Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 17, No. 3 pp. 276-282, 2016

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.3.276
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

만성 발목 불안정성 요인에 대한 엉덩이 강화 운동의 효과

신원정[1], 오두환[1], 장석암[1], 이장규[1*]
[1]단국대학교 대학원 운동의과학과

Effects of Hip Strengthening Exercise on Chronic Ankle Instability

Won-Jeong Shin[1], Du-Hwan Oh[1], Seok-Am Zhang[1], Jang-Kyu Lee[1*]
[1]Dept. of Kinesiology & Medical Science, Graduate School, Dankook University

요 약 본 연구는 만성 발목 불안정성을 가진 엘리트 선수들을 대상으로 8주간의 엉덩이 강화 운동이 엉덩이의 근력 및 족압 분포도의 변화에 어떠한 영향을 미치는 지를 분석하기 위해 실시되었다. 발목에 최소 2회 이상의 발목 염좌를 진단받은 만성 발목 불안정성의 대상자 19명을 대상으로 8주간의 엉덩이 강화 운동을 실시하였으며, 결과에서 엉덩이 강화 운동으로 엉덩이의 외전근력은 유의한 증가를 보였지만 족압의 분포도와 증가비율은 유의한 변화를 보이지 않았다. 이 결과는 운동 후, 환측과 건측의 근력과 족압분포의 차이가 나타나지 않아 환측의 근력과 족압분포가 건측의 수준만큼 증가된 것으로 생각되며 이는 8주간의 엉덩이 강화 운동이 발목의 불안정의 개선에 일정정도 효과가 있는 것으로 사료된다. 이러한 결과를 토대로 만성 발목 불안정성을 가진 대상자들의 회복과 재발방지를 위한 재활운동 프로그램의 구성요인으로서 엉덩이 외전근력 강화와 족압 분포도에 대한 부분을 중요하게 반영하는 것이 효과적일 것으로 사료된다.

Abstract This study examined the effects of 8-weeks hip muscle training on the hip joint abductor muscle isokinetic strength and foot pressure distribution in elite players with chronic ankle instability (N=19). A total of 19 subjects had chronic ankle instability from at least 2 ankle sprains, and were given 8-weeks hip muscle training exercise. The hip muscle strength of the elite players with chronic ankle instability increased significantly, but the foot pressure distribution and ratio of the foot pressure distribution of the elite players with chronic ankle instability did not reach statistical significance and the ratio of the foot pressure distribution showed a similar trend. These results suggest that the strength and foot pressure distribution of the affected-side might increase to that of the unaffected-side. The 8-weeks hip muscle training helped improve the chronic ankle instability of the elite players. Therefore, the hip muscle strength and foot pressure distribution are the primary factors of a rehabilitation program on ankle sprains.

Keywords : Ankle sprain, Chronic ankle instability, Hip strengthening exercise, Foot pressure

1. 서론

발목 손상은 운동종목, 연령, 성별과 관계없이 스포츠 현장에서 일어나는 가장 일반적인 손상 중 하나 이며[1-3], 전체 스포츠 손상 중 10~30%가 발목 손상인 것으로 나타났다[4]. 또한 발목 손상 중 76.7%를 발목 염좌(sprain)가 차지하며[5], 급성 발목 염좌의 80%가 보존적 치료로 완전한 회복이 되는 반면, 20%는 급성 손상 후 초기 치료와 정상적인 회복 및 재활과정을 거치지 않아 무력감과 만성적 발목 불안정성 같은 증상으로 발전하여 지속적인 고통에 시달리는 것으로 알려져 있다[1,6].

대부분의 발목 염좌는 발바닥의 잘못된 지면 접촉 후

*Corresponding Author : Jang-Kyu Lee(Dankook University)
Tel: +82-41-550-3816 e-mail: kyu1216@hanmail.net
Received February 15, 2016 Revised (1st February 26, 2016, 2nd February 28, 2016, 3rd February 29, 2016, 4th March 2, 2016)
Accepted March 3, 2016 Published March 31, 2016

발생되며[7], 염좌 발생 후 만성적 발목 불안정성이 발전되면 Gait 시 하지의 안정감 상실과 고관절의 이탈이 나타나게 된다[8]. Beckman과 Buchanan[9]은 만성적인 발목의 불안정성을 나타내는 사람들의 EMG 분석결과, 자세를 유지하는 엉덩이 근육의 활성이 감소되어 있음을 보고하였으며 이러한 결과는 발목 염좌를 일으키는데 밀접한 관계가 있다고 보고 하였고, Friel 등[8]은 내번 발목 염좌 후 동측 고관절의 외측 근력이 감소되었다고 보고 하였다. 또한 외전근의 약화로 인한 과다한 외반슬과 경골의 외회전으로 인한 발목의 회내는 전체적인 자세의 무게중심의 변화를 유도하며[10], 고관절의 내전근 및 외전근의 근력 변화는 발목이 재손상을 입기 쉬운 위치에 놓일 수 있게 된다고 보고하였다[11]. 이러한 결과들은 인체의 자세 균형과 무게중심을 유지하게 위해서는 발목과 엉덩이 근육이 지속적인 상호 작용이 필요하다고 주장하고 있으며, 또한 엉덩이 외전근력 약화는 발목의 재손상을 유발할 수 있다는 주장을 뒷받침하고 있다[12].

자세제어결핍은 일시적인 발목손상에서 만성적 발목 불안정성으로 발전되는 중요 위험요인으로 보고되고 있으며[13, 14], 인체의 자세제어 및 유지에 많은 역할을 담당하는 고유수용성감각은 발목의 손상정도에 따라 감소되는 것으로 알려져 있다[15]. 근육의 전반적인 자세를 제어하고 통제하는 것으로 알려진 고유수용성감각은[16] 발목 손상으로 인해 활성이 저하되며 이는 전체적인 자세제어의 결핍을 발생하게 한다. 이러한 자세제어 결핍에 대한 생체역학적인 측정방법으로, 발목과 거골하 관절, 그리고 발의 상중하 부분의 전반적인 압력과 체중분포를 분석하는 족압(foot pressure)측정법이 보고되고 있다[17,18]. 또한 족압분포의 측정은 발의 각 부분의 압력분포를 분석하여 족부의 통증 및 변형, 말초신경장애, 근력변화 그리고 보행패턴의 변형 등과 족압과의 관계를 설명할 수 있는 것으로 보고되고 있다[19].

발목 염좌의 일반적인 재활방법은 저측굴곡과 배측굴곡에 중점을 둔 가벼운 관절 가동(mobilization)과 통증관리, 고유수용신경근 조절운동을 통해 재활이 이루어지는 것으로 보고되고 있다[20]. 그러나 이런 국내외 선행연구에서는 단순한 발목부위의 재활만을 시도하고 있으며 만성적인 발목손상의 재활에 대한 엉덩이 외전근과 발목 근력과의 상호작용 및 발목의 안정화에 관한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 8주간의 엉덩이 강화 운동이 엉덩이 근력 및 족압 분포도의 변화에 어떠한 영향을 미치는 지를 종합적으로 분석하고 이를 토대로 만성적 발목 불안정성이 있는 대상자들의 발목 기능회복을 위한 재활 운동프로그램 작성의 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구의 대상자는 최근 척추질환 및 신경근질환으로 하지에 영향을 미칠 수 있는 허리 또는 다리수술 병력이 없고 동일한 발목에 최소 2회 이상의 발목 염좌를 진단 받은 엘리트 선수 19명을 대상으로 하였으며, 반대쪽 발목에는 염좌의 병력과 통증, 3개월 이상 하지에 외상병력이 없는 선수로 하였다. 연구대상자들에게 연구의 내용과 절차를 설명하고 이해시켜 실험에 스스로 동참할 것을 결정하게 하고 실험동의서에 서명을 받았으며 연구대상의 신체적 특성은 <표 1>에서 보는 바와 같다.

Table 1. The Characteristics of subjects

	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	exercise period (yrs)
Male (n=12)	26.83± 1.94	178.60± 4.28	73.44± 4.59	5.58± 1.67
Female (n=7)	25.43± 2.50	165.00± 2.82	56.91± 5.65	5.00± 2.38

Values are means ± SEM

2.2 연구방법

2.2.1 측정도구

(1) 등속성 근력 측정

등속성 근력 검사 장비인 Biodex system III (Biodex medical system, U.S.A)를 사용하여 고관절의 외전과 내전을 측정하였으며, 검사에 적용된 프로토콜은 각속도 60°/sec에서 5회, 180°/sec에서는 10회를 환측과 건측에서 운동 전·후 측정하여 자료화하였다.

(2) 족압 분포 측정

족압분포의 측정은 FA-48i-H(Foot analyzer system, Korea) 기기를 이용하여 측정하였으며, 압력감지 센서가 장착된 판 위에서 정지 상태의 족저 압력 분포상태를 실시간으로 측정하여 비대칭성과 체중이동의 편중현상을

분석하였다. 이는 양 발의 압력 차이에 의한 신체균형 및 편중정도를 그래프로 분석 하였으며 실험대상자는 10초간 자세동요가 일어나지 않게 하고 측정완료 음이 들리면 압력 판에서 내려오도록 하였다. 측정은 오차를 줄이기 위해 3회를 반복측정을 하여 평균값을 사용하였으며 운동 전·후 환측과 건측을 측정하였다.

2.2.2 운동 프로그램

(1) 저항성 운동 프로그램

엉덩이 강화를 위한 저항성 운동프로그램은 <표 2>에서 보는 바와 같이 구성하였으며[21, 22], 8주간, 주 3회를 실시하였고 준비운동(10분) 및 정리운동(15분)을 실시하였다.

Table 2. Resistance exercise program

Exercise type	Repetition number & exercise frequency
Gluteal squeezes	12～15 rep/3set
Prone heel squeezes	12～15 rep/3set
Side-lying abduction external rotation	12～15 rep/3set
Marching	12～15 rep/3set
One leg mini squat	12～15 rep/3set
Shoulder-width lunge	12～15 rep/3set
Leg Curl	12～15 rep/3set
Lunge	12～15 rep/3set

(2) 등속성 운동 프로그램

8주간의 등속성 운동프로그램은 <표 3>에서 보는 바와 같이 Biodex system III를 이용하여 실시하였으며 운동프로그램은 실험대상자의 상황에 맞게 수정·보완하여 실시하였다.

Table 3. Biodex exercise program

Exercise intensity	Repetition number
90°/sec	10 rep
120°/sec	12 rep
150°/sec	15 rep
180°/sec	20 rep
150°/sec	15 rep
120°/sec	8 rep

2.3 자료처리 방법

수집된 모든 자료는 Window용 SPSS/PC 18.0 통계 프로그램을 이용하여 평균(Mean)과 표준오차(SEM)를 산출하였으며 운동 전·후의 평균 차이를 분석하기 위해 paired t-test를 실시하였다. 또한 운동 후, 환측과 건측의 차이를 검증하기 위해 independent t-test를 이용하였으며 유의수준은 a=.05로 설정 하였다(G-power = 0.912).

3. 연구결과

3.1 환측과 건측의 엉덩이 외전근 근력

8주간의 운동 전·후, 엉덩이 외전근의 근력 변화는 60°/sec에서 환측은 운동 전, 60.43±10.75Nm에서 운동 후, 62.35±10.91Nm로 유의하게 증가되었으며(p=.001) 건측 또한 운동 전, 61.35±10.91Nm에서 운동 후, 62.03±10.66Nm로 유의하게 증가되었다(p=.001). 엉덩이 외전근의 근지구력 변화는 180°/sec에서 환측은 운동 전, 26.78±8.93Nm에서 운동 후, 27.90±9.36Nm으로 유의하게 증가되었으며(p=.001), 건측 근지구력도 유의하게 증가 되었다(27.90±9.36Nm vs 28.33±3.46Nm, p=.001)(Fig 1). 그러나 <그림 1>에서 보는 바와 같이 엉덩이 강화 운동 후, 환측과 건측의 근력(62.35±10.91 vs 62.03±10.66, p=.957)과 근지구력(27.90±9.36 vs 28.33±3.46, p=.823)에서는 유의한 차이를 보이지 않았다(table 4).

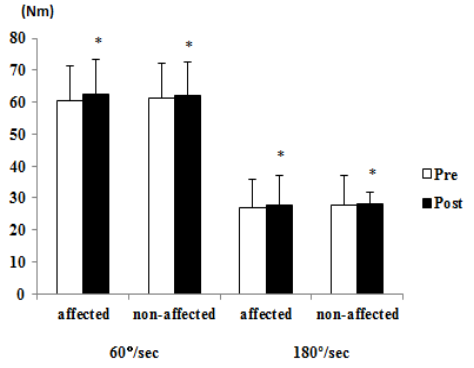

Fig. 1. Hip muscle strength *significantly different between pre vs. post at p<.05.

Table 4. Hip muscle strength

		pre	post	p
60°/sce	affected -side	60.43±10.75	62.35±10.91*	.001
	unaffected -side	61.35±10.91	62.03±10.66*	.001
	p-value	.795	.957	
180°/sec	affected -side	26.78±8.93	27.90±9.36*	.001
	unaffected -side	27.90±9.36	28.33±3.46*	.001
	p-value	.709	.823	

Values are means ± SEM. *significantly different between pre vs. post at p<.001.

3.2 족압 분포도 변화

8주간의 엉덩이 강화운동 전·후, 족압 분포도는 환측에서 운동 전, 47.00±5.03%에서 운동 후, 47.47±3.64% (p=.311)로, 건측 역시 운동 전, 53.00±5.79%에서 운동 후, 52.53±3.64%(p=.311)로 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(Fig 2). 또한 엉덩이 강화 운동 전·후, 환측과 건측의 족압 분포 차이는 운동 전, 7.47±8.91%에서 운동 후, 6.00±6.42%로 약간 감소하는 경향을 보였지만 통계적으로 유의한 차이(p=.110)는 나타나지 않았다 (Fig 2, table 5).

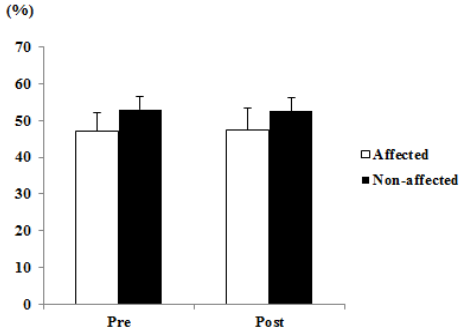

Fig. 2. Foot pressure

Table 5. Foot pressure

		pre	post	p
foot pressure	affected -side	40.00±5.03	47.47±3.64	.311
	unaffected -side	53.00±5.03	52.53±3.64	.311
distribution ratio		7.47±8.91	6.00±6.42	.110

Values are means ± SEM.

4. 논의

발목 염좌는 반복적이고 지속적으로 가해지는 비정상적인 내번에 의해 손상이 발생되며 이런 손상으로 인하여 발목의 기능적 불안정성 및 근육약화, 근육반응시간의 지연 등이 발생함으로 인하여 기능적 측면에서 만성적 발목 불안정성이 발생하게 된다[23]. 이러한 발목 염좌는 외반력과 굴곡근 동원능력을 약화시켜 만성적 발목 불안정성이 발생되었을 때, 자세유지에 관련된 근육들과 엉덩이 근육의 약화가 동반되는 것으로 알려져 있다[24].

이와 관련하여 Mckinnon와 Winter[11]는 엉덩이 외전근이 골반과 몸통, 다리의 균형유지 및 안정성을 위해 발의 관절들과 유기적인 상호작용을 한다고 보고하며 엉덩이 외전근력의 감소로 인한 잘못된 보행패턴이 발목의 손상을 일으킬 수 있다고 주장하였다. 또한 Blckburn 등[10]과 양지 등[25]의 연구에서도 엉덩이 외전근의 약화가 과다한 외반슬과 경골 외회전, 발목의 회내를 유발하여 각각의 동작을 수행할 때, 인체중심의 변화로 인한 손상의 위험이 있다고 하였다. 이외의 여러 선행연구에서는 만성적 발목 불안정성을 가진 환자의 경우 엉덩이 외전근의 약화와 근육동원의 감소를 보고하였으며[8,9,26,27], 엉덩이 근육이 몸의 균형과 무게중심, 보행과정, 지지 발의 위치 등을 유지하기 위해 중요한 역할을 한다고 주장하고 있다[28-31]. 이상의 선행연구 결과를 종합하면 만성적 발목 불안정성과 엉덩이 근육의 약화는 깊은 관련이 있는 것으로 나타났으며, 이는 만성적 발목 불안정성의 치료 및 재활 운동프로그램을 구성하는데 있어 엉덩이 근육의 강화는 중요한 요인임을 의미하는 것으로 생각된다. 본 연구의 결과에서 만성적 발목 불안정성이 있는 대상자들에게 8주간 엉덩이 강화 운동을 실시한 결과, 엉덩이 외전근의 근력 및 근지구력은 환측과 건측 모두에서 운동 후 유의하게 증가 되었다(p<.01). 이러한 결과는 McHugh 등[30] 과 임미영 등[12] 이 보고한 바와 같이 환측과 건측의 근력차이가 없다는 결과와 일치하며, 여러 선행연구의 결과에서 보고된 바와 같이 8주간의 엉덩이 근육강화 운동이 저하된 환측의 근력을 건측만큼 향상시켜 만성적 발목의 불안정성을 개선하는데 효과가 있는 것으로 사료된다.

만성적 발목 불안정성은 자세 제어에 관여하는 고유수용성 감각의 기능저하를 초래하며[32,33], 발목 관절에서의 고유수용성 감각 손실은 인체의 자세 조절 능력에서 결핍의 요인으로 작용한다고 알려져 있다[34,35].

또한 만성적 발목 불안정성으로 인한 고유수용성 감각의 손실은 정지된 자세에서의 흔들림 증가와 하지체중 분배의 불균형을 나타내며[36,37], 엉덩이 외전근력의 약화와 과다한 무릎 외반슬 또한 인체중심의 변화를 초래함으로써 하지체중의 불균형이나 인체중심의 변화가 생기며 궁극적으로 족압의 변화를 유도하는 것으로 보고되었다[10,38]. Cutter와 Kervorkian[27]의 연구에서도 보행 시 약화된 엉덩이 외전근으로 인한 잘못된 보행패턴이 발의 위치를 제대로 지지하지 못함으로써 족압의 변화를 초래한다고 보고하였다. 따라서 족압의 분포는 정적인 자세에서 발의 각 부분 최고 압력비율을 측정하여 족부의 손상과 변형을 일으키는 요인을 분석하는 동시에 손상과 족압의 관계를 설명하고 있으며, 발목의 불안정성에 영향을 줄 수 있는 발의 내·외전력을 평가하여 발목 손상을 예측할 수 있다[20]. 본 연구에서 만성적 발목 불안정성이 있는 대상자들에게 8주간 엉덩이 강화 운동을 실시한 결과, 운동 전·후와 환측과 건측의 족압분포 변화는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만 환측은 약간 상승하고 건측은 약간 감소함으로써 족압분포 비율이 건측의 수준까지 개선된 것으로 생각되며[39], 이는 8주간 엉덩이 강화 운동이 만성적 발목 불안정성을 개선하는 일정수준의 효과가 있는 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구는 만성적 발목 불안정성을 가진 대상자들에게 8주간 엉덩이 강화 운동 전·후 엉덩이 외전근력과 족압 분포도의 변화를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 만성적 발목 불안정성을 가진 대상자들의 엉덩이 외전근력은 60°/sec와 180°/sec에서 엉덩이 강화 운동 전·후 통계적으로 유의하게 증가 되었다($p<.01$)
2. 만성적 발목 불안정성을 가진 대상자들의 족압분포도 변화는 엉덩이 강화 운동 전·후 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다.
3. 만성적 발목 불안정성을 가진 대상자들의 족압분포도 비율은 엉덩이 강화 운동 전·후 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

본 연구의 결과에서 전·후 엉덩이 외전근력과 족압분포의 변화를 분석한 결과, 엉덩이 강화 운동으로 엉덩이 외전근력은 변화가 나타났지만 족압분포와 비율의 변화는 나타나지 않았다. 또한 운동 후 환측과 건측의 근력과 족압분포의 차이가 나타나지 않은 것은 환측이 건측 수준으로 기능적 향상된 것으로 생각되며, 이러한 결과들은 엉덩이 강화 운동이 발목의 불안정의 개선에 효과가 있음을 의미하는 것으로 생각된다. 따라서 이러한 결과는 만성적 발목 불안정성을 가진 대상자들의 회복과 재발방지를 위한 재활운동 프로그램의 구성요인으로서 엉덩이 외전근력 강화에 대한 부분을 중요하게 반영하여야 할 것으로 생각되며, 발목의 안정성을 평가하는데 중요한 요인으로써 족압분포의 변화 또한 신중하게 고려되어야 할 것으로 사료된다. 그러나 실험대상자의 수 및 종목 등이 일부 엘리트 선수에게 국한되어 이 연구의 결과를 일반화하는데 제한이 있을 것으로 사료된다.

References

[1] Abe Y, Tomoaki S, and Masaaki S. "The postural control characteristics of individuals with and without a history of ankle sprain during single-leg standing: relationship between center of pressure and acceleration of the head and foot parameters" Journal of physical therapy science, 26(6): pp. 885-888, 2014.
DOI: http://dx.doi.org/10.1589/jpts.26.885

[2] Waterman B. R, Owens B. D, Davey S, Zacchilli M. A, and Belomont P. J. “The epidemiology of ankle sprains in the United States”, Journal of Bone and Joint Surgery, 92(13), pp. 2279 - 2284, 2010.
DOI: http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.I.01537

[3] Fong D. T, Hong Y, Chan L. K, Yung P. S, and Chan K. M. “A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports”, Sports Medicine, 37(1), pp. 73 - 94, 2007.
DOI: http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200737010-00006

[4] Fong D. T. P, Chan Y. Y, Mok K. M, Yung P. S. H, and Chan K. M. “Understanding acute ankle ligamentous sprain injury in sports”, Sports medicine, arthroscopy, rehabilitation, therapy and technology, 14(1), pp. 1758-2555, 2009.
DOI: http://dx.doi.org/10.1186/1758-2555-1-14

[5] Thomas James L, and Brandon M. "Radiographic analysis of the Canale view for displaced talar neck fractures." The Journal of Foot and Ankle Surgery, 51(2), pp. 187-190, 2012.
DOI: http://dx.doi.org/10.1053/j.jfas.2011.10.037

[6] Hintermann B. “Biomechanics of the Unstable Ankle Joint and Clinical Implications”, Medicine and Science in Sports and Exercise, 31(7), pp. 459 - 469, 1999.
DOI: http://dx.doi.org/10.1097/00005768-199907001-00007

[7] Cerny K. “Pathomechanics of stance: clinical concepts for analysis”. Physical Therapy, 64(12), pp. 1851 - 1859, 1984.

[8] Friel K, McLean N, Myers C, and Caceres M. “Ipsilateral Hip Abductor Weakness after Inversion Ankle Sprain”, Journal of Athletic Training, 41(1), pp. 74 - 78, 2006.

[9] Beckman S. M, and Buchanan T. S. “Ankle Inversion Injury and Hypermobility: Effect on Hip and Ankle Muscle Electromyography Onset Latency”, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 76(12), pp. 1138 - 1143, 1995.
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993(95)80123-5

[10] Blckburn, J. T, Marshall, S. W. and Padua, D. A. “Gluteal muscle activation during common therapeutic exercise”, Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 39(7), pp. 532-540, 2009.
DOI: http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2009.2796

[11] MacKinnon C. D, and Winter D. A. “Control of Whole Body Balance in the Frontal Plane during Human Walking”, Journal of Biomechanics, 26(6), pp. 633 - 644, 1993.
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/0021-9290(93)90027-C

[12] Leem M. Y, Park M. S, and Lim S. K. “Strength of hip and ankle muscles in taekwondo athletes with chronic ankle instability”, Korean Society of Exercise Physiology, 19(4), pp. 371-380, 2010.

[13] Knapp D, Lee S. Y, Chinn L, Saliba S. A, and Hertel J. “Differential ability of selected posturalcontrol measures in the prediction of chronic ankle instability status”, Journal of Athletic Training, 46(3), pp. 257 - 262, 2011.

[14] Wikstrom E. A, Fournier K. A, and McKeon P. O. “Postural control differs between those with and without chronic ankle instability”, Gait Posture, 32(1), pp. 82 - 86, 2010.
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.03.015

[15] Feuerbach J. W, Grabiner M. D, Koh T. J, and Weiker G. G. “Effect of an Ankle Orthosis and Ankle Ligament Anesthesia on Ankle Joint Proprioception”, The American Journal of Sports Medicine, 22(2), pp. 223 - 229, 1994.
DOI: http://dx.doi.org/10.1177/036354659402200212

[16] Bonnel F, Toullec E, Mabit C, and Toume Y. "Chronic ankle instability: biomechanics and pathomechanics of ligaments injury and associated lesions." Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research, 96(4), pp. 424-432, 2010.
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.otsr.2010.04.003

[17] Angın S, Ilcin N, Yesilyaparak S. S, Simsek I. E. "Prediction of postural sway velocity by foot posture index, foot size and plantar pressure values in unilateral stance", Eklem hastaliklari ve cerrahisi Joint diseases & related surgery, 24(3), pp. 144-148, 2012.
DOI: http://dx.doi.org/10.5606/ehc.2013.32

[18] Lee B. H, Jeong J. G, and Kim C. K. “Effects of Backward Walking Training in the Gait ability and Foot Pressure of Hemiplegia Patients”, Jounal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 15(12), pp. 7259-7265, 2014
DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.12.7259

[19] Pitei D. L, Lord M, Foster A, Wilson S, Watkins P. J, and Edmonds M. E. “Plantar Pressures Are Elevated in the Neuroischemic and the Neuropathic Diabetic Foot”, Diabetes Care, 22(12), pp. 1966 - 1970, 1999.
DOI: http://dx.doi.org/10.2337/diacare.22.12.1966

[20] Bleakley C. M, O’Connor S. R, Tully M. A, Rocke L. G, Macauley D. C, Bradbury I, Keegan S, and McDonough S. M. “Effect of accelerated rehabilitation on function after ankle sprain: randomised controlled trial”, British Medical Journal, 10, pp. 1964, 2010
DOI: http://dx.doi.org/10.1136/bmj.c1964

[21] Paul G. and William E. P. “Techniques in musculoskeletal rehabilitation”, p. 565-600, New York: Medical publishers division, 2001.

[22] McConnell, Jenny. “The Physical Therapist’s Approach to Patellofemoral Disorders”, Clinics in Sports Medicine, 21(3), pp. 363 - 387, 2002.
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/S0278-5919(02)00027-3

[23] Hertel J. “Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability”, Journal of Athletic Training, 37(4), pp. 364 - 375, 2002.

[24] Van-Cingel R. E, Kleinrensink H. G, Uitterlinden E. J, Rooiiens P. P, Mulder P. G, Aufdemkampe G, and Stoeckart R. “Repeated Ankle Sprains and Delayed Neuromuscular Response: Acceleration Time Parameters”, The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 36(2), pp. 72 - 79, 2006.
DOI: http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2006.36.2.72

[25] Yang J, Lee W. H, Kang K. S, and Kim H. S. "The Effect of the Fall Prevention Exercise Program Focussed on Strengthening of the Lower Extremity Muscles on the Change of Physical Function and Muscle Architecture of the Elderly", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society,(16)3, pp. 1904-1919, 2015.
DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.3.1904

[26] Bullock-Saxton J. E, “Sensory Changes Associated with Severe Ankle Sprain“, Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine, 27(3), pp. 161 - 167, 1995.

[27] Cutter N. C. and KerVorkian C. G. “Handbook of manual Muscle testing”, New York: McGraw-Hill, 1999.

[28] Renström P, and Johnson R. J. “Overuse Injuries in Sports. A Review”, Sports Medicine, 2(5), pp. 316 - 333, 1985.
DOI: http://dx.doi.org/10.2165/00007256-198502050-00002

[29] Stormont D. M, Morrey B. F, An K. N, and Cass J. R. “Stability of the Loaded Ankle. Relationbetween Articular Restraint and Primary and Secondary Static Restraints”, The American Journal of Sports Medicine, 13(5), pp. 295 - 300, 1985.
DOI: http://dx.doi.org/10.1177/036354658501300502

[30] McHugh M. P, Tyler T. F, Tetro D. T, Mullaney M. J, and Nicholas S. J. "Risk factors for noncontact ankle sprains in high school athletes the role of hip strength and balance ability", The American journal of sports medicine, 34(3), pp. 464-470, 2006.
DOI: http://dx.doi.org/10.1177/0363546505280427

[31] Kaminski T. W, and Heather D. H. “Factors Contributing to Chronic Ankle Instability: A Strength Perspective”, Journal of Athletic Training, 37(4), pp. 394 - 405, 2002.

[32] Osborne M. D, Chou L. S, Laskowski E. R, Smith J, and Kaufman K. R. “The Effect of Ankle Disk Training on

Muscle Reaction Time in Subjects with a History of Ankle Sprain", The American Journal of Sports Medicine, 29(5), pp. 627 - 632, 2001.

[33] Shambes G. M. "Influence of the Fusimotor System on Stance and Volitional Movement in Normal Man", American Journal of Physical Medicine, 48(5), pp. 225 - 236, 1969.

[34] Diener H. C, Dichgans J, Guschlbauer B, and Mau H. "The Significance of Proprioception on Postural Stabilization", as Assessed by schemia, Brain Research, 296(1), pp.103 - 109, 1984.
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/0006-8993(84)90515-8

[35] de Oliveira C. B, de Medeiros I. R, Frota N. A, Greters M. E, and Conforto A. B. "Balance Control in Hemiparetic Stroke Patients: Main Tools for Evaluation", Journal of Rehabilitation Research and Development, 45(8), pp. 1215 - 1226, 2008.
DOI: http://dx.doi.org/10.1682/JRRD.2007.09.0150

[36] Hendrickson J, Patterson K. K, Inness E. L, McIlroy W. E, and Mansfield A."Relationship between Asymmetry of Quiet Standing Balance Control and Walking Post-Stroke", Gait & Posture, 39(1), pp. 177 - 181, 2014.
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.06.022

[37] Zifchock R. A, Davis I, Hillstrom H, and Song J. "The Effect of Gender, Age, and Lateral Dominance on Arch Height and Arch Stiffness", Foot & Ankle International, 27(5), pp. 367 - 372. between Articular Restraint and Primary and Secondary Static Restraints. The American Journal of Sports Medicine, 13(5), pp. 295 - 300. 2006.

[38] Yu B. K, and Kim E. H, "The effects of the correction exercise program combined with stretching and elastic band exercise on femoral intercondylar distance, Q-angle, plantar pressure in undergraduate with genu varum", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 16(3), pp. 2064-2072, 2015.
DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.3.2064

신 원 정(Won-Jeong Shin) **[정회원]**

- 2014년 3월 : 단국대학교 대학원 운동의과학과 (박사수료)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 대학원 운동의과학특화 전문인재양성 사업단(BK21+) 참여 연구원

<관심분야>
정형의학, 스포츠의학, 운동 손상

오 두 환(Du-Hwan Oh) **[정회원]**

- 2012년 3월 : 단국대학교 대학원 스포츠의학전공(박사수료)
- 2010년 11월 ~ 현재 : DH웰리스 스포츠클리닉 대표
- 2010년 11월 ~ 현재 : 단국대학교 운동처방 재활학과 강사

<관심분야>
정형의학, 스포츠의학, 트레이닝방법

장 석 암(Seok-Am Zhang) **[정회원]**

- 2000년 2월 : 한국체육대학교 대학원 스포츠의학전공(이학 박사)
- 2000년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 대학원 운동의과학과 교수

<관심분야>
의·생명공학, 스포츠의학

이 장 규(Jang-Kyu Lee) **[정회원]**

- 2003년 2월 : 한국체육대학교 대학원 운동생리학전공(이학 박사)
- 2006년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 대학원 운동의과학과 강사

<관심분야>
의·생명공학, 스포츠의학, 운동생리학