Korean Journal of Sport Biomechanics
Vol. 25, No. 3, 2015, 343-351

ISSN 1226-2226(Print), ISSN 2093-9752(Online)
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2015.25.3.343
http://www.kssb.or.kr

8주간 데드리프트 운동 시 전신진동운동이 재활스포츠 선수의 근 기능 특성에 미치는 영향

오주환[1] · 강승록[2] · 민진영[3] · 권대규[2]

[1]*전북대학교 대학원 헬스케어공학과* ·[2]*전북대학교 공과대학 바이오메디컬공학부* · [3]*(주)소닉월드*

The Effect in the Muscle Function Following 8-Week Dead-lift training with Whole-body Vibration in Rehabilitation for Sports Players

Ju-Hwan Oh[1] · Seung-Rok Kang[2] · Jin-Young Min[3] · Tae-Kyu Kwon[2]

[1]*Department of Healthcare Engineering, Graduate School of Chonbuk National University, Jeonju, Korea*
[2]*Division of Biomedical Engineering, Collage of Engineering, Chonbuk National University, Jeonju, Korea*
[3]*Sonicworld Corporation*

Received 31 July 2015; Received in revised form 16 September 2015; Accepted 30 September 2015

ABSTRACT

Objective : The purpose of this study was to investigate the effects in the muscle function following 8-week dead-lift training with Whole-body Vibration(WBV) in rehabilitation for sports players.

Method : Twenty young sports players. Each subjects were randomly assigned to a resistance training with Whole-body vibration group(TG, n=10), a resistance training without Whole-body vibration group(CG, N=10). The measurements which physical fitness test and joint torque test were performed before the randomization and after the 4-week and 8-week. The WBV group performed the dynamic Dead-lift exercise on a vibration platform during one minute. The CG group performed the equal training without vibration. The WBV and CON group repeated 5 set and trained two times weekly for 8-weeks. Paired t-test was used to test for differences between the groups at baseline and after 4-weeks and 8-Weeks. And independent *t*-test was used to test for differences between the groups at TG and CG. All analyses were executed using SPSS software 18.0. The level of significance was set at $p<.050$.

Results : Following the 8-Weeks training sessions, an increase in the back-muscle strength was found to be greater for the TG compared with the CG group($p<.05$). Muscle endurance was significantly decreased after training than before training only for the CG($p<.05$). Isometric Hip/Lumber Extension/Flextion measurement was found to be significantly greater for the TG compared with the CG group($p<.05$). The finding indicates that WBV effects as an efficient training stimulus to enhance muscle function by facilitating neural control trail. Following muscle activation in motor unit synchronization of the co-contraction of the muscles.

Conclusion : The results imply that the WBV training may have enhanced muscle function in rehabilitation for sports players.

Keywords : Dead-lift, Whole-body vibration, Rehabilitation exercise, Sports players, Muscle strength, Muscle endurance, Isokinetic muscle function.

Ⅰ. 서 론

운동선수들은 최대한의 수행을 통해 최고의 경기력을 유지하고 이를 통해 개인의 기록 및 단체의 성과를 달성하는데 있다. 하지만 스포츠 활동은 항상 상해와 부상의 위험 요소들을 내포하고 있으며, 특히 하지를 이용하여 급격하게 방향전환이나 정지를 하고, 혹은 서로 부딪히는 등의 활동이 포함된 종목들은 척추를 포함한 근 골격계의 급격한 부상률을 높이는 것으로 보고되고 있다(Jin, 2013). 이러한 이유로 인하여 근골격계의 형태학적, 신경학적 요인들의 변화를 가져오게 된다(Morley, 2012; Han, Lee, Jeong & Lee, 2014).

이 논문은 2015년 한국산업단지공단에서 지원하는 산업통산자원부의 매버릭형 기업육성 R&BD 지원사업(MVRGW15001), 2015년 산업통산자원부 지역특화산업육성사업(R0002430)의 지원으로 수행된 연구임
Corresponding Author : Tae-Kyu Kwon
Division of Biomedical Engineering, Collage of Engineering, Chonbuk National University, 664-14 Deokjin-dong 1, Deokjin-ku, Jeonju-si, Korea
Tel : +82-63-270-4066 / Fax : +82-63-270-4374
E-mail : kwon10@jbnu.ac.kr

Copyright@ 2015 by Korean Society of Sport Biomechanics

형태학적인 측면으로는 근육섬유들(muscle fibers) 각각의 위축과 손실, 근육의 양(volume), 근육의 생리학적 횡단면적(physiologic cross-sectional area, PCSA) 감소 등(Aagaard, Suetta, Caserotti, Magnusson & Kjaer, 2010; Lexell, Taylor & Sjostrom, 1988; Kang et al., 2011), 이 발생되며 이는 근육능력(근력, 근지구력, 순발력 등)의 손실을 가져와 스포츠 상황에서 직접적인 경기수행력 저하의 요인을 유발한다.

또한 신경학적 요인은 막전위의 변화(membrane potential), 즉 안정막전위(resting membrane potential)화 활동전위(action potential)의 감소, 운동단위들의 수와 동원률(motor unit output) 감소, 운동단위의 활성빈도(firing frequency) 감소가 대표적인 요인들이다(Kamen, G., Sison, S. V., 1989). 특히 신경학적 변화들은 근육의 기능적인 능력 및 질적 능력에 막대한 손실을 촉진하기 때문에 더욱 중요하다고 할 수 있다(Patten & Kamen, 2000). 따라서 부상으로 인한 형태적, 신경학적 변화를 겪는 선수들의 재활과 관련된 기능적 능력(근육 능력) 및 질적 능력 등의 회복 효율성 향상시키기 위한 재활프로그램들의 관심 및 역할이 증가하고 있으며, 선수를 위한 재활프로그램 계획 시 부상 상황과 실제적인 운영 계획을 포함한 다양한 가능성을 고려해야 한다(Allman, 2006; Ekstrom, 1987).

스포츠 재활프로그램(physical medicine and rehabilitation program)이란 의학의 한 분과로써 그 전문의사가 부상의 정도에 대해 진단하고, 치료를 총체적으로 관리하는 것으로, 생리학적, 해부학적, 생체역학, 물리치료학, 정신과학적, 생화학적인 운동의 효과를 평가 분석하여 이를 토대로 훈련 방법의 개선점을 추구하고 스포츠 외상의 예방과 치료에 대한 지침을 마련하여 선수들의 전반적이며 체계적인 관리시스템 및 환경변화에 효율적으로 대처하는 방안을 마련하는 것을 포함한 스포츠 전반에 관련된 것을 총칭한다(Oh, J. H., 1976; Dicknson, A, & Bennett, K. M., 1985; Prentice, 1999).

선수재활의 단계는 손상의 회복 속도에 따라 여러 단계로 나누어지는데 초기단계를 지나 통증이 없이 관절운동을 할 수 있는 단계인 중간단계와, 진행단계의 치료가 선수들의 현장 복귀를 결정하는 가장 중요한 단계라 할 수 있다. 이 단계에서는 근력 및 근지구력 향상과 강한 근력운동 등을 통한 기능훈련 등이 재활프로그램으로 구성되어야 한다(Brukner & Khan, 1993).

선행연구에서는 수중훈련과 물리치료가 결합된 형태의 수중재활훈련을 통하여 신체적(근골격계, 순환계, 신경계) 향상 및 지구력과 유연성의 향상, 근력의 강화 및 통증의 감소에 향상을 가져온다는 연구(Appen, L., & Duncan, P. W. 1986), 저항을 이용한 웨이트트레이닝과 코어운동의 복합적인 처치를 통한 근력향상 및 체력특성에 관한 연구(Standaert et al., 2004; Renkawitz et al., 2007; Akuthota et al., 2008)들이 진행되었다. 그러나 수중 재활훈련은 장소상의 제한이 문제점이 되고, 저항훈련을 통한 재활 등은 운동 강도를 증가시키는 시점에서 잘못하면 오히려 추가적인 2차 부상을 유발 할 수 있다.

따라서 최근 부작용이 없으며, 운동방법을 익히기 위한 특별한 노력을 요하지 않는 형태의 전신진동운동(whole-body vibration, WBV)이 보고되고 있다(Cardinale & Wakeling 2005). 이러한 형태의 운동은 진동의 빈도, 폭, 세기를 운동강도로 설정하여 신경근계에 대한 중력 부하를 제공하여 인체의 근육 자체나 건을 통해 진동에 의한 과중력 상태를 인지하게 되고, 적응반응을 보이게 되며, 이를 통하여 근신경의 자의적 반사수축 (tonic vibration reflex, TVR)을 발생하게 됨으로써 근신경계의 기능 향상을 일으키게 된다(Roelants, Verschueren, Delecluse, 2006; Nordlund & Thorstensson, 2007; Yu, Seo, Kang, Kwon., 2014).

전신진동운동은 근력 등과 같은 근육의 기능적인 측면의 변화뿐만 아니라(Russo et al., 2003; Kang, Kwon., 2012, 2014), 운동 수행능력도 향상시키는 것으로 보고되고 있다(Cardinale & Bosco, 2003; Delecluse et al., 2003). 선행연구에서는 전신진동운동을 통한 연구들은 평지에서 진동을 주는 형태로 많은 연구가 진행되었고, 경사도를 이용한 전신진동형태의 연구는 아직 미비하며, 선수재활 프로그램으로서의 적용 효과성 및 필요성에 관한 연구도 아직 실시되지 않는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 재활스포츠선수의 8주간 데드리프트 운동 시 전신진동운동제공이 근 기능 특성에 어떠한 영향을 미치는지에 관한 효과를 검증하는데 있다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상은 J대학 체육과 학생 중 스포츠 종목 운동 시 요부 쪽에 부상경험 후 1년 정도의 시간이 경과하였으며, 정도가 경미하고 신경학적으로 이상 소견을 보이지 않고 관절 가동범위에 제한이 없어 재활 운동 프로그램에 참여가 가능한 20대 스포츠선수 20명을 대상으로 하였다. 본 연구에 참여한 20명의 피험자는 <Figure 1>과 같은 경사기능 음파 전신진동기기(Sonic WBV, Sonicworld, Ltd., Korea)를 사용하여 저항운동을 실시한 그룹(Training Group [TG] n=10), WBV를 사용하지 않고 저항운동을 실시한 그룹(Control Group [CG] n=10)에 무작위로 배정하였다. 연구 대상자에 대한 신체적 특징은 <Table 1>과 같다.

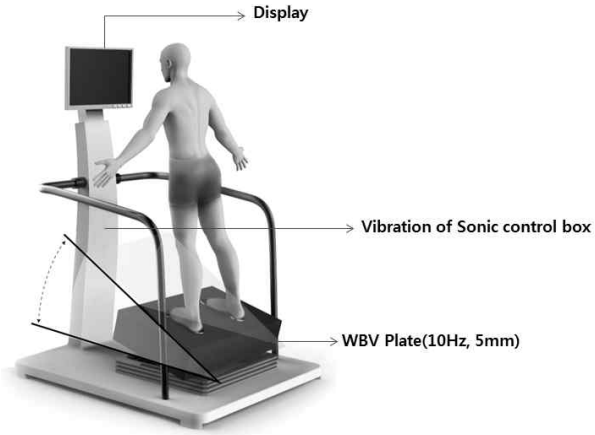

Figure 1. Exercise machine of WBV(consist of display, vibration control box, vibration plate(10Hz, 5mm)

Table 1. Subjects

Group	N	Age(yr) M±SD	Weight(kg) M±SD
TG	10	22.3±1.9	67.1±21.1
CG	10	23.2±1.8	64.6±9.5

실험에 참여하기 전에 모든 피험자들은 실험의 목적과 방법 및 절차에 대해 충분히 숙지하고, 참여 동의서에 자발적으로 서명하였다.

2. 실험절차

1) 실험설계

<Figure 2>는 전신진동운동이 재활이 필요한 스포츠선수의 근기능 특성에 미치는 영향에 대한 연구 수행과정을 나타내고 있다. 피험자들은 경사기능 음파형전신진동기를 제공 하여 운동을 하는 TG(Training Group)와 진동자극을 받지 않고 운동을 하는 CG(Control Group)으로 나누어 진행하였다. 모든 피험자들은 경사형 진동판위에서 Dead-life를 수행하였는데 이는 운동동작을 유지할 때 진동과 추가적인 운동부하(무게중심의 이동 및 불안정한 환경 제공)를 제공할 수 있기 때문에 보다 근기능에 효율적인 자극을 가할 수 있다. 트레이닝은 총 1일 10회씩 총 5세트, 주2회, 총 8주간 실시하였으며, 이때 전신진동자극의 강도는 상지 및 하지근육의 빈도(10 Hz~50 Hz)와 진폭(1 mm~5 mm)별 차이를 EMG(electromyography)분석을 통하여 교차적으로 실시한 결과 본 실험장비에서는 10 Hz, 5 mm에서 근 활성도가 가장 높게 측정되었고, 또한 각도별(0°, 5°, 10°)에서의 근전도 분석결과 5°에서 근활성도 변화가 가장 유의하게 나타났다. 따라서 위와 같은 결과를 토대로 전신진동의 운동강도는 10 Hz·5 mm, 경사도 5°로 고정하여 8주간

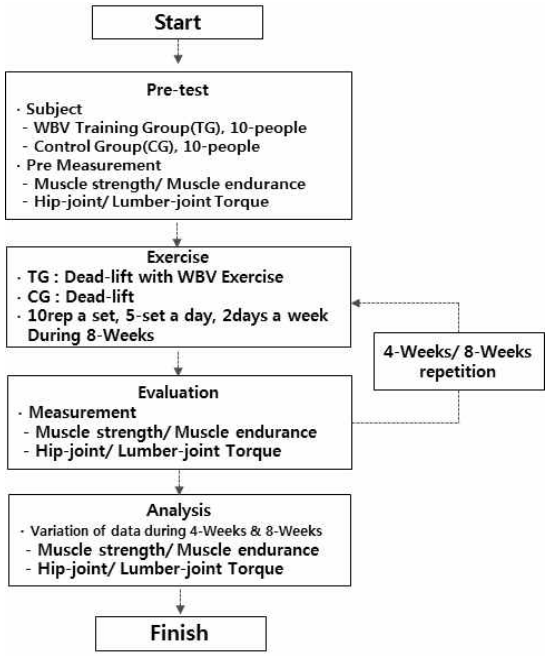

Figure 2. Experimental design of 8-week dead-lift training with whole-body vibration in rehabilitation for sports players

제공하였으며, 실험진행에 따른 측정은 실험 전, 4주, 8주 후에 기초체력평가, 등속성 평가를 통하여 근기능의 효과 변화를 비교분석하였다. 운동 효과에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 통제하기 위하여 운동 시 지속적인 언어적인 피드백을 제공하였으며, 일관된 동작 및 구간별 통제를 위하여 메트로놈과 스톱워치를 사용하여 통제하였다. 또한 피험자들의 운동 및 평가 시에 실내온도는 20°C와 습도 45-55%를 항상 일정하게 유지하여 환경에 대한 오차를 줄였다.

2) 평가항목

본 연구에 참여한 피험자들은 경사기능 음파진동운동기기 운동 전(pretest), 운동 후 4주(4-weeks), 운동 후 8주(8-weeks)에 근력 및 근지구력 평가, 등속성 근 기능 평가를 진행하였다.

(1) 근력 및 근지구력 평가

근력평가는 근력요소 중 배근력을 측정하였다. 배근력(back muscle strength)은 배근력계(SH-9600E, Helmas Korea)를 사용하였다. 배근력계 발판 위에 서서 발끝을 15 cm 벌리고 서서 무릎과 팔을 펴고 상체를 30° 앞으로 굽혀서 배근력계의 손잡이를 똑바로 잡게 하였다. 측정자는 피험자의 신장에 맞게 길이를 조정하여 무릎 위 10 cm에서 측정될 수 있도록 한 후 3초정도 손잡이를 잡아당겨 측정하였으며, 2회 실시하여 최고치를 0.1 kg 단위로 기록하였다.

근지구력은 윗몸일으키기로 측정하였으며 자세는 윗몸 일으키기 장비(SH-9600N, Helmas Korea)에 누운 자세에서 무릎 각도는 약 70~90° 정도로 구부리고 양손은 깍지를 낀 상태로 머리 뒤로 두고 누운 뒤 두 팔꿈치를 무릎에 닿고 제자리로 돌아가면 1회로 하여 30초간 실시한 횟수를 기록하였다.

(2) 등속성 근 기능 평가

요추의 등속성 근기능을 측정하기 위하여 운동근력 부하량 측정시스템(Biodex system3, Medical System Inc) 장비를 이용하였다. 척추안정화에 따른 훈련 전·후 인체 척추관절 주요 관절인 고관절(hip-joint)과 요추관절(lumber-joint)을 기반으로 굴곡과 신전 시 근 기능 측정 평가를 진행하였으며, 고관절의 측정관절 각속도는 45°/sec이고, 요추관절은 60°/sec이며 측정 운동범위(range of motion, ROM) 내에서 각각 5회를 반복하였다. 이에 따른 관찰 변인은 절대근력의 피크토크(peak torque), 상대근력에 해당하는 총일량(total work), 평균파워(average power)과 근 가속시간(acceleration time)을 측정 분석하였다.

3. 운동 프로그램

8주간의 운동프로그램을 피험자들은 경사기능 음파진동 운동기에서, <Figure 3>과 같이 진동판 위에 5 kg의 막대(bar)를 오버그립의 형태로 잡고 어깨넓이로 선 상태에서 루마니안 데드리프트(dead-lift)동작을 실시하였다. 동작 시선은 정면 또는 15°도 위로 향하게 턱을 들어 몸 쪽으로 당기도록 하고, 등과 허리를 활짝 펴서 척추는 아치 형태를 유지하게 하였고, 구간을 총 3 단계로 구분하여 단계 1은 대퇴사두근, 단계 2는 슬개골, 단계 3은 경골·비골에 위치하도록 상승과 하강 구간을 구분하여 각 구간 당 1초씩 3초간 구부리고, 3초간 일어서도록 지시하였다. 또한, 엉덩이는 뒤로 빼주어 무릎에 부하를 줄이고, 바벨 바(bar)는 정강이에 붙여 어깨와 수직선상에 위치되도록 교정하였으며, 메트로놈과 스톱워치를 이용하여 운동시간을 정확하게 통제하여 피험자들에게 동일한 운동시간 및 운동 강도를 제공하였다. TG 그룹에 제공되는 WBV는 경사기능 전신진동운동(Sonicworld, Ltd., Korea)를 이용하여 진동운동을 수행하였다. 진동주파수는 10 Hz로, 진동강도는 5 mm로 고정하고, 경사는 5°로 제공하였다. 또한 터치 모니터를 이용한 직관적인 인터페이스를 적용하여 누구나 쉽게 사용할 수 있도록 제작되었다.

운동 강도는 데드리프트 동작을 실시하는 동안 1일 10회씩 5세트, 주 2회, 총 8주간 실시하였으며, 2주마다 바벨의 무게를 5 kg씩 증가시켜 운동적응의 효과를 최소화시켜 진행하였다.

Figure 3. Experimental setup(step 1: quadriceps femoris muscle/ step 2: patella / step 3: tibia and fibula)

4. 데이터 처리 및 분석

통계적 유의성을 확인하기 위해 통계분석 프로그램인 SPSS 18.0 Korea.(Spss Inc., Chicago, USA)을 사용하여 근력 및 근지구력, 고관절/요추관절의 토크에 대한 각각의 평균과 표준편차를 계산하였다. 운동 전·후 그룹 내 차이의 변화를 분석하기 위해 대응표본 T검정을 실시하였으며, 또한 그룹 간 차이의 변화를 분석하기 위해 독립표본 T검정을 실시하였다. 유의수준은 $p<.05$로 설정하였다.

III. 결 과

1. 역학적 특성

1) 근력 및 근지구력

<Figure 4>은 8주간의 운동프로그램 적용 전·후 근력의 변화를 나타내고 있다. 먼저 근력의 경우 TG그룹은 1.58 ± 0.4 kg(훈련 전)에서 1.6 ± 0.4 kg(4주 후) 4.6% 증가는 나타났지만 통계적으로 유의한 결과는 보이지 않았다. 하지만 8주 훈련결

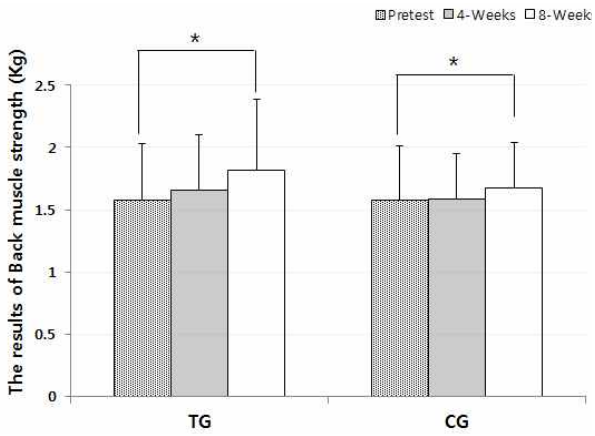

Figure 4. The results of back muscle strength(*mean*±*SD*. * p<.05)

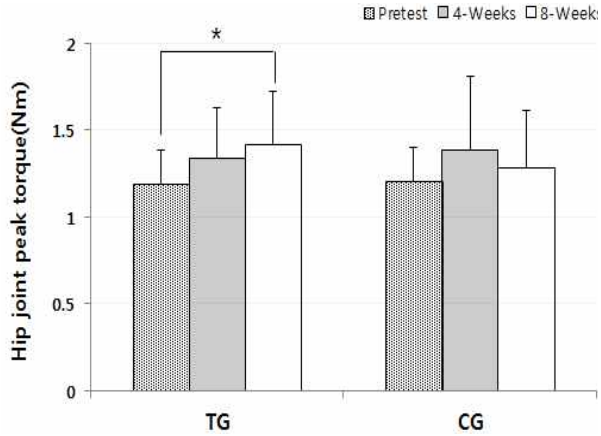

Figure 6. The results of hip joint peak torque(*mean*±*SD*. * p<.05)

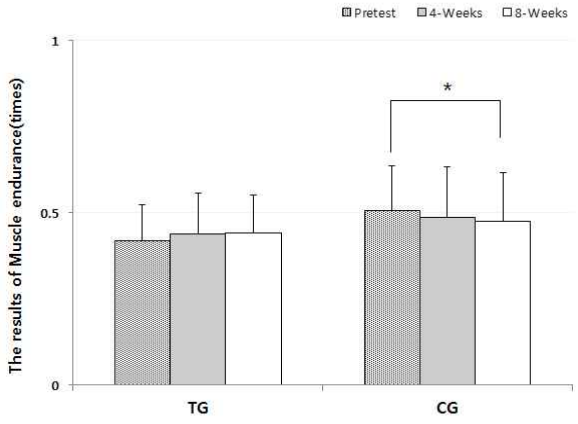

Figure 5. The results of muscle endurance(*mean*±*SD*. * p<.05)

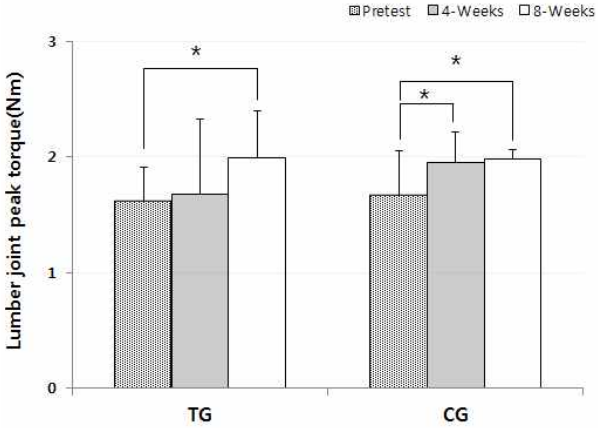

Figure 7. The results of lumber joint peak torque(*mean*±*SD*. * p<.05)

과 1.8 ± 0.5 kg으로 14.6% 증가하였고 통계적으로 근력향상의 유의한 결과를 보였다. CG그룹은 1.5 ± 0.4 kg(훈련 전)에서 1.5 ± 0.3 kg(4주 후) 0.4% 증가, 1.7 ± 0.4 kg(8주 후) 6.1% 증가는 나타났지만 통계적으로 근력향상의 결과는 보이지 않았다.

<Figure 5>는 8주간의 운동프로그램 적용 전·후 근지구력의 변화를 나타내고 있다. TG그룹은 0.4 ± 0.1회 / 30 s(훈련 전)에서 0.4 ± 0.1회 / 30 s(4주 후) 4.6%증가, 0.4 ± 0.1회 / 30 s(8주 후) 5.1% 근지구력의 증가는 나타났지만 통계적으로 유의한 결과는 보이지 않았다. CG그룹은 0.5 ± 0.1회 / 30 s(훈련 전)에서 0.5 ± 0.1회 / 30 s(4주 후) 4.2%감소, 0.5±0.1회 / 30 s(8주 후) 6.7% 감소하였고 통계적으로도 근지구력에서 감소하는 결과를 보였다.

2) 고관절/ 요추관절 등속성 근 기능

척추안정화와에 따른 훈련 전·후 인체 척추관절 주요 관절인 고관절과 요추관절을 기반으로 굴곡과 신전 시 근 기능 측정 평가를 진행하였다.

<Figure 6>는 고관절의 피크토크의 경우 TG그룹은 1.2 ± 0.2 Nm(훈련 전)에서 1.3 ± 0.3 Nm(4주 후) 12.5% 증가하였고, 1.4 ± 0.3 Nm(8주 후) 19.1% 증가가 나타났으며 통계적으로도 유의한 결과를 보였다. CG그룹은 1.2 ± 0.2 Nm(훈련 전)에서 1.4 ± 0.4 Nm(4주 후) 14.5%증가하였고, 1.3 ± 0.3 Nm(8주 후) 5.8%로 증가하는 결과를 나타났지만 통계적으로 유의한 결과는 보이지 않았다.

<Figure 7>은 요추관절의 피크토크를 나타내고 있다. TG그룹은 1.6 ± 0.3 Nm(훈련 전)에서 1.7 ± 0.6 Nm (4주 후) 3.8%증가하였고, 2.0 ± 0.4 Nm(8주 후) 23.2% 증가가 나타났으며 통계적으로도 유의한 결과를 보였다. CG그룹은 1.7 ± 0.4 Nm(훈련 전)에서 1.9 ± 0.3 Nm(4주 후) 17.5% 증가하였고, 1.9 ± 0.0 Nm(8주 후) 19.1% 증가가 나타났으며, 통계적으로도 유의한 결과를 보였다.

<Figure 8>은 고관절의 굴곡과 신전 시 총일량의 변화를

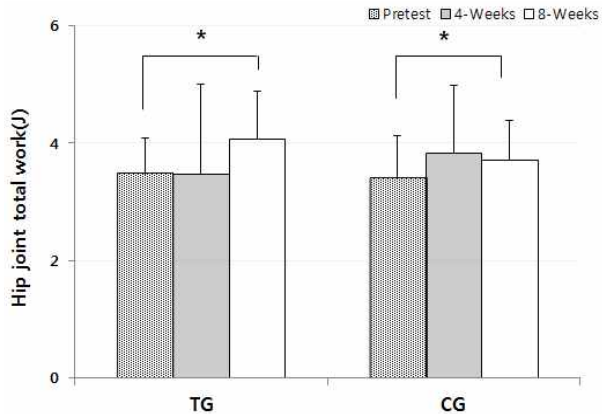

Figure 8. The results of hip joint total work (*mean*±*SD*. * p<.05)

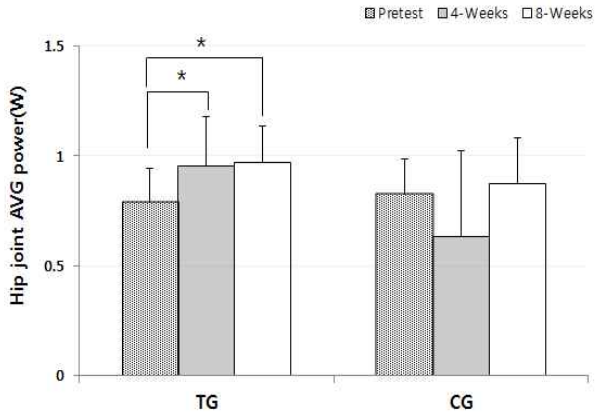

Figure 9. The results of hip joint average power (*mean*±*SD*. * p<.05)

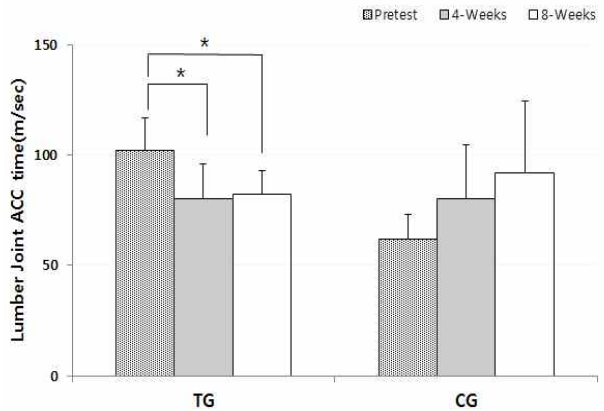

Figure 10. The results of lumber joint acceleration time(*mean*±*SD*. * p<.05)

나타낸 것이다. TG그룹은 3.5 ± 0.6 J(훈련 전)에서 3.5 ± 1.5 J(4주 후) 3% 감소하였고, 4.0 ± 0.8 J(8주 후) 7% 증가를 나타내고 통계적으로도 총일량의 증가에서 유의한 결과를 보였다. CG그룹은 3.4 ± 0.7 J(훈련 전)에서 3.8 ± 1.1 J(4주 후) 12.9% 증가하였고, 3.7 ± 0.6 J(8주 후)로 증가가 나타났으며, 통계적으로 유의한 결과를 보였다.

<Figure 9>는 고관절의 평균파워의 변화를 나타낸 것이다. TG그룹은 0.8 ± 0.1 W(훈련 전)에서 0.9 ± 0.2 W(4주 후) 20.6% 증가하였고, 0.9 ± 0.1 W(8주 후) 22.7% 증가를 나타내고 통계적으로도 유의한 결과를 보였다. CG그룹은 0.8 ± 0.1W(훈련 전)에서 0.6 ± 0.3W(4주 후) 23.5% 감소하였고, 0.8 ± 0.2W(8주 후) 증가를 나타냈지만 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다.

<Figure 10>은 요추관절의 근 가속시간의 변화를 나타낸 것이다. TG그룹은 81 ± 27.6 m/sec(훈련 전)에서 75 ± 22.2(4주 후) 감소하는 결과를 보였고, 77 ± 24.5(8주 후) 19% 감소가 나타났으며 통계적으로 유의한 결과를 보였다. CG그룹은 62 ± 10.9(훈련 전)에서 80 ± 24.4(4주 후) 29% 증가를 보였으며, 92 ± 32.7(8주 후) 48% 증가를 나타냈지만 통계적으로 유의한 결과는 보이지 않았다.

Ⅳ. 논 의

1. 근력 및 근지구력

근력 및 근지구력은 선수 재활에 있어서 가장 기초적인 체력 요소라 할 수 있다. 부상으로 인한 손상되는 근육 및 인대 등의 기타 근골격계에서 기능적으로 회복되어야 하는 첫 번째가 근력과 근지구력이며, 이러한 기능들의 빠른 회복은 재활을 요하는 선수들의 현장복귀에 박차를 가할 수 있는 필요충분조건이라 할 수 있다.

8주간의 전신진동운동 프로그램을 적용한 결과 4주와 8주 후 TG그룹과 CG그룹의 근력 및 근지구력을 측정했을 때 근력은 두 그룹에서 모두 통계적으로 유의하게 증가하였고, 근지구력의 경우 TG그룹은 훈련 전·후 증가하는 결과를 보였지만 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았으며, CG그룹에서는 훈련 전·후 통계적으로 유의하게 감소하는 결과를 보였다. 이는 일정한 기간 동안의 특정부위의 자극을 위한 훈련프로그램은 근력향상에 도움이 되며, 특히 전신진동운동 프로그램을 적용한 그룹에서 좀 더 높은 증가를 보인 점에서 좀 더 효율적인 운동방법이라 할 수 있다. 근력의 증가는 저항운동 시 근 신경계에 대한 과부하를 통해 이루어지는데, 이것은 과부하에 적응하기 위하여 근육이나 건의 기능적은 능력을 수정시킴으로써 자극에 적응하는 과정을 통하여 이루어지는 것이라 판단된다.

전신진동형태의 프로그램은 근육 및 건에 기계적인 진동을 이용하여 가속도를 향상시키고 인체를 과중력 상태에 노출시

켜 점진적인 부하를 제공하여 근신경계를 자극하는 역할을 한다. 이는 점진적인 운동 강도를 증가시킨 저항운동 시 근력 강화나 플라이오 메트릭(Plyometric exercise)과 같은 폭발적인 파워를 향상시키는 트레이닝과의 비슷한 결과를 나타냈으며(Sabine MP Verschueren & Michteld Roelants, 2004), 진동운동을 선수들에게 적용한 연구들은 3주간의 진동운동이 일반적인 근육강화 훈련보다 더 좋은 효과를 가져 온다고 보고하였다(Issurin, Luebermann, & Tenenbaum, 1994).

이와 관련하여 전신진동운동은 강하게 감각 수용기를 자극하여 근 방추를 활성화시키며 이는 고유 감감적인 기능을 향상시킨다(Burke & Schiller, 1976)는 연구결과들과도 유사하다고 판단된다.

또한, 근지구력에서 진동운동 프로그램을 제공한 그룹에서 훈련 전·후 증가는 전신진동운동은 다양한 주파수(Hz)를 차등적으로 제공하여 훈련방법에 맞게 운동프로그램을 구성하면 근육의 섬유(Type Ⅰ, TypeⅡ)의 발달에 필요한 운동부하를 제공할 수 있는 다양한 운동방법으로써의 역할을 할 수 있을 것이라 판단된다.

특히 재활을 목적으로 훈련하는 선수들에게 근 지구력 또한 기초적인 체력능력이며, 일반적인 걷고 달리는 형태 및 저항운동형태의 프로그램 적용 시 제 2차적인 부상의 위험이 있고, 또는 훈련의 효율성 측면에서의 문제점을 발생할 수 있는 부분들을 좀 더 쉽고 간편하게, 단시간의 시간 투자로 인한 최대의 효과를 볼 수 있는 프로그램으로서 기능을 할 수 있을 것이다.

2. 등속성 근기능

부상을 당한 선수들의 제일 큰 문제는 Type Ⅱ 섬유의 감소로 인한 근육량의 감소이며, 이는 신체 전반에 근력 및 근파워, 협응력 등의 손실을 가져와 운동 성능(performance)을 수행하기에 많은 장애를 유발한다. 즉 이러한 요인은 결국에는 근골격계 시스템의 부하를 감소시키는 결과를 초래하게 된다(Hakkinen et al., 2001).

8주간의 전신진동운동 프로그램을 적용한 결과 등속성 근기능의 평가요소 중 절대근력의 피크토크, 상대근력에 해당하는 총일량, 평균파워와 근 가속시간 등에서 TG그룹에서 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이는 저항운동을 독립적인 변인으로 제공하여 운동프로그램을 적용한 것보다 전신진동을 복합적인 자극으로 제공한 운동프로그램이 보다 효율적으로 작용한 결과라 볼 수 있다.

근육이나 건에 제공되는 기계적인 자극의 진동은 자의적인 반사적 수축을 일으키고, 진동자극이 활동하는 근육에 적용될 경우 알파운동을 흥분시키는 근방추의 구심성 말단의 흥분수준을 변경시켜 근 신경의 동원 유형을 변화시킨다. 또한 많은 수의 높은 실무율의 운동단위를 보다 더 빨리 또는 더 많이 활성화시키고, 훈련시키는 결과를 초래하게 된다(Cardinale & Bosco, 2003).

등속성 근기능 평가요소 중 근 가속시간 측면에서 4주, 8주에서 모두 감소하는 결과가 종전의 연구들의 내용을 뒷받침하고 있다. 결과적으로 선수들의 경우 운동단위의 활성률, 실무율, 단위 수 등에서 일반인보다 높은 비율의 효율성을 가지고 있기 때문에, 전신진동운동 프로그램을 적용하여 재활운동을 진행할 경우 단기간의 적용을 통해 높은 효과를 기대할 수 있을 것이라 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 선수재활 프로그램으로써 전신진동운동의 유·무에 따른 TG그룹과 CG그룹간의 훈련 전·후의 운동역학적 요인들을 분석하였다. 이를 위하여 훈련 전, 4주, 8주간의 운동프로그램을 적용하여 각각의 기간마다 기초체력평가, 근 기능 평가 및 분석을 실시하여 다음과 같은 결론에 도달하였다.

첫째, 8주간의 전신진동 운동프로그램 적용 후 TG그룹과 CG그룹의 근력측면에서 두 그룹 모두 통계적으로 유의한 증가를 보였지만, 증가율은 TG에서 좀 더 높은 경향을 보였다. 근지구력 측면에서는 TG에서는 훈련 전·후 증가하였지만, CG에서는 오히려 감소하였으며, 이는 전신진동 운동프로그램을 적용이 근력 및 근지구력 모든 측면에서의 효과가 더 큰 것으로 나타났다.

둘째, 8주간의 전신진동 운동프로그램 적용 후 TG그룹에서 근 기능 평가의 모든 측면에서 유의한 증가를 나타냈다. 특히 근가속시간의 감소는 전신진동 운동프로그램이 근 신경효율성과 운동단위의 동시 활성화(synchronization system)을 증가시키는 것으로 나타났다.

차후 연구에서는 경사기능 음파형 전신진동을 이용한 다양한 운동 형태의 개발 및 적용되어야 하며, 재활프로그램으로서의 전신진동운동의 활용에 대한 적극적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

Aagaaard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S. P., & Kjaer, M. (2010). Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy : strength training as a countermeasure. *Scandinavian*

Journal of Medicine & Science in Sports, 20, 49-64.

Akuthota, V., Ferreiro, A., Moore, T., & Fredericson, M. (2008). Core sability exercise principles. *Current Sports Medicine Reports,* 7(1), 39-44.

Allman, F. L. (2006). *Exercise in Sports Medicine. In Basmajian, JV editor.* Therapeutic exercise, 7, Baltimore: Willans & Wilkins.

Appen, L., & Duncan, P. W. (1986). Strength relationship of Knee Musculature: Effects of Gravity and Sport. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy,* 7(5), 232-235.

Burke, D., & Schiller, H. H. (1976). Discharge pattern of single motor units in the tonic vibration reflex of human triceps surae. *Journal of Neurology Neurosurgery & Psychiatry,* 39, 729-741.

Brukner, P., & Khan, K. (1993). *Clinical Sports Medicine.* Australia : McGraw-Hill.

Cardinale, M. (2002). *The Effect of Vibration on Human Performance and Hormonal Profile.* Published Doctor's Thesis, Semmelwis University Doctoral School.

Cardinale, M., & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise And Sport Science Reviews,* 31(1), 3-7.

Cardinale, M., & Wakeling, J. (2005). Whole body vibration exercise: are Cavibratio good for you?. *British Journal of Sports Medicine,* 39, 585-589.

Yu, C. H., Seo, S. B., Kang, S. R., & Kwon, T. K. (2014). Fundamental study of lower limb muscle activity using an angled whole body vibration exercise instrument. *Bio-Medical Engineering Materials and Engineering,* 24, 2437-2445.

Delecluse, C., Roelants, M., & Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise,* 35(6), 1033-1041.

De Ruiter, C. J., Van Raak S. M., Schilperoort, J. V., Hollander, A. P., & De Haan, A. (2003). The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *European Journal of Applied Physiologyl,* 90(5-6), 595-600.

Dicknson, A., & Bennett, K. M. (1985). Therapeutic exercise. symposium on rehabilitation of the injured athlete. *Clinics in Sports Medicine,* 4(3), 88-93.

Ekstrom, M. (1987). Lower-leg pain can stop athletes in their tracks. *Sports Medicine,* 27(3), 193-204.

Han, B. R., Lee, D. Y., Jeong, S. W., & Lee, H. D. (2014). Changes in the Biomechanical Properties of ankle plantaflexores following 8-week resistance training with or without whole-body vibration in older women. *Korean Journal of Sport Biomechanics,* 24(4), 399-415.

Hakkinen K., Pakarinen, W. J., Newton, R. U., & Alen, M. (2001). Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiologica Scandinavica,* 171(1), 51-62.

Issurin, V. B., Liebermann D. G., & Tenenbaum, G. (1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *Journal of Sports Science,* 12(6), 561-566.

Kang, S. R., Jeong, G. Y., Moon, D. A., Jeong, J. S., Kim, J. J., & Kwon, T. K. (2011) Evaluation of bio-mechanical characteristics according to loading deviation methods during rowing exercise. *Korean Journal of Sport Biomechanics,* 21(3), 369-382.

Kamen, G., Sison, S. V., & Du, C. J. (1989). Unusual motor unit firing behavior in older adults. *Brain Research,* 482(1), 136-140.

Jin, Y. W. (2013). A biomechanical analysis according to passage of rehabilitation training program of ACL patients. *Korean Journal of Sport Biomechanics,* 23(3), 235-243.

Lexell, J., Taylor, C. C., & Sjostrom, M. (1988). What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied. *Journal of the Neurological Sciences,* 84, 275-294.

Morley, J. E. (2012). Sarcopenia in the elderly. *Family Practice,* 29, i44-i48.

Nordlund, M. M., & Thorstensson, A. (2007). Strength training effects of Whole-body vibration. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports,* 17(1), 12-17.

Oh, J. H. (1976). *Rehabilitation Medicine.* Seoul : Good World, Inc.

Patten, C., & Kamen, G. (2000). Adaptations in motor unit discharge activity with force control training in young human adults. *European Journal of Applied Physiology,* 83(2-3), 128-143.

Prentice, W. E. (1999). *Rehabilitation Techniques in sports medicine.* 3nd edition. Mc Graw Hill Education.

Roelants, M., Verschueren, S. M., Delecluse, C., Levin, O., & Stijnen, V. (2006). Whole-body-vibration-induced increase in leg muscle activity during different squat exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 20(1), 3306-3310.

Renkawitz, T., Boluki, D., Linhardt, O., & Grifka, J. (2007). Neuromuscular imbalances of the lower Back in tennis players-the effects of a back exercise program. *Europe PubMed Central,* 21(1), 23-28.

Russo, C. R., Lauretani, F., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Guralnik, J. M., & Ferrucci, L. (2003). High-frequency vibration training increases muscle power in postmeno pausal woman. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,* 84(12), 1854-1857.

Sabine, M. P., Verschueren., Machteld, R., Christophe, D., Stephan, S., Dirk, V., & Steven, B. (2004). Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women. *Journal of Bone and Mineral Research,* 19(3), 352-359.

Kang, S. R., & Kwon, T. K., (2012). Effect on improvement of muscle strength for loading pattern using electric exercise instrument. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 29(2) 229-238.

Standaert, C. J., Herring, S. A., & Pratt, T, W. (2004). Rehabilitation of the athlete with low back pain. *Current Sports Medicine Reports,* 3(1), 35-40.