations following blood flow restriction training: what we know and what we don't know. *Frontiers in physiology*. 2020;11:887.
- Centner C, Wiegel P, Gollhofer A, et al. Effects of blood flow restriction training on muscular strength and hypertrophy in older individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 2019;49(1): 95-108.
- Ferlito JV, Pecce SAP, Oselame L, et al. The blood flow restriction training effect in knee osteoarthritis people: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*. 2020;34(11):1378-1390.
- Fry CS, Glynn EL, Drummond MJ, et al. Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. *Journal of Applied Physiology*. 2010;108(5):1199-1209.
- Gulati S, Sondhi V. Cerebral palsy: an overview. *The Indian Journal of Pediatrics*. 2018;85(11):1006-1016.
- Hodges PW, Eriksson AM, Shirley D, et al. Intra-abdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine. *Journal of biomechanics*. 2005;38(9):1873-1880.
- Hodges PW, Gandevia SC. Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. *Journal of applied Physiology*. 2000;89(3):967-976.
- Hunt JE, Galea D, Tufft G et al. Time course of regional vascular adaptations to low load resistance training with blood flow restriction. *Journal of Applied Physiology*. 2013;115(3):403-411.
- Jessee MB, Dankel SJ, Buckner SL, et al. The cardiovascular and perceptual response to very low load blood flow restricted exercise. *International Journal of Sports Medicine*. 2017;38(08):597-603.
- Kim CY, Choi JD, Kin SY et al. Reliability and Validity of Ultrasound Imaging and sEMG Measurement to External Abdominal Oblique and Lumbar Multifidus Muscles. *Korean Research Society of Physical Therapy*. 2011;18(1):37-46.
- Kallem Seyyar G, Aras B, Aras O. Trunk control and functionality in children with spastic cerebral palsy. *Developmental neurorehabilitation*. 2019;22(2): 120-125.
- Kim DH, An DH, Yoo WG. Changes in trunk sway and impairment during sitting and standing in children with cerebral palsy. *Technology and Health Care*. 2018;26(5):761-768.
- Kwon HY, Ahn SY. The effects of leg blood flow restriction exercise on muscle size and muscle strength. *PNF and Movement*. 2012;10(1):61-70.
- Larkin KA, MacNeil RG, Diran M, et al. Blood flow restriction enhances post-resistance exercise angiogenic gene expression. *Medicine and science in sports and exercise*. 2012;44(11):2077-2083.
- Laurentino G, Ugrinowitsch C, Aihara A, et al. Effects of strength training and vascular occlusion. *International journal of sports medicine*. 2008;29(08):664-667.
- Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine & Science In Sports & Exercise*. 2012;44(3):406-412.
- Lixandrao ME, Ugrinowitsch C, Berton R, et al. Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*. 2018;48(2):361-378.
- Moreno-De-Luca A, Millan F, Pesacreta DR, et al. Molecular diagnostic yield of exome sequencing in patients with cerebral palsy. *Journal of the American Medical Association*. 2021;325(5):467-475.
- Norrud BC, Råheim M, Sudmann TT, et al. Facilitating new movement strategies: Equine assisted physiotherapy for children with cerebral palsy. *Journal of Bodywork*

- and Movement Therapies*. 2021;26:364-373.
- Park E, Castle K. The effect of an isometric trunk training during spinning in a child with cerebral palsy: a case report. *Interprofessional Journal of Healthcare and Research*. 2021;1(1):32-42.
- Park JC, Park MS, Kim YN. Effects of different sizes of blood flow restriction areas on changes in muscle thickness. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2017;29(2):80-84.
- Park JC, Kim YN. The Effect of a Modified Side-Bridge Exercise on the Thickness of Trunk Muscles in Healthy Adults. *PNF and Movement*. 2021; 19(1): 127-135.
- Park JC, Kim YN. Impact of waist stabilization exercise with blood flow restriction on white area index of trunk muscle thickness density. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2016;28(2):136-141.
- Patterson SD, Hughes L, Warmington S, et al. Blood flow restriction exercise: considerations of methodology, application, and safety. *Frontiers in physiology*. 2019;10:533.
- Patterson SD, Leggate M, Nimmo MA, et al. Circulating hormone and cytokine response to low-load resistance training with blood flow restriction in older men. *European journal of applied physiology*. 2013; 113(3):713-719.
- Rodrigues R, Ferraz RB, Kurimori CO, et al. Low-load resistance training with blood-flow restriction in relation to muscle function, mass, and functionality in women with rheumatoid arthritis. *Arthritis care & research*. 2020;72(6):787-797.
- Saatmann N, Zaharia O-P, Loenneke JP, et al. Effects of blood flow restriction exercise and possible applications in type 2 diabetes. *Trends in Endocrinology & Metabolism*. 2021;32(2):106-117.
- Santamaria V, Rachwani J, Saavedra SL, et al. The impact of segmental trunk support on posture and reaching in children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy*. 2016;28(3):285-293.
- Scarpelli MC, Bergamasco JGA, Arruda EA, et al. Resistance training with partial blood flow restriction in a 99-year-old individual: a case report. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2021;22(3):671764.
- Slysz J, Stultz J, Burr JF. The efficacy of blood flow restricted exercise: a systematic review & meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*. 2016;19(8):669-675.
- Stavres J, Singer TJ, Brochetti A, et al. The feasibility of blood flow restriction exercise in patients with incomplete spinal cord injury. *The Journal of injury, function, and rehabilitation*. 2018;10(12):1368-1379.
- Suga T, Okita K, Morita N, et al. Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *Journal of applied physiology*. 2010;108(6):1563-1567.
- Takano H, Morita T, Iida H et al. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *European Journal Applied Physiology*. 2005;95 (1):65-73.
- Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S, et al. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal of applied physiology*. 2000;88(1):61-65.
- Takarada Y, Tsuruta T, Ishii N. Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. *The Japanese journal of physiology*. 2004;54(6):585-592.
- Thiebaud RS, Loenneke JP, Fahs CA, et al. The effects of elastic band resistance training combined with blood flow restriction on strength, total bone-free lean body mass and muscle thickness in postmenopausal women. *Clinical physiology and functional imaging*. 2013; 33(5):344-352.
- Tsimerakis AF, Kottaras A, Iakovidis P, et al. The effect of

- kinesio taping on the trunk and lower limb function in children with cerebral palsy. *International Journal of Advanced Research in Medixine*. 2021;3(2):34-36.
- Vanwey WR, Weatherholt AM, Mikesky AE. Blood flow restriction training: implementation into clinical practice. *International journal of exercise science*. 2017;10(5):649-654.
- Verheyden G, Nieuwboer A, De Wit L, et al. Trunk performance after stroke: an eye catching predictor of functional outcome. *Journal of neurology, neurosurgery & psychiatry*. 2007;78(7):694-698.
- Yasuda T, Abe T, Sato Y, et al. Muscle fiber cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily KAATSU-resistance training. *International Journal of KAATSU Training Research*. 2005;1(2):65-70.
- Yasuda T, Fukumura K, Fukuda T, et al. Muscle size and arterial stiffness after blood flow-restricted low-intensity resistance training in older adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2014;24(5):799-806.
- You JM, Park HC, Yoon SJ. The effects of different resting intervals in strength training with vascular occlusion on hormonal response and muscular strength. *Korean Alliance For Health, Physical Education, Recreation, And Dance*. 2008;47(6):645-658.