

동적 및 정적스트레칭이 점프높이와 근활성도에 미치는 급성효과

양대중*, 정용식**
세한대학교 물리치료학과*, 목포중앙병원**

The Acute Effects of Dynamic and Static Stretching on Jump Height and Muscle Activity

Dae-Jung Yang*, Yong-Sik Jeong**

Dept. of Physical Therapy, Sehan University*, Jung-Ang General Hospital**

요약 본 연구는 정상 성인들을 대상으로 동적, 정적 스트레칭을 적용하여 점프 높이와 점프동안의 근활성도를 측정하여 비교·분석함으로써 스포츠 활동에서의 스트레칭 방법에 대한 기초 자료를 제공하는데 목적이 있다. 20명의 대상자를 무작위 추출하여 2 group으로 각각 10명씩 나누었다. 각 각 다른 그룹에 동적, 정적 스트레칭을 적용하였다. 스트레칭 적용 전후에 점프 높이와 점프동안의 외측광근과 비복근의 근활성도를 측정하였다. 통계학적 처리는 공분산 분석을 이용하여 실시하였다. 결과는 동적 스트레칭이 정적 스트레칭보다 점프높이($p<.05$)와 점프 동안의 외측광근의 근 활성도($p<.05$)에서 효과적임을 알 수 있었다. 따라서 강한 근력을 필요로 하는 운동선수들에게 동적스트레칭을 준비운동으로 적용할 필요성이 있을 것으로 생각된다.

주제어 : 동적 스트레칭, 정적 스트레칭, 수직점프, 근활성도

Abstract The purpose of this study was to provide a foundation for the methods of stretching in sports activities. The subjects were normal adults, the applied exercise was dynamic and static stretching and the research methods were measuring the jump height and muscle activity during jumping with subsequent data comparison and analysis. Twenty normal adults were randomly divided into 2 groups, and each group performed dynamic or static stretching. Jump height and the vastus lateralis and gastrocnemius muscle activities were measured during jumping, which was performed immediately before and after stretching. Statistical analysis was performed using an analysis of covariance. The results indicated that dynamic stretching was more effective than static stretching with respect to both jump height ($p<.05$) and muscle activity of the vastus lateralis ($p<.05$). Consequently, it was believed that dynamic stretching should be applied as a warm-up exercise for athletes who need to build and maintain high muscle strength.

Key Words : Dynamic stretching exercise, Static stretching exercise, Vertical jump, Muscle activity

* 2013년 세한대학교 교내연구 지원비에 의해 쓰여진 것임

Received 12 June 2013, Revised 17 July 2013

Accepted 20 August 2013

Corresponding Author: Yong-Sik Jeong (The Society of Digital Policy)

Email: ys48044@gmail.com

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. 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.

1. 서론

스트레칭은 일반적으로 지연성 근육의 통증(soreness)을 경감하거나[2], 예방[3], 관절에 대한 운동범위를 증가시키는 방법으로 알려져 있으며[4] 또한 짧아진 근육으로 인한 손상의 위험을 방지하기 위하여 사용된다[5]. 그리고 보편적으로 신체적 활동을 하기 전에 심신준비의 목적으로 보편적으로 사용된다[6]. 정적 스트레칭은 선수들의 수행(performance)력 강화와 부상 위험을 감소시키기 위한 준비 운동으로 자주 이용된다[7]. 정적인 스트레칭은 가장 일반적인 방법이며[8], 관절을 끝 지점까지 통증의 발생 이전까지 천천히 움직이는 것이다[7]. 그리고 관절가동범위 증가와[9], 관절가동범위의 극대화를 통해 관절의 협응(coordination)을 개선하여 수행을 향상시킨다[10]. 또한 건과 근육섬유의 순응도, 힘용량의 증가로 인해 근-건부위(musculoten -dinous unit)에 손상을 방지하는 방법으로 지지되고 있다[3]. 그럼에도 불구하고, 운동전에 정적 스트레칭이 부상위험을 줄일 수 있다는 이론을 지지하는 결정적인 증거들은 부족하며[11], 선행 연구들에 의하면 정적 스트레칭 적용 후에 근육의 근력이 감소한다고 하였다[12][13][14][15].

최근 선행 연구에 의하면, 준비운동의 일환으로 동적 스트레칭이 이용이 권장되고 있다. 왜냐하면, 동적 스트레칭은 체온상승, 근 혈류량 증가, 신경전도 속도 개선 효과로 인하여 수행력 향상에 긍정적 영향을 미치기 때문이다[16]. 또한 신경근 활동의 감소 없는 관절의 운동을 통하여 유연성을 증가 시키며[8], 신경근 기능의 증진과 협응 및 균형의 증진을 가져온다[17]. 동적 스트레칭은 실제 스포츠 동작과 유사한 움직임 패턴을 사용하기 때문에 협응성 증가는 물론, 스포츠 관련 기술의 예행연습을 위한 기회를 제공한다[18]. 동적 스트레칭은 워킹런지(walking lunge), 무릎 높이들기(high knee pulls), 카오리카(carioca)와 같은 운동들을 점진적으로 가속화 하면서 수행한다[7]. 사전 연구에 의하면, 동적인 스트레칭 이후 달리기 [19], 점프[20] 그리고 최대 힘 생성 능력[21]에 효과가 있다고 한다.

본 연구는 정상 성인들을 대상으로 정적 스트레칭과 동적 스트레칭 적용후의 점프 시 최대 높이와 근 활성도를 비교함으로써 스트레칭에 대한 효과를 알아보고자 한다. 점프동작은 하지의 최대수행능력을 평가할 수 있는

대표적인 운동과제로써 신체추진을 위한 근골격계의 동역학적 기전과 운동 제어등 다양한 기전들을 규명하기 위해 사용되며[22][23], 간단하면서도 신뢰도 있는 운동 과제이다[1]. 수직 점프동안 시 신체중심점 높이와 속도는 스포츠 활동과 교육의 장에서 근육의 협응 및 신체적 능력을 평가하는 기능적 방법으로 흔히 이용된다[24].

비록 스포츠영역에서 정적 스트레칭과 동적 스트레칭이 각각의 연구는 진행 되고 있으나 정적, 동적 스트레칭에 적용후의 수행능력의 간의 연구는 미미한 실정이다. 그래서 본 연구는 정상 성인을 대상으로 정적, 동적 스트레칭후의 급성 효과를 알아봄으로써 스포츠 활동에서의 스트레칭에 대한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

2. 실험방법

2.1 연구 대상자

이 연구의 대상자는 S대학교 재학중인 건강한 남성 20대를 대상으로 하였다. 대상자는 동적 스트레칭그룹과 정적 스트레칭그룹으로 각각 10명씩으로 구성하였다. 연구 대상자는 22-24세 미만으로 모두 근골격계 질환이 없는 건강한 상태로 점프 수행하는데 지장이 없었다. 또한 실험하기 24시간 전에 강렬한 운동을 피하도록 지시하였다. 무작위 추출법을 통해 두 그룹으로 나뉘었다. 연구대상자의 신체적 특성은 다음과 같다(Table 1).

〈Table 1〉 Physical characteristics of subjects

Characteristics	DSG	SSG	t	p
Number	10	10		
Age(years)	24.10±1.37	23.30±0.94	-1.52	.996
Height(cm)	174.30±5.77	173.60±4.38	-.044	.443
Body weight(kg)	73.70±3.68	75.50±3.13	-.784	.146

Values are mean±SD

DSG: Dynamic Stretching Group

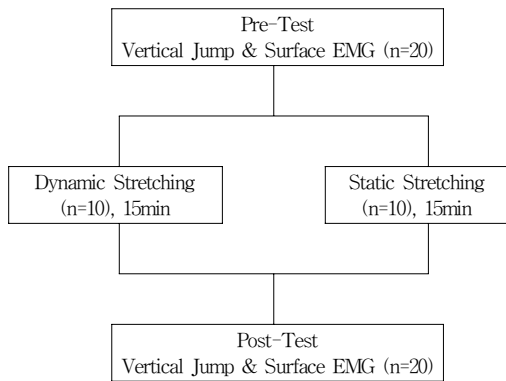
SSG: Static Stretching Group

2.2 실험과제 및 절차

본 연구는 일반대학생을 대상으로 대상자의 신체적 특성을 측정후 후 두 그룹으로 무작위 추출법을 이용하

여 선정하였다. 점프 높이와 점프 시 근활성도를 측정하였다. 동적 스트레칭(n=10)과 정적 스트레칭(n=10)을 적용 후에 점프 높이의 변화와 근활성도의 변화를 측정하였다. 스트레칭 프로토콜은 Talyor 등[25]의 연구를 근거로 시행하였다. 동적 스트레칭은 12가지 방법으로 구성하였다(Table 2). 각 각의 스트레칭에 10-15초간의 휴식을 제공 하였으며, 총 15분 동안 시행하였다.

정적 스트레칭은 9가지 방법으로 구성되었다(Table 3). 모든 스트레칭은 30초 동안 시행 하였고, 스트레칭은 각 양쪽 하지에 적용하였으며, 총 15분 동안 시행하였다. 스트레칭 적용 후 중재의 효과를 알아보기 위하여 수직 점프와 점프 동안에 근 활성도를 측정하였다(Figure 1).



[Fig. 1] Schematic representation of the study design and testing procedures used.

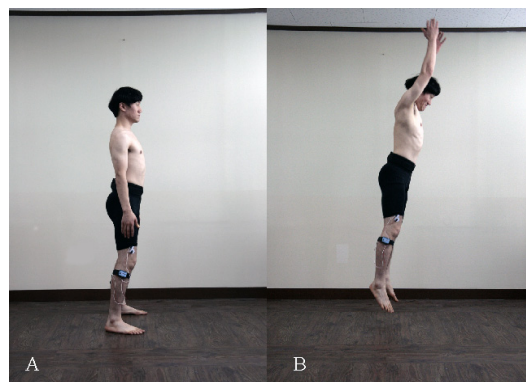
<Table 2> Dynamic stretching method

1. High Knees X 3(over 20 m)
2. Butt flicks X 3(over 20 m)
3. Carioca x 2 (over 20 m)
4. Dynamic hamstring swings x 10 each side
5. Dynamic groin swings x 10 each direction
6. Arm swing-forwards/backwards x 10 each direction
7. Faster high knees (shorter stride)over 10m x 4
8. Side stepping over 30 m x 2
9. Spiderman walks over 20 m
10. Sideways low squat walks x 10 steps each direction
11. Upper body rotation x 10 each direction
12. Run through over 20 m: 70% x2, 80% x2 (over 10 m)

<Table 3> Static stretching method

1. Standing calf stretch
2. Kneeling Achilles tendon stretch
3. Seated hamstring stretch
4. Seated gluteus maximus stretch
5. Standing quadriceps stretch
6. Lying lower back stretch
7. Seated groin stretch
8. Kneeling hip flexor stretch
9. Quadratus lumborum stretch

수직점프 유형은 이형섭 등[26]의 연구에 세 가지 유형중에 점프 중 팔의 스윙과 무릎 반동(Arm with countermovement)을 이용한 수직 점프를 수행하였다(Figure 2). 참가자들은 실험 일주일전에 비디오 교육을 통하여 동적, 정적 스트레칭과 수직점프에 대한 교육을 시행하고 사전 연습을 통해 과제에 충분히 익숙해지도록 하였다. 참가자들은 스트레칭 전에 3회의 최대 수직점프를 측정 하였다. 동적 스트레칭과 정적 스트레칭 수행 후 최대 수직점프 3회를 측정하였다. 각각의 스트레칭 적용 후 5분후에 평가되었으며, 점프조건에서의 수행 간에는 1분의 휴식을 하도록 하여 피로 요인을 통제 하였다. 참가자들은 신발을 착용하지 않고 탄력성 하의만을 입은 채 실험에 참가 하였다(Figure 2).



[Fig. 2] Jump test (A. Preparatory stage, B. Jumping stage)

2.2.1 운동역학적 자료의 수집

점프의 높이는 G-jump(BTS Inc, Italy) 를 이용하여 측정하였다. G-jump의 측정은 G-sensor를 벨트의 주머니에 고정 후 요추 5번부위에 착용 후 점프 높이를 측정하였다. 측정된 높이는 G-Studio를 통하여 분석하였다.

2.2.2 근전도 자료의 수집

오른쪽 하지의 외측광근(Vastus lateralis; VL)과 비복근(Gastrocnemius; GCM)에 부착하였다(Table 4). 점프 동안의 근활성도를 측정하기 위하여 MP 100 무선 근전도 시스템(Biopac System Inc, USA)을 이용하였다. 피부 저항을 감소시키기 위하여 부착부위의 털을 제거하고 가는 사포로 문질러 피부 각질층을 제거하였다. 소독용 알코올을 이용하여 피부를 깨끗이 닦은 후 이극 표면 전극(bipolar electrode)를 각각의 근육의 부착하였다. 측정된 신호는 Acqknowledge 3.91 소프트웨어를 이용하여 자료 처리 하였다. 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 1,024Hz로 설정하였고, 잡음을 최소화하기 위하여 대역역과 필터(notch filter) 60 Hz대역 통과 필터(band pass filter) 30Hz~500Hz를 사용하였고, 수집된 신호는 완과정류 한 후 RMS(root mean square)처리 하였다.

<Table 4> Location of electrodes

Muscle	Location
Vastus lateralis	Approximately 10cm superior an 6 to 8 lateral to the superior border of the patella, and orientated 15 to the vertical.
Gastrocnemius	Distal from the knee and 2cm medial or lateral to midline.

<Table 5> Comparison of vertical jump height of each stretching method.

	DSG		SSG		t	p
	pre-test	post-test	pre-test	post-test		
Jump Height (cm)	44.94±3.58	53.32±4.20	46.10±3.02	49.65±3.57	8.73	.01*

Values are mean±SD, *p<.01
 DSG: Dynamic Stretching Group
 SSG: Static Stretching Group

2.3 자료분석

스트레칭 방법에 따른 점프 높이와 점프시 근활성도를 비교하기 위하여 공분산분석(analysis of covariance: ANCOVA)을 실시하였으며, 독립표본 T로 정규성 검정을 실시하였다. 모든 통계 처리는 SPSS win 17.0을 이용하였다. 통계학적 유의수준은 =.05로 하였다.

3. 결과

3.1 스트레칭 방법에 따른 점프 높이의 비교

스트레칭방법에 따른 점프 높이의 변화는 동적 스트레칭 그룹은 44.94±3.58cm에서 53.32±4.20cm로 높이 변화가 일어났으며, 정적 스트레칭 그룹은 46.10± 3.02cm에서 49.65±3.57cm로 높이 변화가 나타났다. 스트레칭 방법에 따른 점프 높이의 변화는 통계학적 유의한 차이가 있었다(Table 5)(p<.01).

3.2 스트레칭 방법에 따른 근활성도 비교

스트레칭 방법에 따른 점프동안의 외측광근의 변화는 동적스트레칭 그룹은 90.57±11.25μV에서 114.51±3.57μV로 근활성도의 변화가 일어났으며, 정적 스트레칭 그룹은 96.27±10.93μV에서 113.85±17.97μV로 근활성도의 변화가 나타났다. 비복근의 변화는 동적 스트레칭 그룹은 93.60±4.17μV에서 114.02±15.20μV로, 정적 스트레칭 그룹은 93.21±4.65μV에서 112.15±12.06μV의 변화가 나타났다. 스트레칭 방법에 따른 점프 동안의 외측광근은 통계학적 유의성이 있었으나(p<.05), 비복근은 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 6)(p>.05).

〈Table 6〉 Comparisons of muscle activity of VL and GCM by stretching method.

	DSG		SSG		t	p
	pre-test	post-test	pre-test	post-test		
VL (μV)	90.57±11.25	114.51±3.57	96.27±10.93	113.85±17.97	4.57	.05*
GCM (μV)	93.60±4.17	114.02±15.20	93.21±4.65	112.15±12.06	1.26	.280

Values are mean±SD, *p<.05

DSG: Dynamic Stretching Group

SSG: Static Stretching Group

3. 논의

동적 움직임이 많이 발생하는 스포츠 현장에서 준비 운동을 위한 일환으로 정적 스트레칭을 부분적으로 활용하고 있으나, 몇몇의 연구에 의하면, 힘과 파워를 필요로 하는 스포츠에서 지나친 정적 스트레칭은 부정적 효과가 나타날 수 있는 것으로 보고하고 있다[27][28]. 본 연구는 동적, 정적 스트레칭의 급성 효과를 알아봄으로써 스포츠 현장에서 효율적인 스트레칭에 대한 정보를 제공하고 자 한다.

스트레칭 방법에 따른 점프높이와 점프시 근활성도 값에서 동적 스트레칭이 정적 스트레칭 보다 유의하게 높게 나타났다.

Cornwell 등[14]은 고관절과 무릎 신전근의 100초 동안의 정적 스트레칭 후에 반동 후 점프에서 감소한다고 하였다. 이러한 근육의 힘과 파워의 감소 반응은 스트레칭 이후에 근건접합부 단위(muscular tendon unit:MTU)의 접탄성에 감소로 나타난다고 하였고[29]. Shrier [30]은 반복되는 정적 스트레칭이 근육의 손상을 유발할 수 있으며 이 손상으로 인해서 근 수행력의 감소로 올 수 있다고 하였다.

반면에 McMillian [31]등의 연구에서 운동선수를 26명을 대상으로 한 실험에서 동적 스트레칭 그룹이 정적 스트레칭 그룹, 중재를 하지 않은 대조군과 비교하여 순발력 검사와 5 걸음 점프에서 더 높은 점수를 획득하였고, Carvalho [32]등의 연구에서도 4그룹(대조군, 수동적 스트레칭, 능동적 스트레칭, 동적 스트레칭)에 각각의 중재를 5분간 적용한 후 수직점프 높이를 비교한 결과 다른 정적 스트레칭에 비해 동적 스트레칭이 수직점프 높이가 증가 하였다. Perrier [33]등의 연구에서도 동적 스트레칭

그룹이 정적 스트레칭 그룹에 비해 반동 후 점프가 높게 증가하였으며, 정적 스트레칭 그룹과 비 스트레칭과의 비교에서는 차이점을 발견할 수 없었다. 본 연구에서도 스트레칭의 방법은 다르지만 동적 스트레칭 그룹이 정적 스트레칭 그룹에 비해 점프 높이가 더 증가함을 알 수 있었다. 하지만 본 연구에서 정적 스트레칭 그룹에서 점프 높이가 감소는 나타나지 않았다. Power [34]의 연구에서는 대퇴 사두근에 정적 스트레칭을 270초간 적용후에 등척성 수축의 힘이 9.5% 감소하였으나 점프 수행에서는 감소하지 않았고, Knudson [35]등의 연구에서도 정적 스트레칭을 총 45초(15초씩 3회)를 적용한 결과 수직점프 높이의 감소하지 않았다. 이는 정적 스트레칭의 적용 시간이 근 수행력에 영향을 줄 수 있다고 생각된다. 본 연구에서도 정적 스트레칭을 적용한 그룹에서 점프높이와 근활성도가 감소하지 않았다. 그 이유는 정적 스트레칭 9가지 방법을 각 각 30초 동안 적용한 결과 조직의 손상 없이 근육을 수행능력을 감소시키지 않은 것으로 생각된다.

Fowles [12]등의 연구에서는 발목 저축굴곡근의 정적 스트레칭을 15초간 13세트 적용 후 저축 굴곡근의 MVC 토크가 감소한다고 하였다. Yamaguchi [21]의 연구에서는 건강한 대상자 12명을 대상으로 8분간 하지 신전근에 동적 스트레칭을 적용한 그룹에서 중재를 하지 않은 대조군에 비하여 5%, 30%, 60%의 부하율에 따라 하지 신전근의 MVC(maximal voluntary contraction)에서 대조군에 비해 파워가 더 증가한다고 하였다.

본 연구에서도 동적 스트레칭을 적용한 그룹에서 외측광근의 근활성도가 정적 스트레칭에 비해 근활성도가 증가함을 알 수 있었다. 하지만 스트레칭의 방법에 따른 점프시 비복근의 근활성도의 통계학적 유의성이 나타나지 않았다. Kim [23]등의 점프높이에 따른 관절협응과

근활성도의 관한 연구에서도 비복근은 점프높이에 상관 없이 변화가 없다는 연구결과와 일치하였다.

이와 같은 결과는 동적 스트레칭은 근육활동으로 인한 혈류량 증가, 근육의 온도, 산소와 에너지 소비전달을 증가시키며[16], 근-건접합부의 점탄성을 증가 시킨다 [36]. 또 근육활동 후 강화작용(post-activation potentiation: PAP)으로 운동단위 동원의 역치를 낮게 하고 근육에 십자교의 형성 비율을 증가 시켜 근수축의 효율성을 증가시킨다[37]. 구심성 근육 수축에서 원심성 수축으로의 적절한 전환으로 폭발적인 힘의 생산을 증가시켜 [19], 점프높이와 점프동안의 외측광근의 근활성도를 증가 시킨 것으로 생각된다.

즉 동적 스트레칭 이후에 점프 높이와 외측광근의 근활성도가 증가된 결과는 운동단위 활성의 메카니즘이 증가하여 동적 스트레칭이 수행을 효율적으로 증진 시킬 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 본 연구의 결과는 연구 대상자의 수가 적어 연구의 결과를 일반화 시키는데 제한점이 있다. 앞으로 더 많은 대상으로 지속적인 연구가 시행되어야 할 것이다.

5. 결론

본 연구는 정상 성인을 대상으로 정적·동적, 스트레칭의 급성효과를 알아보고자 하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 동적 스트레칭 적용한 그룹에서 정적 스트레칭을 적용한 그룹보다 점프 높이가 더 증가함을 알 수 있었다.

둘째, 동적 스트레칭을 적용한 그룹에서 정적 스트레칭을 적용한 그룹보다 점프동안의 외측광근의 근활성도가 증가함을 알 수 있었다.

이러한 결과로 보아 스포츠 활동 전 경기력 향상을 위하여 준비운동에 정적 스트레칭이 많이 사용되고 있는 실정이다. 하지만 최근 연구에서 동적 스트레칭의 중요성이 대두되고 있다. 본 연구를 통해 동적 스트레칭이 점프 높이와 하지의 근활성도에 효율적임을 알 수 있었으며 강한 힘을 요구하는 스포츠 수행능력을 향상에 효율적임을 확인할 수 있었다. 따라서 추후 연구에서는 정적 스트레칭과 동적 스트레칭이 피로도의 미치는 영향에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

ACKNOWLEDGMENTS

Se-han University in 2013, written by the intramural research allowance.

REFERENCES

- [1] Aragon-Vargas, L.F., Gross, M. Kinesiological factors in vertical jump performance: Differences Among individuals. *J Appl Biomech.* 13(1): 24-44, 1997.
- [2] Knudson, D.V., Noffal, G.J., Bahamonde. R.E., Bauer, J.A., Blackwell. Stretching has no effect on tennis serve performance. *J Strength Cond Res.* 18: 654-656, 2004.
- [3] Smith, C. A. The warm-up procedure: to stretch or not to stretch: a brief review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 19(1): 12 - 17, 1994.
- [4] Bandy, W. D., Irion, J. M., Briggler, M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther.* 77(10): 1090 - 1096, 1997.
- [5] Jonhagen, S., Nemeth, G., Eriksson, E. Hamstring injuries in sprinters: the role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. *Am J Sports Med.* 22(2): 262-266, 1994.
- [6] Safran, M. R., Garrett, W. E., Seaber, A. V., Glisson, R. R., Ribbeck, B.M. The role of warm up in muscular injury prevention. *Am J Sports Med.* 16(2): 123-128, 1998.
- [7] Perrier, E. T. The effects of static and dynamic stretching on reaction time and performance in a countermovement Jump. *MS Exercise and Sport Science.* 19, 2009.
- [8] Weerapong, P., Hume, P., Kolt, G. Stretching: mechanisms and benefits for sport performance and injury prevention. *Physical Therapy Review.* 9(4): 189-206, 2004.
- [9] Sarah, M. M., Joel, T. C., A. Louise, F., Laurie, L. M., Suzanne, M. D., Sushmita, P., Kristi, A. F.,

- Julie, Y. C. Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. *J Athl Train.* 40(2): 94-103, 2005.
- [10] Shellock, F. G., Prentice, W. E. Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Med.* 2(4): 267-278, 1985.
- [11] Domhnall, M., Thomas, B. Evidence-based Sports Medicine. 2nd ed. Blackwell Publishing, 36-58, 2007.
- [12] Fowles, J. R., Sale, D. G., MacDouqall, J. D. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *J Appl Physiol.* 89(3): 1179-1188, 2000.
- [13] Behm, D. G., Button, D. C., Butt, J. C. Factors affecting force loss with prolonged stretching. *Can J Appl Physiol.* 26(3): 261-272, 2001.
- [14] Cornwell, A., Nelson, A.G., Heise, G.D., Sidaway, B. Acute effects of passive muscle stretching on vertical jump performance. *Journal Human Movement Studies.* 40: 307-324, 2001.
- [15] Cramer, J. T., Housh, T. J., Jonson, G. O., Miller, J. M., Coburn, J. W., Beck, T. W. Acute effects of static stretching on peak torque in women. *J Strength Cond Res.* 18(2): 236-241, 2004.
- [16] Thacker, S. B., Gilchrist, J., Stroup, D. F., Kimsey, C. D. Jr. The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Med Sci Sports Exerc.* 36(3): 371-378, 2004.
- [17] Faigenbaum, A. D., Bellucci, M., Bernieri, A., Bakker, B., Hoorens, K. Acute effects of different warm-up protocols on fitness performance in children. *J Strength Cond Res.* 19(2): 376-381, 2005.
- [18] Little, T., Williams, A. G. Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 20(1): 203-207, 2006.
- [19] Fletcher I. M., Anness R. The acute effects of combined static and dynamic stretch protocols on fifty-meter sprint performance in track-and-field athletes. *J Strength Cond Res.* 21(3): 784-787, 2007.
- [20] Holt, B. W., Lambourne, K. The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes. *J Strength Cond Res.* 22(5): 226-229, 2008.
- [21] Yamaguchi, T., Ishii, K., Yamanaka, M., Yasuda, K. Acute effects of dynamic stretching exercise on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension. *J Strength Cond Res.* 20(4): 804-810, 2007.
- [22] Kim, Y. W. The effects of lower extremity asymmetry on performance of vertical jumping. *Korean Journal of Sport Biomechanics.* 19(1): 27-36, 2008.
- [23] Kim, Y. K., & Kim, Y. H. Inter-joint coordination and muscle activities of lower limb in responding to jump height. *The Korea Journal of Sports Science.* 20(2), 1121-1130, 2011.
- [24] Houel, N., Faury, A., Seyfried, D. Accuracy and reliability of the Myotest Pro system to evaluate a squat jump. In: 8th Conference of the international Sports Engineering Association (ISEA), *Procedia Engineering.* 2, 3473, 2010.
- [25] Taylor, K. L., Sheppard, J. M., Lee, H., Plummer, N. Negative effect of static stretching restored when combined with a sport specific warm-up component. *J Sci Med Sport.* 12(6): 657-661, 2009.
- [26] Lee, H. S., Ju, M. D. The biomechanical analysis of various vertical jumps according to gender of high school students. *Korean Journal of Sport Biomechanics.* 6(4), 1-12, 2006.
- [27] Fletcher, I. M., Jones, B. The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *J Strength Cond Res.* 18(4), 85 - 88, 2004.
- [28] Young, W., Elias, G., Power, J. Effects of static stretching volume and intensity on plantar flexor explosive force production and range of motion. *J Sports Med Phys Fitness.* 46(3): 403-411, 2006.
- [29] Kokkonen, J., Nelson, A. G., Cornwell, A. Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Res Q Exerc Sport.* 69(4): 411-415,

1998.

- [30] Shrier, I. Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. *Clin J Sport Med.* 14(5): 267-273, 2004.
- [31] McMillian, D. J., Moore, J. H., Hatler, B. S., Taylor, D. C. Dynamic vs. static stretching warm-up: the effect on power and agility performance. *J Strength Cond Res.* 20(3): 492-499, 2006.
- [32] Carvalho, F. L., Carvalho, H. C., Simao, R., Gomes, T. M., Costa, P. B., Neto, L. B., Carvalho, R. L., Dantas, E. H. Acute effects of a warm-up including active, passive, and dynamic stretching on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 26(9): 2447-245, 2012.
- [33] Perrier, E. T., Pavol, M. J., Hoffman, M. A. The acute effects of a warm-up including static or dynamic stretching on countermovement jump height, reaction time, and flexibility. *J Strength Cond Res.* 25(7): 1925-1931, 2011.
- [34] Power, K., Behm, D., Cahill, F., Carroll, M., Young, W. An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Med Sci Sports Exercise.* 36(8): 1389-1396, 2004.
- [35] Knudson, D., Bennett, K., Corn, R., Leick, D., Smith, C. Acute effects of stretching are not evident in the kinematics of the vertical jump. *J Strength Cond Res.* 15(1): 98-101, 2001.
- [36] McNeal, J. R., Sands, W. A., Stone, M. H. Effect of fatigue on kinetic and kinematic variables during a 60-second repeated jumps test. *Int J Sports Physiol Perform.* 5(2): 218-229, 2010.
- [37] Young, W. B., Behm D. G. Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *J Sports Med Phys Fitness.* 43(1): 21-27, 2009.

양 대 중(Yang dae jung)



- 2004년 2월: 대불대학교(보건학석사)
- 2011년 2월: 동신대학교(이학박사)
- 2011년 3월~현재: 세한대학교 물리치료학과 교수
- 관심분야 : 진단학, 정형물리치료
- E-Mail: pt6226@sehan.ac.kr

정 용 식(Jeong yong sik)



- 2011년 2월: 세한대학교(보건학석사)
- 2012년 3월~: 세한대학교 일반대학원 물리치료학과 (박사과정 중)
- 관심분야 : 신경계물리치료, 정형물리치료
- E-Mail: ys48044@gmail.com