

Impact of Waist Stabilization Exercise with Blood Flow Restriction on White Area Index of Trunk Muscle Thickness Density

jae-Cheol Park¹, Yong-Nam Kim²

¹Department of Physical Therapy, Graduate School, Nambu University; ²Department of Physical Therapy, Nambu University, Gwangju, Korea

Purpose: In this study experiments were performed during 6 weeks with 40 adults, 20 subjects in the waist stabilization exercise with blood flow restriction group and 20 subjects in the waist stabilization exercise without blood flow restriction group, in order to determine the impact of waist stabilization exercise on White Area Index (WAI) followed by blood flow restriction.

Methods: Thickness of external oblique abdominal muscle, internal oblique abdominal muscle, and transversus abdominis muscle, as well as density and WAI of external oblique abdominal muscle were measured, followed by performance of repeated ANOVA.

Results: Significant difference in thickness of external oblique abdominal muscle according to periodical difference was observed between groups ($p < 0.05$). Significant difference in thickness of internal oblique abdominal muscle and transversus abdominis muscle according to periodical difference was observed between groups ($p < 0.05$). Significant difference in density and WAI of external oblique abdominal muscle according to periodical difference was observed between groups ($p < 0.05$).

Conclusion: In conclusion, significant difference was observed after waist stabilization exercise with blood flow restriction. These results can be used as basic data for future research on waist stabilization exercise and blood flow restriction exercise.

Keywords: Blood flow restriction, Ultrasosonograph, Thickness, Density, WAI

서론

훈련을 통해서 얻을 수 있는 운동의 효과는 개인의 체력 수준에 따라 다소 차이가 있지만 대부분 운동강도에 비례하며,¹ 일반적으로 근육 비대의 증가를 위해서는 1 RM의 70% 이상의 고강도 저항성 운동을 하고,² 약 4-8주 정도의 기간이 필요하다. 반면 저강도 저항성 운동은 1 RM의 20-30% 이하에서 실시하며 근육 비대와 근력보다 근지구력만 향상된다고 하였으며,³ 근육 비대와 근력 향상을 가져오기 위해서는 고강도 저항성 운동은 필수적인 요소로 자리 잡고 있다. 하지만 체력수준이 낮고 나이가 많은 사람에게 고강도 저항 훈련은 오히려 부상을 발생시킬 수 있으며, 근육 비대를 증가하기 위해 점진적 저항 훈련을 하지 않으면 개선되기 어렵다.

최근 이러한 근육 비대를 증가하려는 운동방법에 상반되는 연구가 보고되고 있는데 저강도 저항성 운동(1 RM 20%)을 혈류 제한을 시키면서 실시하는 것이다.^{4,5} 혈류 제한 후 저 중량에서도 높은 근활

성도를 유도하고 고강도 저항성 운동과 비슷한 근육 비대, 근력, 근지구력 향상 효과를 나타낸다는 것이다.^{4,6} 가압 운동은 팔과 다리에 벨트 및 지혈대를 이용하여 혈류를 일시적으로 제한하여 1 RM의 20-30%로 단시간에 실시하는 것이며, 벨트의 압력은 연구마다 차이가 있지만, 평균 수축기 혈압보다 높게 설정하며 팔의 경우 100 mmHg, 넓적다리는 200 mmHg를 적용하지만 실제로 동맥에 전해지는 압력은 다소 감소하는데 피하조직의 두께에 따른 압력의 전달이 다르게 나타날 수 있기 때문이다.⁷ 이러한 가압 운동은 근육 단백질의 합성을 증가시키고 mammalian target of rapamycin (m-TOR) 신호 경로를 활성화할 수 있다고 보고되었으며,⁸ 근육에서의 단백질 합성이 56%가 증가하였고, p70 리보솜 단백질 p70 ribosomal S6 Kinase 1 (S6K1)과 리보솜 단백질 S6의 인산화를 증가시켜 m-TOR 신호 경로를 활성화하며,⁹ 이러한 신호 경로의 활성화는 단백질 합성 개시(translation initiation)를 향상할 수 있음을 의미한다.¹⁰ 이는 건강상의 문제로 운동을 할 수 없는 노인이나 환자들에게 가압 처치 후 저강도 저항 훈련을

Received Mar 22, 2016 Revised Apr 28, 2016

Accepted Apr 29, 2016

Corresponding author Yong-Nam Kim

E-mail kyn0231@nambu.ac.kr

Copyright ©2016 The Korea Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute 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.

통해 고강도 훈련 효과를 기대할 수 있다.

Patterson과 Ferguson은¹¹ 노인들을 상대로 하지에 가압 처치 후 훈련에서 노인들의 근력이 향상하였다고 보고하였고, 또 다른 연구에서는 8주간 1 RM의 20% 강도의 훈련으로 가압 운동군에서 무릎 신전근의 횡단면적이 10% 증가하였다고 보고하였다.¹² 또 다른 연구에서는 일반군은 횡단면적이 1.8% 증가했지만, 가압 처치군에서는 8.5%의 증가를 했다고 보고하였으며,¹³ 8주간 중년 비만 여성들 대상으로 한 연구에서는 가압 처치 후 체성분, 호흡, 순환계, 심혈관계 변화 연구에서 유의한 차이가 있었다고 보고하였다.¹⁴ 허리안정화 운동과 초음파를 이용한 연구도 활발하게 진행되고 있으며,¹⁵⁻¹⁹ 선행연구들을 통해서 가압 운동과 허리안정화 운동의 긍정적인 효과가 많이 보고되고 있지만, 대부분 가압을 팔다리 중 한 곳에 적용하였고, 근육의 영상구조 특성 변화를 규명하고 근두께, 근육영상밀도, 백색영역지수에 대한 영상구조적 특성 변화에 관한 연구는 전혀 없는 실정이다. 그러므로 체간을 안정화하는 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근의 근두께, 밀도, 백색영역지수를 가압 처치 여부에 따른 허리안정화 운동이 미치는 영향을 연구하려고 하며, 따라서 본 연구에서는 가압을 이용한 짐볼에서 허리안정화 운동이 몸통 근육의 구조적 변화를 초음파로 분석 연구함으로써 임상에서의 재활 프로그램에 기초자료로 활용하는 데 목적이 있다.

연구방법

1. 연구대상

본 연구에 참여한 대상자는 남자 20명과 여자 20명 총 40명이며, 실험군 20명, 대조군 20명으로 나누어 실험을 진행하였으며, 대상자의 선정 기준은 연구에 관한 충분한 설명을 듣고 사전 동의서 작성 후 실험에 참여하였으며, 내·외과적 질환 및 근·골격계 질환이 없는 자, 수축기 혈압이 140 mmHg 이상, 확장기 혈압이 90 mmHg를 넘지 않은 자, 6개월 이상 정기적으로 운동하지 않는 자로 무작위 선정하였으며, 연구 대상자에 관한 일반적 특성은(Table 1)과 같다.

Table 1. General characteristics of subjects

	Group 1 (N=20)	Group 2 (N=20)	p
Age (year)	21.4±1.20	21.1±1.32	0.513
Height (cm)	169.2±8.83	163.9±7.86	0.070
Weight (kg)	61.4±10.80	59.8±8.25	0.636
BMI (kg/m ²)	21.5±3.01	22.1±2.47	0.479

Group 1: Blood flow restriction therapy stabilization exercise.
Group 2: Stabilization exercise.
Values are presented as mean ± standard deviation.
BMI: Body mass index.

2. 실험방법

실험군의 정맥류 회귀를 제한하기 위하여 수은식 혈압계를 이용하여 만든 간이 가압 벨트를 각각 좌우 팔과 다리의 몸쪽 부위에 운동이 방해되지 않게 적용하였고, 가압 벨트의 압력은 바로 누운 자세에서 팔은 80 mmHg, 다리는 100 mmHg의 압력을 2주 간격으로 10 mmHg씩 점진적으로 증가시켜 운동 4주차에는 팔은 100 mmHg, 다리는 120 mmHg를 적용하였다. Plank exercise, Leg raise on ball exercise, Abdominal curls on ball exercise, bridge exercise를 바탕으로 재구성하여, 실험군은 가압 처치 후 짐볼을 이용한 허리안정화 운동을 시행하였으며 대조군은 가압 미적용 짐볼 허리안정화 운동으로 나누어 각 6주간 주 3회 1일 30분씩 중재하였다.

1) 측정도구

(1) 초음파영상측정

근육의 두께 측정 및 디지털 영상분석을 위한 초음파 영상수집은 초음파 영상 장치(Veru Health Care, Singapore) 이용하여 측정하였으며, 이 장치의 주파수 변조 범위는 6.5-8.5 MHz이고 gain의 범위는 20-80이다. 초음파 변환기는 3.5 MHz 선형탐촉자(linear transducer)이며, 근육 측정 자세는 반드시 누운 자세를 취하고 배꼽에서 바깥쪽으로 13 cm, 전상장골극(ASIS)에서 직선이 만나는 지점에서 초음파 화면에 배바깥빗근이 왼쪽 가장자리에 위치하게 설정하여 측정하였고, 호흡이 근두께에 영향을 미칠 것을 고려하여 호기 후 호흡을 멈춘 상태에서 측정하였다. 측정 부위를 정확히 유지하기 위해 유성펜으로 표시한 후 시행하였으며, 피부의 압박을 최소화하기 위해 충분한 양의 초음파 겔(Dayo Medical CO., PROGEL-II, Korea)을 도포하였다. 측정이 일정하게 되도록 변화를 피부와 직각으로 유지하여 좌측 근육을 획득하였고 3회 반복 측정 후 그 평균값을 근육의 두께로 정하였으며, 검사자 간의 차이를 최소화하기 위해 체간의 해부학적 식과 초음파 변환기에 숙달된 물리치료사 1인이 측정하였다.

(2) 디지털 영상분석

초음파 영상 장치에서 획득한 영상을 영상 프로그램(Image-Pro Plus 4.1 Media Cybernetics, USA)으로 옮겨 근막이나 근 건 이행부가 포함되지 않도록 주의하여 분석하고자 하는 부분을 사각형 모양으로 추출하였다.²⁰ 추출한 근육마스크의 평균 화소 수는 배바깥빗근은 2,532화소(pixel value)였다.

① 근육영상밀도(density)

배바깥빗근의 근육영상밀도를 측정하기 위하여 명암도 분석을 이용하여 분석하였고 근막이 포함되지 않도록 사각형 영역을 선택하여 화소값(pixel value)을 구하였는데 선택된 화소가 순수한 검정이면

평균값은 0이 되고, 흰색이면 평균값이 255가 된다.²¹

② 백색영역지수(white area index, WAI)

배바깥빗근의 백색영역지수는 선택된 사각형의 영역에서 눈으로 흰색으로 보이는 모든 영역(화소값 70 이상)의 화소수를 전체 화소수로 나눈 값으로 하였다.²²

(3) 분석 방법

모든 자료는 SPSS ver 12.0 통계 프로그램을 이용하여 분석하였고 대상자의 일반적 특성의 정규분포 여부를 알아보기 위해 단일표본 Kolmogorov-smirnov 검정을 하여 정규분포가 인정되어 두 그룹의 운동 전과 운동 3주 후, 운동 6주 후의 측정 변인에 대한 변화를 알아보기 위해 반복측정 분산분석(repeated ANOVA)을 이용하였다. 개체 내 효과 검정에서 시기와 군 간의 상호작용이 있는 경우에는 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 하였고 사후검정으로는 Scheffe 다중비교분석을 실시하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위하여 0.05로 설정하였다.

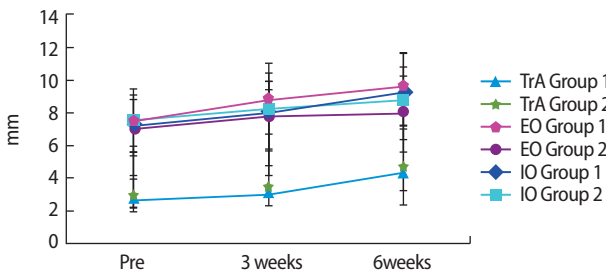


Figure 1. Comparison of external oblique abdominis, internal oblique abdominis, and transverse abdominis muscle thickness.

결 과

1. 배바깥빗근의 근두께 변화

각 군의 배바깥빗근의 근두께에 대한 반복측정 분산분석 결과 근두께 변화에서 시기별, 시기와 군 간 상호작용은 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 집단 간 변화에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$) (Table 2) (Figure 1).

2. 배속빗근의 근두께 변화

각 군의 배속빗근의 근두께에 대한 반복측정 분산분석 결과 근두께 변화에서 시기별은 유의한 차이를 보였고($p < 0.01$), 시기와 군 간 상호작용과 집단 간 변화에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$) (Table 2) (Figure 1).

3. 배가로근의 근두께 변화

각 군의 배가로근의 근두께에 대한 반복측정 분산분석 결과 근두께 변화에서 시기별은 유의한 차이를 보였고($p < 0.01$), 시기와 군 간 상호작용과 집단 간 변화에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었다

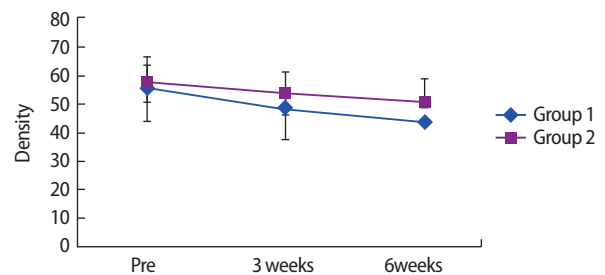


Figure 2. Comparison of external oblique abdominis muscle density.

Table 2. Comparison of trunk muscle thickness and density, WAI

			Pre	3 weeks	6 weeks	F			Post-hoc
						Time	Group	Time X Group	
Thickness	EO	Group1	7.54±1.89	8.83±2.22	9.49±2.23	41.501*	2.252	4.694*	a,b<c a,b,c
		Group2	7.01±1.84	7.92±2.04	8.05±2.24				
	IO	Group1	7.50±2.00	8.10±2.37	9.34±2.29				
		Group2	7.51±1.66	8.16±2.23	8.66±2.22				
	TrA	Group1	2.84±0.89	3.18±0.94	4.38±1.19				
		Group2	3.09±0.88	3.52±1.21	4.65±2.32				
Density	EO	Group1	55.28±11.38	49.43±11.90	44.23±9.12	22.281*	2.585	1.387	
	Group2	57.32±6.41	54.02±7.49	50.62±8.44					
WAI	EO	Group1	0.46±0.18	0.35±0.22	0.27±0.19	26.716*	0.474	0.68	
		Group2	0.48±0.29	0.40±0.24	0.34±0.22				

Group1: Blood flow restriction therapy stabilization exercise.
 Group2: Stabilization exercise.
 Post-hoc: one way ANOVA.
 EO: External oblique abdominis, IO: Interanal oblique abdominis, TrA: Transversus abdominis.
 * $p < 0.05$

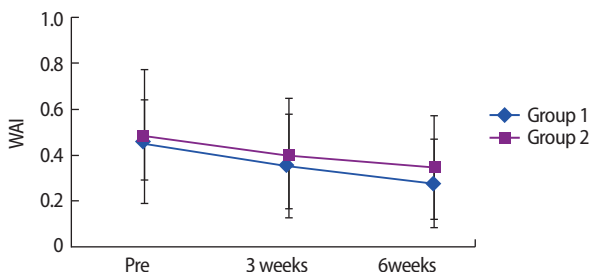


Figure 3. Comparison of external oblique abdominis muscle WAI.

($p > 0.05$) (Table 2) (Figure 1).

4. 배바깥빗근의 밀도 변화

각 군의 배바깥빗근의 밀도에 대한 반복측정 분산분석 결과 밀도 변화에서 시기별은 유의한 차이를 보였고($p < 0.01$), 시기와 군 간 상호작용과 집단 간 변화에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$) (Table 2) (Figure 2).

5. 배바깥빗근의 백색영역지수 변화

각 군의 배바깥빗근의 백색영역지수에 대한 반복측정 분산분석 결과 백색영역지수 변화에서 시기별은 유의한 차이를 보였고($p < 0.01$), 시기와 군 간 상호작용과, 집단 간 변화에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$) (Table 2) (Figure 3).

고 찰

가압 운동은 근육조직에 혈류를 제한하여 울혈을 유발하고 저 산소화를 만들며, 혈중 젖산의 수치와 pH수준을 높게 만들고 근육 단백질 합성을 증가시킨다.⁸ 또한 신경근 활동 강화, 내분비계의 활성화를 증가하여²³ 근비대를 유발한다. 혈류 제한으로 무산소 대사과정으로 전환을 유도해 고강도 저항훈련과 같은 효과를 발생하게 하는 것은 기전적인 이해에 필요한 요인 중 한 부분으로 생각된다.

본 연구에서 6주간 팔과 다리에 혈류 제한 후 짐볼을 이용하여 허리 안정화 훈련을 시행하였고, 초음파를 이용해 시기별로 실험 전, 3주 후, 6주 후로 시기를 나누어 실험 후 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근의 근두께와 디지털 영상분석을 통한 배바깥빗근의 밀도(density)와 백색영역지수(WAI) 변화를 분석하였다. 본 연구에서 이용된 초음파는 초음파영상도 신뢰도 연구에서 높은 수준의 신뢰도가 입증된 장비이며,²⁴ 연구 결과 배바깥빗근 근두께에서 시기별, 시기와 군 간 상호작용에 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$), 집단 간 비교에서는 유의하지 않았다($p > 0.05$). 시기와 군 간 상호작용에서 유의한 차이가 발생하여 일원비치분산분석을 시행하여 사후검정 결과 운동 전과 6주

후에 유의한 차이가 있었던 것을 알 수 있었다($p < 0.05$). 배속빗근은 시기별에서만 유의한 차이가 있었고($p < 0.01$), 집단 간, 시기와 군 간 상호작용 비교에서 유의하지 않았다($p > 0.05$). 배가로근도 시기별에서만 유의한 증가가 있었고($p < 0.01$), 집단 간, 시기와 군 간 상호작용 비교에서 유의하지 않았다($p > 0.05$).

선행연구를 살펴보면 16명의 성인을 대상으로 하지에 가압적용 후 2주간 걷기 운동을 시행하여 무릎 굽힘력의 유의한 증가와 MRI 측정결과 넓적다리 둘레가 유의하게 증가하였다고 보고하였고,²⁵ 또한 중년 여성(47-67세)을 대상으로 16주간 1 RM의 30-50%의 저항도로 운동하여 위팔두갈래근의 횡단면적을 비교하여 대조군은 6.9% 증가했지만, 혈류 제한 군은 20.3% 증가를 했다고 보고하였다.²⁶ 또 다른 연구에서는 8주간 1 RM의 20% 저항도로 혈류제한운동그룹과 일반운동그룹, 운동하지 않고 혈류제한만 한 그룹으로 나누어 실험한 결과 혈류제한운동그룹에서 근육의 횡단면적이 유의하게 증가하였다고 보고하였다.¹²

선행연구와 다르게 집단 간 비교에서 유의하지 않은 것은 선행연구들은 가압을 적용한 면 쪽 부위 근육에 저항훈련을 하고 횡단면적을 측정한 반면, 본 연구는 저항이 없는 짐볼 위에서 안정화 운동을 하였고, 몸통 근육을 측정하여 이와 같은 결과가 발생하였다. 하지만 배바깥빗근과 배속빗근의 증가 폭을 보면 가압 미적용 허리안정화 운동군에 비해 가압 적용 허리안정화 운동군에서 더 높은 증가 폭이 발생하였는데 훈련 횟수와 적용 기간을 증가시켰다면 집단 간의 유의한 차이가 발생할 가능성이 있고, 가압으로 인해 발생한 젖산을 제거하기 위해 성장호르몬의 증가가²⁷ 몸통 바깥 근육의 비대를 유발한 것으로 설명이 된다.²⁸ 배가로근은 다른 근육들의 두께 증가보다 두 군에서 비슷하였는데 이는 불안정한 바닥면에서의 운동은 표층에 있는 배바깥빗근의 수축비율이 더 많이 증가한다는 연구 결과와,²⁹ 근생검(muscle biopsy) 연구에서 Type-I섬유(5.9%), Type-II섬유(27.6%)의 양자 혹은 주로 Type-II섬유의 비대가 확인되었다.³⁰ 불안정 면에서 운동이 몸통 근육의 가장 표층에 있는 배바깥빗근과 배속빗근의 수축력과 근두께 증가에 영향을 주었으며, 혈류 제한으로 유산소에서 무산소 대사과정으로 전환하면서 가장 심부에 있는 근육이며 자세 유지하는 I형 섬유라는 것을 고려할 때 본 연구에서 집단 간의 차이가 없는 것으로 나타났다. Madarame과 Neta는,³¹ 팔꿈치관절 굽힘에 대한 가압적용 저항도 운동 경우 운동하지 않은 편 근에서도 유의한 근비대를 확인하였고, 가압을 적용하지 않은 고강도 저항운동에서는 편근의 비대가 발생하지 않았다고 보고하였다. 이러한 결과는 가압을 적용하지 않은 체간에서도 근비대를 기대할 수 있음을 시사하며, 본 연구에서 체간 근육의 비대는 임상적으로 의미가 있는 결과로 생각한다.

디지털 영상 분석 항목 중 근육영상밀도는 근섬유가 아닌 지방이

나 결합조직에서 높은 반사율을 보이며 나이가 많을수록 높은 반사율을 보인다고 하였고 또한 나이가 적고 훈련이 잘된 근육일수록 근육영상밀도와 백색영역지수가 적게 나왔다.³² 질적 특성에 관련된 근육영상밀도와 백색영역지수에 대한 선행연구에서 잘 훈련된 건강한 근육은 선이 밝고 뚜렷하고 어둡게 나타났지만 질병이 있는 근육은 구조가 산만하며 흰색 부분이 많이 나타난다.³³

본 연구에서 배바깥근의 근육영상밀도(density)와 백색영역지수(white area index, WAI)는 시기별 유의한 차이를 보였고($p < 0.01$), 시기와 군 간 상호작용과 집단 간에서 유의하지 않았다($p > 0.05$). 선행연구에서는 불안정면 동적 안정화 운동군과 안정면 정적 안정화 운동군 대조군으로 나누어 6주간 배가로근의 밀도와 백색영역지수 연구에서 불안정면 동적 안정화 운동군과 대조군에서 밀도 변화에서만 집단 간 유의한 결과가 발생했다고 보고 하였는데,³⁴ 본 연구에서도 건강하고 훈련이 잘된 근육일수록 근육영상밀도와 백색영역지수가 낮아진다는 선행연구와 비슷한 결과가 나타나,³² 골격근의 차이가 있는 것으로 나타났으며, 본 연구에서 집단 간 차이가 없었던 이유는 정상 성인을 대상으로 성별에 따른 넵다리골은근 영상밀도 변화 연구에서 모든 연령층에서 여자의 근육영상밀도가 높았고 이는 여성이 남성보다 신체적 활동량이 적어서 나오는 현상이라고 하였는데,³² 본 연구에서 실험에 참여한 대상자 중 활동량이 적은 20명의 여성으로 인해 집단 간 차이가 없었던 것으로 생각된다. 또한 밀도와 백색영역지수는 지방이나 결합조직에 높은 반사율을 보이는데 혈류제한으로 무산소 대사 상태에서 운동을 시행하여 많은 지방이 제거 되지 않아 이와 같은 결과가 발생한 것으로 생각된다. 하지만 감소폭을 보아 적용기간을 증가 시켰더라면 시기와 집단 간 차이가 발생할 가능성이 있다.

본 연구는 운동 기간이 짧고 운동량도 적었지만, 가압치치 허리안정화 운동으로 인해 나타난 변화는 긍정적으로 생각되며, 제한점으로 적은 대상자와 짧은 실험 기간으로 인해 일반화하는 데 어려움이 있었고, 초음파로만 연구하여 생리 생화학적 변화에 대한 아쉬움이 남는다. 차후에 충분한 실험 기간과 운동량, 가압적용 압력의 차이, 적용 부위, 나이의 다변화, 생리 생화학적 변인들의 변화에 대한 분석을 통해 질적 연구가 필요하며 가압적용과 함께 할 수 있는 운동 개발 연구가 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

1. Wilmore JH, Costill DL, Larry KW. Physiology of sport and exercise (4th Ed). Human Kinetics.
2. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine Position Stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(3):687-8.
3. Sung DH. The effect of one repetition maximum according to the types of intensities in weight training on muscular functions, cross-sectional area of muscle and blood fatigue factors. Keimyung University. Dissertation of Doctorate Degree. 2012.
4. Loenneke JP, Welson JM, Marin PJ et al. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(5):1849-59.
5. Loenneke JP, Pujol TJ. Sarcopenia: An emphasis on occlusion training and dietary protein. *Hippokratia.* 2011;15(2):132-7.
6. Sata S. Kaatsu training for patella tendinitis patient. *Int J Kaatsu Training Res.* 2005;1:29-32.
7. Shaw JA, Murray DG. The relationship between tourniquet pressure and underlying soft-tissue pressure in the thigh. *J Bone Joint Surg AM.* 1982;64(8):1148-52.
8. Fujita S, Abe T, Drummond M et al. Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. *J Appl Physiol.* 2007;103(3):903-10.
9. Fry CS, Glynn EL, Drummond MJ et al. Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. *J Appl Physiol.* 2010;108(5):1199-209.
10. Abe T, Loenneke JP, Fahs CA et al. Exercise intensity and muscle hypertrophy in blood flow-restricted limbs and non-restricted muscles: a brief review. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2012;32(4):247-52.
11. Patterson SD, Ferguson RA. Enhancing strength and postocclusive calf blood flow in older people with training with blood-flow restriction. *J Aquing Phys Act.* 2011;19(3):201-13.
12. Takarada Y, Tsurutani T, Ishii N. Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. *Jpn J Physiol.* 2004;54(6):585-92.
13. Abe T, Yasuda T, Midorikawa T et al. Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily "KAATSU" resistance training. *Int J Kaatsu Training Res.* 2005;1(1):6-12.
14. Choi HM, Lee DJ. Effect of Pressurization Training With Walking on Body Composition Respiratory Function, and Cardiovascular Response in Middle-Aged Obese Women. *Journal of Life Science.* 2012;22(4):545-51.
15. Lee WJ, Park S, Park JW. Influence of trunk stabilization exercise upon the lumbar stabilization and foot pressure in patients with back pain. *J Korean Soc Phys Ther.* 2014;26(1):21-6.
16. Shim HB, Cho HY, Choi WH. Effects of the trunk stabilization exercise on muscle activity in lumbar region and balance in the patients with hemiplegia. *J Korean Soc Phys Ther.* 2014;26(1):33-40.
17. Yeom JN, Lim CG. Change of static and dynamic foot pressure after trunk stabilization exercises in children with spastic diplegic cerebral palsy. *J Korean Soc Phys Ther.* 2014;26(4):274-9.
18. Lee HJ, Kim MK, Ha HG et al. Comparison of muscle architecture of lower extremity using rehabilitative ultrasound image in young adults: A comparative study of muscle cross-sectional area of lower extremity of Seoul and Hanoi in Vietnam. *J Korean Soc Phys Ther.* 2014;26(5):324-30.
19. Lee WJ, Kong YS, Ko YM et al. Effect of unstable surface exercise on trunk posture and balance ability in patients with scoliosis: After six months follow-up. *J Korean Soc Phys Ther.* 2013;25(5):232-8.
20. Maurits NM, Bollen AE, Windhausen A et al. Muscle ultrasound analy-

- sis normal values and differentiation between myopathies and neuropathies. *Ultrasound Med Biol.* 2003;29(2):215-25.
21. Maurits NM, Beenakker EA, van Schaik DE et al. Muscle ultrasound in children: Normal values and application to neuromuscular disorders. *Ultrasound Med Biol.* 2004;30(8):1017-27.
22. Maurits NM, Beenakker EA, Van Schaik DE et al. Muscle ultrasound in children: Normal values and application to neuromuscular disorders. *Ultrasound Med Biol.* 2004;30(8):1017-27.
23. Soto Y, Ishii N, Nakajima T et al. KAATSU training: Theoretical and Practical Perspectives. goudan Co, 2007.
24. Lee JA, Kim SY. Reliability of Ultrasonography for The Lomgus Collo Asymptomatic Subjects. *J Korean Soc Phys Ther.* 2011;23(4):59-66.
25. Chun JM. The effects of Pressurization Training with Short-Term Walk on Cardiorespiratory Responses and Skeletal Muscle Function. Kyung Hee University. Dissertation of Doctorate Degree. 2008.
26. Takarada Y, Takazawa H, Sato Y et al. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol.* 2000;88(6):2097-106.
27. Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S et al. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *J Appl Physiol.* 2000;88(1):61-5.
28. Beekley MD, Sato Y, Abe T. KAATSU-walk training increases serum bone-specific alkaline phosphatase in young men. *Int J KAATSU Training Res.* 2005;1(2):77-81.
29. Vera-Garcia FJ, Grenier SG, McGill SM. Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Phys Ther.* 2000;80(6):564-9.
30. Yasuda T, Abe T, Soto Y et al. Muscle-fiber cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily KAATSU resistance training. *Int J Kaatsu Training Res.* 2005;1(2):65-70.
31. Madarame H, Neya M, Ochi E et al. Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. *Med Sci Sport Exerc.* 2008;40(2):258-63.
32. Jung JG, Kim TY, Kim YN et al. Analysis of s EMG median frequency and ultrasound image echo density of normal skeletal muscle. *J Korean Soc Phys Ther.* 2006;18(1):83-94.
33. Nielsen PK, Jensen BR, Darvann T et al. Quantitative ultrasound image analysis of the supraspinatus muscle. *Clin Biomech.* 2000;15(1):13-6.
34. Han JM, Park JC, Kim KS et al. The effect of dynamic stabilization exercise on unstable surface on thickness, density of back muscle. *JKAIS.* 2015;16(3):1957-63.