

상지 좌우 운동부하 편차방식이 근력 불균형 개선에 미치는 영향

Effect on Improvement of Muscle Strength Imbalance according to Load Deviation Pattern of Left and Right Arms in Upper Limbs

강승륙¹, 서신배², 정구영³, 배종진⁷, 유창호⁷, 유미⁴, 문동안⁵, 정장식⁶, 권대규^{7,✉}
 Seung Rok Kang¹, Shin Bae Seo², Gu Young Jeong³, Jong Jin Bae⁷, Chang Ho Yu⁷, Mi Yu⁴,
 Dong An Moon⁵, Jang Sik Jeong⁶, and Tae Kyu Kwon^{7,✉}

1 전북대학교 헬스케어공학과 (Department of Healthcare Engineering, Jeonbuk National Univ.)

2 전북대학교 생체정보공학부 (Division of Bioinformatics, Jeonbuk National Univ.)

3 전북대학교 헬스케어기술개발사업단 (Center for Healthcare Technology Development, Jeonbuk National Univ.)

4 전북대학교 자동차부품·금형기술혁신센터 (Chonbuk National University Automobile-Parts & Mold Technology Innovation Center)

5 전라북도체육회 스포츠과학센터 (Center for Sports Science, Association of Chonbuk Athlete)

6 주식회사 휴모닉 (Humonic Co.)

7 전북대학교 바이오메디컬공학부 (Division of Biomedical Engineering, Jeonbuk National Univ.)

✉ Corresponding author: kwon10@jbnu.ac.kr, Tel: 063-270-4066

Manuscript received: 2012.1.10 / Revised: 2012.5.14 / Accepted: 2012.6.27

The purpose of this study was to verify the validation of effect on improvement of muscle strength unbalance according to exercise load deviation during rowing exercise. We performed evaluation of muscular activity and joint torque before the test. We recruited twenty subjects who one side's muscle strength is bigger in more 20% than other side. Subjects divided two groups. One is dominant left side and the other was dominant right side. Subjects performed rowing exercise in electric load deviation rowing equipment (Robo.gym, Humonic Co., Ltd., Daegu, Korea). Exercise performed four sets a day including 25 times a set, and three days a week. Measurements consist of evaluation of muscular activity and joint torque. Exercise load deviation adapted that different value of muscle strength in both arms multiplied 1RM% and added 1RM 50%. The results in adapted load deviation showed that the differences of maximal peak torque in 22.75% were getting increase significantly during exercise in 5.72%. This interpreted that rowing exercise with loading deviation types could provide muscle strength and muscular endurance exercise in same time for balance. Our study found out that loading deviation could provide muscle strength and muscular endurance exercise for improving muscle unbalance.

Key Words: Rowing Exercise (로잉운동), Whole-body Exercise (전신운동), Exercise Load Deviation (운동부하 편차방식), Exercise Effect (운동효과), Muscle Strength Balance (근력균형)

1. 서론

최근 건강에 대한 관심이 증가함에 따라 사회

적으로 헬스케어(healthcare), 웰빙(well-being)이나 웰니스(wellness)라는 다양한 생활 이슈가 발생되기 시작했다. 건강은 단순히 육체적 건강 증진 개념

에서 스트레스 해소 또는 정신적 건강을 위한 모든 활동에 대한 개념으로 확대되어가고 있으며, 자신의 경쟁력 강화와 미(美)를 증진시키는 모든 활동으로 그 의미가 변화 되어가고 있다. 이러한 모든 활동 중 근력운동에 대한 수요가 가장 크며 많은 관심을 가지고 있다. 근력운동(muscle exercise)은 육체적 건강뿐만 아니라 멋진 몸매를 통하여 자신의 경쟁력 강화와 아름다움을 통해 자신의 정신적 만족을 충족시킬 수 있기 때문에 다양한 연령층에서 가장 선호하고 있는 운동분야이다.¹³ 하지만 대부분 근력운동기기는 부정확한 운동정보나 한국인이 아닌 서양인 체형 기반 운동프로그램을 제공하고 있는 실정이다. 서양체형을 기반으로 운동기기 제작과 프로그램 개발 시 체격(body structure), 신체구성(body composition) 차이로 인해 한국인 사용자들에게 부적합한 운동부하나 부적절한 움직임 등으로 인한 운동상해나 운동효과 저하를 초래할 수 있다.^{4,5} 이러한 잘못된 운동습관, 비효율적인 운동 중 부분운동(partial exercise)이 가장 큰 문제로 대두되고 있는데 이는 특정부위만을 운동하는 것으로 신체의 근력 균형 면이나 외관 면에서 부정적인 효과를 가져올 수 있다. 따라서 몸 전체의 균형적인 운동이 가능한 전신운동에 대한 관심이 급증하고 있으며 많은 연구가 진행 중이다.

전신운동 중 로잉(rowing)이 대표적이라고 할 수 있는데 국외에서는 이미 많은 개발과 연구가 되었다. 로잉은 노를 젓는 형태를 모사하여 개발된 운동으로 국외에서는 전신운동으로 탁월한 운동효과가 많은 연구들에 의하여 입증되고 있다.⁶⁻⁸ 그 중 로잉운동 시 전신움직임에 따른 신체 에너지 소비에 대한 정량적 평가 또는 생체역학적 평가에 대한 연구가 가장 활발하게 진행되었다.⁹⁻¹³ 또한 다른 타 운동과 비교분석 하거나 다양한 피험자군에 대해서 긍정적인 운동효과를 보고하였다.¹⁴⁻¹⁷ 이러한 연구결과들은 로잉운동이 전신근력 증진에 효과적다는 것을 뒷받침하고 있다. 하지만 전신근력 증진은 결국 하나의 운동으로 전신의 근육을 사용하는 것을 의미할 뿐 좌우 근력균형을 의미하지는 않는다.

최근 국내외에서 근력불균형이 요통이나 척추 질환을 야기하며 고령자들에게는 낙상을 유발할 수 있다는 연구들이 발표되고 있다. 균형적인 근력증진이 아닐 경우 오히려 근력운동이 몸에 악영향을 미칠 수 있다는 것을 시사하고 있는 것이다. Chou¹⁸는 잘못된 운동에 의한 근력 불균형은 일반

인이나 운동선수 모두에게 운동 수행능력 및 신체 활동 저하를 가져올 수 있다고 보고하였다. 또한 Lee¹⁹는 근력의 불균형적 발달이 자세의 불안정을 초래하여 유연성 기능 저하를 유발시킬 뿐만 아니라 신체의 부자연스러운 발달에 의해 비만, 만성 퇴행성 질환 등 신체의 병적 이상이 발생할 수 있다고 보고하였다. 이처럼 좌우 근력불균형은 신체의 구조와 기능을 악화시킬 수 있는 요인으로 판단되는 것이며 이에 대한 연구가 필요한 실정이다. 게다가 아직까지 좌우 근력균형은 정의되지 않는 상태이며 최근 연구가 진행되고 있지만 미미한 실정이다.²⁰

본 연구에서는 좌우 독립운동 부하편차방식이 상지의 근력 불균형 개선에 미치는 영향을 고찰하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 피험자

본 연구에서는 최근 6 개월 이내 근골격계 상해에 대한 병력이 없으며 로잉운동에 대한 경험이 없는 피험자 100 명을 대상으로 근육활성수준과 관절토크 측정을 실시하였다. 그 결과 상지의 좌우 근력차이가 평균보다 20%이상 차이가 나는 성인 남녀 20 명을 선출하여 본 실험을 진행하였다. 피험자들은 두 그룹으로 구분하였으며 좌측 근력이 우세한 그룹인 (Dominant Left arm group, DL; age: 23±1.8 yr, height: 175±2.7 cm, weight: 65±3.1 kg)과 우측 근력이 우세한 그룹 (Dominant Right arm group, DR; age: 23±2.2 yr, height: 175±3.1 cm, weight: 65±2.8 kg)으로 구성되었다(Table 1).

Table 1 Subject information in subjects

	DL group	DR group
Age	20±1.8 yr	20±2.7 yr
Height	175±2.5 cm	175±3.5 cm
Weight	60±3.7 kg	60±2.1 kg

2.2 실험장비 및 절차

본 연구에서는 서보모터를 이용하여 운동부하를 1kgf 씩 정밀하게 제공하는 전동식 로잉운동기기(ROBO.GYM, Humonic Co., Ltd., Daegu, Korea)를 이용하였다(Figure 1). 기존 로잉 운동기기는 상지와 하지가 동일한 방향으로 움직이는 정방향성 운

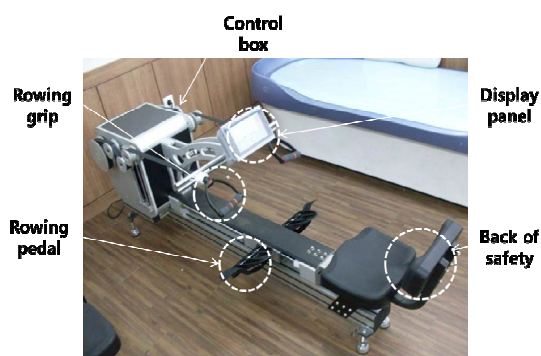


Fig. 1 Rowing exercise instrument using electric loading deviation methods using servo motor control (ROBO.GYM, Humonic Co., Ltd., Daegu, Korea)

동추진력을 제공하지만 본 연구에서 사용한 운동기기는 상지와 하지가 서로 다른 방향으로 움직이는 역방향성 운동추진력을 제공하였다. 또한 운동부하는 기존의 경우 상지의 당김막대(pulling bar) 하나로 제공하였지만 전동식 로잉운동기기는 상지의 좌우에 각각 독립적인 운동부하를 제공하는 운동부하 편차방식을 제공한다.

본 연구에서 실험절차는 운동, 평가와 분석으로 나뉘어 실시하였다. 먼저 운동은 하루 25번씩의

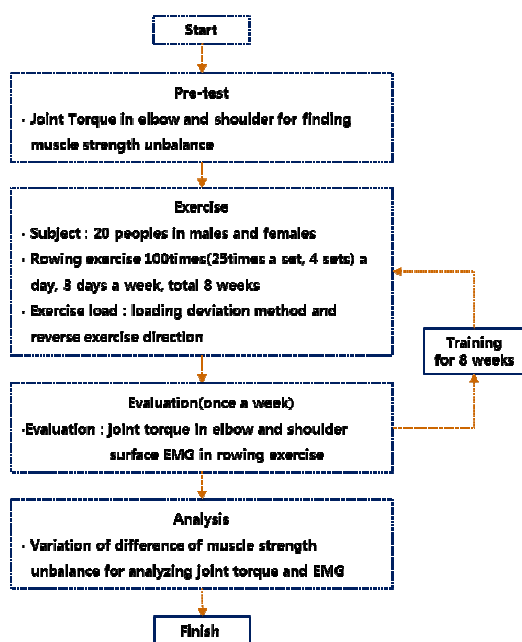


Fig. 2 Block diagram of experimental perform step in loading deviation method in electric instrument

로잉동작을 1 세트로 지정하여 4 세트를 수행 총 100 회의 로잉운동을 수행하였다. 또한 주 3 회 실시하여 총 8 주간 진행되었다. 평가는 좌우 근력차이의 변화를 관찰하기 위해 로잉운동 시 좌우 근육의 실시간 근육활성도를 측정하였다. 또한 근력 및 근반응성 차이를 평가하기 위해 등속성 근기능 평가장비인 Biodex system3 를 이용하여 매주 1 회 주관절(elbow joint)와 견관절(shoulder joint)의 토크 변화를 관찰하였다. 마지막으로 분석에서는 총 8 주간 주관절과 견관절의 토크차이 변화와 로잉운동 시 근육활성도 차이를 분석하여 부하편차에 대한 유효성을 검증하였다(Figure 2).

2.3 운동부하 및 운동형태

본 연구에서는 인체의 근력 균형을 신체의 관상면(coronal plane), 시상면(sagittal plane)과 수평면(horizontal plane)으로 나눌 시 균등한 근육의 힘의 분배를 의미한다고 가정하였다. 상지의 좌우 근력 불균형을 개선을 위해 운동부하를 기존 운동기기와 달리 좌우 팔에 독립적인 운동부하를 각각 적용하였다. 이러한 운동부하 편차방식은 운동부하의 기본원리인 과부하의 원리, 점진부하의 원리를 적용하였으며 본 연구에서 제시하는 부하편차 방식을 추가적으로 이용하였다.

먼저 과부하의 원리(overload principle)는 피험자의 최대 근수축 능력을 의미한다. 최대 근수축 능력(one resistance maximum)은 사용자가 단 한번 들어올릴 수 있는 최대 무게를 의미한다. 근력증진을 위한 운동부하는 1RM 의 70~80%, 지구력 증진을 위해서는 30%정도가 적당하다. 하지만 이는 일반인이 아닌 전문선수들에게 적합하고 일반인들에게는 오히려 상해를 줄 수 있다. 따라서 본 연구에서는 등속성(isokinetic) 평가모드를 이용하여 상지의 최대 근수축 능력을 평가하여 1RM 의 50%를 초기 운동부하로 적용하였다.²⁰ 두 번째 점진 운동부하의 원리(progressive resistance principle)는 주기적으로 운동부하를 증가시켜 근력을 증진시키는 것이다. 매 2 주 마다 5kg 의 운동부하를 증가시켜 제공하였다. 셋째, 운동부하 편차방식(loading deviation)은 기본적으로 사용자의 우세한 팔에 1RM 의 50%를 적용하고 반대쪽 팔에 1RM 의 50%에 추가적인 운동부하를 적용하는 방식을 의미한다. 즉, 우세한 팔에는 1-RM 의 50%를 제공하고 반대쪽 팔에는 1-RM 50%와 상지의 좌우 근력차이에 1RM%를 더하여 제공하였다. 운동부하 편차방식은 식(1)과 같이 정의된다.

$$EL : DS \times 1RM(50\%) + (DS - OS) \times 1RM \times \frac{1}{100} (\%)$$

EL : Exercise Load(kg)
DS : Dominant side muscle strength(kg)
OS : Opposite side muscle strength(kg)
1RM : One resistance maximum(kg)

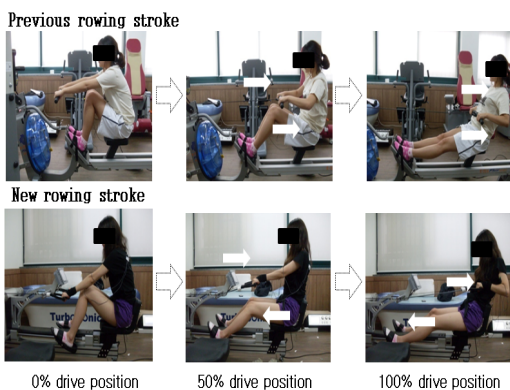


Fig. 3 Block diagram of experimental perform step in loading pattern types using electric instrument

또한, 제안한 로잉운동기에서 발생하는 운동 추진력 방향은 기존 운동방향과 다른 형태이다. 기존의 경우, 골반(pelvic) 전략을 이용하여 상지와 하지가 동일한 방향으로 힘을 발생시키는 정방향성 운동추진력을 낸다. 하지만 제안한 역방향성의 경우, 골반의 움직임에 따른 팔의 굴곡과 동시에 발의 신전, 몸의 신전 형태가 아닌 골반의 고정과 함께 상지와 하지의 운동방향이 서로 반대 형태를 가지고 있다. 이러한 역방향성 로잉 움직임은 0% drive position 에서는 기존 운동 형태와 유사하지만 50~100% drive position 에서는 다른 방향으로 운동 추진력을 발생하게 된다(Figure 3).

2.4 측정방법

운동부하 편차 방식에 따른 근육활성도 및 관절 토크 변화를 보기 위해 두 가지 방법으로 측정을 하였다. 첫 번째는 로잉운동 시 상지 근육의 실시간 근육활성도를 관찰하기 위해 Bignoli-EMG 8ch (Delsys. Inc., USA)를 이용하여 측정을 실시하였다. 측정된 근육은 척측수근굴근(flexor carpi ulnaris), 등세모근(trapezius), 상완이두근(biceps brachii), 척추세움근(erector spinae)이다(Figure 4). 표면 근전도(surface EMG)를 측정하기 위해 피험자들의 피부를 알코올로 소독하여 피부 저항을 최소로 하였다.

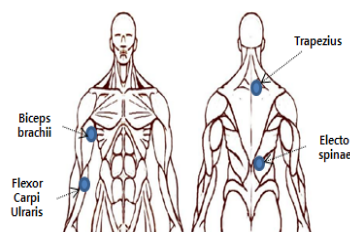


Fig. 4 Muscle spot for measuring real time EMG



Fig. 5 Evaluation of Joint torque in elbow and shoulder for observing difference of muscle strength

또한 매 측정 시 근육위치에 따른 근전도 오차를 줄이기 위해 해당 근육의 관절 길이의 1/2 지점을 지정해 측정을 실시하였다. 즉, 상완이두근의 경우 상지의 움직임과 관련된 관절인 어깨관절과 팔꿈치 관절의 1/2 지점으로 근육의 가장 높은 수축 부위를 측정한 것이다.²⁰

두 번째로 피험자들의 근력차이 변화를 보기 위해 Biodex system3 를 이용하여 운동 전 후 관절 토크 변화를 측정하였다. 운동 전 후 관절토크 변화를 위해 측정된 관절은 주관절과 견관절이며 각 관절의 신전과 굴곡 시 토크를 측정하였다. 근력차이 변화 평가를 위한 측정 관절 각속도는 60° /sec 이며 측정운동범위(Range of motion, ROM)는 60° 도 하여 모든 피험자들에게 동일하게 적용하였다(Figure 5). 또한 운동과 측정 시 실내온도와 습도는 항상 일정하게 유지하여 환경에 대한 오차를 줄였다.

2.5 데이터 처리 및 분석

운동부하 편차방식에 따른 상지 좌우 근력불균형 개선효과를 보기 위해 실시간으로 수집된 근전도 신호는 1000 Hz 로 샘플링 하였으며 움직임에 따른 노이즈를 제거하기 위해 25-450 Hz 로 대역폭

필터(Bandwidth filter)를 사용하였다. 측정된 데이터는 근육이 반응할 때의 표면근전도 신호의 전후 100 ms 씩 총 200 ms 동안만 계산하였다. 통계적 유의성을 확인하기 위해서 SPSS 13.0 Kor.을 사용하여 로잉 운동 시 실시간 근육활성도와 관절토크에 대한 각각의 평균과 표준편차를 계산하였다. 또한 운동 전 후 상지 좌우 운동부하 편차에 따른 토크차이 변화를 분석하기 위해 최대피크토크 데이터들을 일원분석(one-way ANOVA)하였다. 또한 사후검정(Post hoc analysis)을 통해 피험자 그룹간의 평균차이를 분석 하였다. 반복 측정 시 발생하는 측정 오차 사이의 통계적 유의성을 검증하였으며 유의수준은 $p < 0.01$ 과 $p < 0.05$ 에서 검증하였다.

3. 결과

3.1 운동부하 편차방식 적용에 따른 좌우 근육 활성화 수준 차이 변화

실험 전, 우측 근력우세그룹의 경우 상지의 좌우 근육활성도 차이는 약 22.7% 수준으로 나타났다. 피험자들에게 식 (1)와 같이 적용하여 좌우 근력차 교정을 실시하였다. 우측 근력우세그룹의 경우 좌측 근력 15 kg, 우측 근력 20 kg, 1RM 40 kg 씩 측정되었으며 운동부하 편차식을 적용하여 22 kg 의 부하를 좌측 초기 운동부하로 제공하였다. 운동 8 주 후 좌우 근력차이는 약 5.7% 수준으로 근력 불균형이 대폭 감소하는 경향을 보였다(Table 2).

Table 2 Results in difference of muscular activity between dominant arms (%)

Muscles	Dominant right arm		Dominant left arm	
	Before the test	After the test	Before the test	After the test
Flexor carpi ulnaris	20.1	6.2	23.7	7.7
Trapezius	26.6	3.1	40.8	10.9
Biceps brachii	32.0	7.8	27.3	14.3
Erector spinae	12.2	5.8	30.0	10.9

좌측 근력우세그룹의 경우 실험 전 좌우 근육활성도 차이는 30.5% 수준의 큰 차이를 보였다. 좌측 22 kg, 우측 16 kg, 1RM 50 kg 일 때 운동부하 편차식을 적용하여 28 kg 의 부하를 제공하였다.

그 결과, 좌우 근육활성도 차이가 10.3% 수준까지 크게 감소하는 결과를 보이며 근력 불균형이 감소되었다(Figure 6).

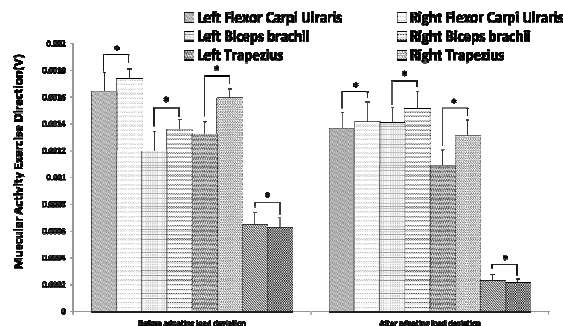


Fig. 6 Variation of muscular activity in upper limbs adapting loading deviation methods before and after exercise (means \pm SE. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$)

3.2 운동부하 편차방식 적용에 따른 주관절의 최대 피크토크 변화

실험 전 우측 근력우세 그룹에서 근력교정 결과, 좌우 관절토크 차이는 운동 전 주관절의 신전 시 33.2%, 굴곡 시에는 운동 전 29.7% 수준으로 나타났다(Table 3). 피험자에게 운동부하 편차식을 적용하여 근력교정 결과, 관절 피크토크 차이는 운동 4 주 후 주관절의 신전 시 10.8%, 굴곡 시에는 13.2% 수준으로 큰 폭의 감소경향을 보이면서 8 주 후 좌우 관절토크 차이는 주관절의 신전 시 4.2%, 굴곡 시에 5.6% 수준까지 감소하는 경향을 보였다(Figure 7). 좌측 근력우세 그룹에서 근력교정 결과, 좌우 관절의 피크토크 차이는 운동 전 주관절의 신전 시 31.4%, 굴곡 시에는 운동 전 43.9% 수준으로 나타났다. 실험 결과, 관절토크 차이는 운동 4 주 후 주관절의 신전 시 9.6%, 굴곡 시에는 7.3% 수준으로 감소하여 8 주 후, 신전 시 4.9%, 굴곡 시에 3.8% 수준까지 감소하는 경향을 보였다(Figure 8).

Table 3 Results in torque difference of elbow joint between dominant arms (%)

Protocol	Dominant right arm			Dominant left arm		
	Before	4 weeks later	8 weeks later	Before	4 weeks later	8 weeks later
Extension	33.2	10.8	4.2	31.4	9.6	4.9
Flexion	29.7	13.2	5.6	43.9	7.3	3.8

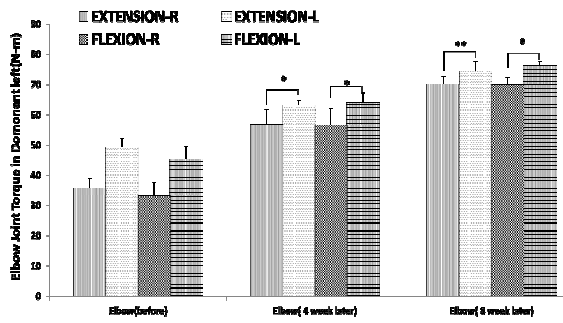


Fig. 7 Variation of difference of peak torque in elbow joint for dominant right side adapting loading deviation methods among before, 4 weeks and 8 weeks (means ± SE. *p < 0.05; **p < 0.01)

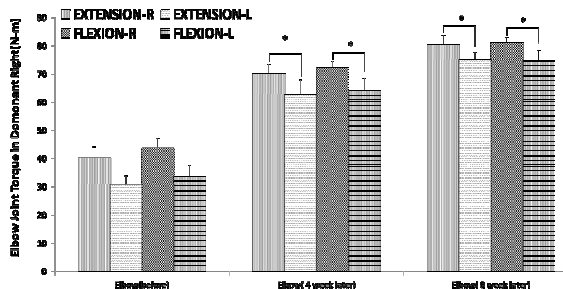


Fig. 8 Variation of difference of peak torque in elbow joint for dominant left side adapting loading deviation methods among before, 4 weeks and 8 weeks (means ± SE. *p < 0.05; **p < 0.01)

3.3 운동부하 편차방식 적용에 따른 견관절의 최대 피크토크 변화

우측 근력우세 그룹에서 실험 전 관절토크 차이는 운동 전 견관절의 신전 시 33.6%, 굴곡 시에는 운동 전 26.2% 수준으로 나타났다(Table 4). 근력교정 결과, 관절토크 차이가 운동 4 주 후, 신전 시 12.9%, 굴곡 시에는 10.3% 수준으로 큰 폭의 감소경향을 보였다. 8 주 후, 신전 시 4.7%, 굴곡 시에 4.4% 수준까지 감소하는 경향을 보였다(Figure 9). 좌측 근력우세 그룹의 결과, 좌우 관절토크 차이는 운동 전 견관절의 신전 시 36.1%, 굴곡 시에는 운동 전 31.5% 수준으로 나타났다. 실험 결과, 운동 4 주 후 신전 시 15.8%, 굴곡 시 13.4% 수준까지 감소하는 경향을 보였다. 8 주 후에는 신전 시 6.7%, 굴곡 시에 5.5%수준으로 큰 폭의 감소 경향을 나타냈다(Figure 10).

Table 4 Results in torque difference of shoulder joint between dominant arms (%)

Protocol	Dominant right arm			Dominant left arm		
	Before	4 weeks later	8 weeks later	Before	4 weeks later	8 weeks later
Extension	33.6	12.9	4.7	36.1	15.8	6.7
Flexion	26.2	10.3	4.4	31.5	13.4	5.5

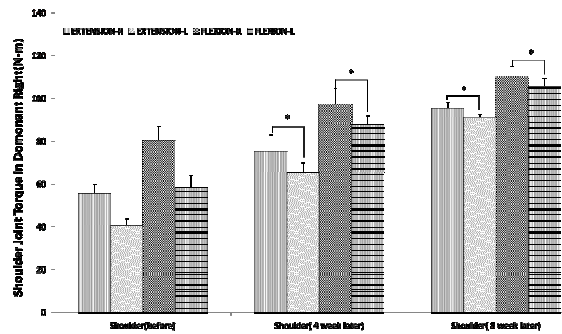


Fig. 9 Variation of difference of peak torque in shoulder joint for dominant right side adapting loading deviation methods among before, 4 weeks and 8 weeks (means ± SE. *p < 0.05; **p < 0.01)

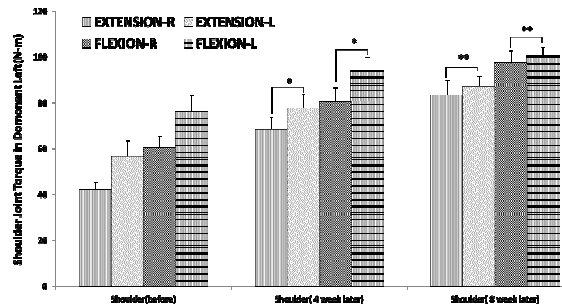


Fig. 10 Variation of difference of peak torque in shoulder joint for dominant left side adapting loading deviation methods among before, 4 weeks and 8 weeks (means ± SE. *p < 0.05; **p < 0.01)

4. 고찰

좌우 근력균형에 대한 정의는 구명되어있지 않으며 연구가 또한 매우 부족한 실정이다. 대부분이 전신 근력증진이나 근력 회복에 중점을 두고 연구가 진행 되었을 뿐이다. 결국 전신 근력 증진은 하나의 운동을 통해 전신의 근력을 증진을 의미할 뿐 근력균형을 의미하지는 않는다고 판단된다. 따라서

본 연구에서는 인체의 근력 균형을 신체의 관상면, 시상면과 수평면으로 나눌 시 균등한 근육의 힘의 분배를 의미한다고 사료되며 또한 보행에 따른 하지의 근력은 어느 정도 균등하다고 판단하여 상지의 좌우 근력불균형을 조사하고자 하였다.

상지의 좌우 독립적인 운동부하 편차방식을 적용한 전동식 로잉운동기기를 이용하여 운동 전 후 피험자들의 실시간 근육활성도와 관절토크 변화분석을 통해 운동부하 편차방식적용에 대한 유효성을 검증하고자 하였다. 본 연구에서 제안한 운동부하 편차방식을 적용 시 상지 좌우 근육별 근육활성 수준은 척추수근골근(before 21.9%, after 6.95%), 상완이두근(before 29.7%, after 11.1%), 등세모근(before 33.7%, after 7.0%)과 척추세움근(before 21.1%, after 7.1%)의 변화를 보였다. 즉, 운동부하 편차방식을 적용 시 평균적으로 26.6% 수준의 좌우 근력 불균형을 8.1% 수준으로 유의하게 감소시켜 69.5% 개선효과를 나타냈다. 이는 운동부하 편차방식을 상지 좌우에 독립적으로 제공할 시 근력불균형을 교정 가능하다고 사료된다. 이는 본 장비에서 제공되는 운동부하가 우세 팔과 비우세 팔이 독립적인 운동을 가능하게 해주었다고 판단되며 그 결과 위와 같은 근력균형을 보정하였다. 즉, 우세 팔은 근지구력성 운동형태를 취하고 비우세 팔은 근력성 운동형태를 제공받은 것이며 전체적으로 상지, 하지, 체간 유기적인 협응 움직임에 따른 전신운동을 제공받았다.¹¹

근력과 근지구력은 전문 운동활동뿐만 아니라 일상 생활을 하는데 중요하며 필수적인 체력요인으로 알려져 있다. 근육은 자극이나 환경에 따라 근섬유의 형태와 기능이 단기적 반응을 하거나 장기적 적응을 하는 특성을 가지고 있다. 트레이닝의 형태에 따라 다르게 적용되는데 1~2 일의 단기적 트레이닝은 세포내부의 혈장이 축적되어 일시적으로 근육이 커지는 현상으로 수시간 내 원상태로 회복된다. 하지만 근육적응은 8~12 주 정도의 장기간 트레이닝을 통해 근육의 수축단백질과 결합조직의 증가로 증진된 근력이 오랜 기간 유지되는 것을 의미한다.

근력균형 효과에 대한 유의성을 검증하기 위해 우세팔 그룹 간에 주관절과 견관절관절의 피크토크를 측정하였다. 관절의 피크토크(peak torque in joint)측정이란 근육과 근육으로 연결된 관절의 회전 힘(torque)을 측정하여 총체적인 근육의 힘을 측정하는 것을 의미한다. 관절의 힘은 근육의 힘이라 볼 수 있다. 본 연구에서 측정된

최대 피크토크란 관절의 최대 회전 힘을 말하며 즉, 근육의 최대 힘을 뜻한다(Biodex corporation).

근력변화를 분석하기 위해 주관절과 견관절의 피크토크를 분석하였다. 주관절 결과에서 신전(before 32.3%, 4 weeks 10.2%, 8 weeks 4.6%)과 굴곡(before 36.8%, 4 weeks 10.3%, 8 weeks 4.7%) 모두 유의하게 감소하는 결과를 얻을 수 있었다. 견관절 결과, 신전(before 34.9%, 4 weeks 14.4%, 8 weeks 5.7%)과 굴곡(before 28.9%, 4 weeks 13.1%, 8 weeks 4.9%) 시 모두 주관절의 결과와 유사하게 감소하는 경향을 보였다. 견관절의 경우, 운동 4 주 후 약 10%이내로 근력 차이가 감소하는 경향을 보이는 반면 견관절의 경우 최소 8 주의 운동기간이 필요로 하는 결과를 나타냈다. 이는 본 연구에서 적용한 운동부하 편차방식이 근지구력운동과 근력운동을 양팔에 각각 제공함에 따라 나타난 결과라고 사료된다. 즉, 하나의 운동형태로 근력과 근지구력 운동이 피험자에게 제공되었으며 감소폭을 보면 근육활성도와 유사한 모습을 보이는데 주관절을 관장하는 척추수근골근과 상완이두근도 유사한 훈련기간이 요구되는 것으로 나타나 운동부하 편차방식이 적용에 대한 근력균형 효과기간이라고 사료된다. Anthony et al.²⁰는 관절의 피크토크와 근육활성도를 비교하여 운동 형태에 따라 근육활성화 전략이 다르다고 보고 했는데 이는 본 연구에서 운동기간, 운동부하등에 차이에 따른 결과라고 해석할 수 있다. 위와 같은 관절토크의 변화들은 로잉운동 시 상지 좌우에 힘의 패턴을 독립적으로 제공하더라도 효율적인 운동효과를 제시하는 신체의 움직임이나 근 감각 수용능력의 증진에 따른 결과라고 사료된다.²¹

전신운동으로 로잉운동이 전신에 근력과 근지구력 향상에 긍정적인 효과를 나타내는 것과 전신에 균형적인 운동이 건강증진에 좋다는 사실은 이미 많은 연구결과들에서 보고되고 있다. 하지만 일반인이나 운동선수들에게 신체의 근력불균형은 건강을 해치거나 경기력 미흡으로 나타날 수 있을 것이다. 신체의 근력균형을 통해 보다 긍정적으로 효율적인 운동효과를 유도할 수 있으며 나아가 전문 운동선수들에게 경기력 향상에 많은 도움이 가능하다고 사료된다.

5. 결론

본 논문에서는 서보모터를 이용하여 정밀하게 운동부하가 제공되는 전동식 로잉운동기기를 이용

하여 상지의 근력 불균형을 개선하기 위해 적용된 좌우 독립운동 부하방식에 따른 상지 근력 균형효과에 대한 유효성을 검증하고자 하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 운동부하 편차 방식을 적용하여 실시간 최대 좌우근력차이를 26.6% 수준의 좌우 근력 불균형을 8.1% 수준으로 유의하게 감소시켜 69.5% 개선 효과를 나타냈다. 둘째, 상지 관절들의 근력결과에서 신전(before 34.6%, 4 weeks 12.3%, 8 weeks 5.2%)과 굴곡(before 32.3%, 4 weeks 11.7%, 8 weeks 5.1%) 모두 유의하게 감소하는 결과를 얻을 수 있었다. 이는 운동부하 편차방식이 상지에 근력과 근지구력성 운동부하를 동시에 제공하여 근육군에 강축작용과 약축작용을 유도하여 좌우 근력불균형을 개선시켰다고 판단된다.

본 연구의 결과는 향후 스포츠과학이나 재활 과학에서 근력불균형에 교정이 요구되는 일반인, 고령자, 전문 운동선수들, 재활치료기기의 사용자들에게 사용자의 목적, 연령, 체력특성 등에 따라 맞춤형으로 제공하기 위한 시뮬레이션 모듈에 기초 정보를 제공할 수 있다. 또한 재활치료에도 적용되어 특수한 조건을 지닌 환자들을 위한 맞춤형 재활 프로그램에 응용 될 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 2011 년 문화체육관광부 스포츠산업 기술개발사업의 일환으로 수행된 연구 결과임.

참고문헌

1. Kim, Y. E. and Choi, H. W., "Variation of paraspinal muscle forces according to the lumbar motion segment fusion during upright stance posture," J. of the KSPE, Vol. 27, No. 2, pp. 130-136, 2010.
2. Son, J. A., Sohn, R. H., and Kim, Y. H., "A hybrid static optimization for estimating muscle forces during heel-rise movement," J. of the KSPE, Vol. 26, No. 3, pp. 129-136, 2009.
3. Hong, J. H., "Physical Restoring and Recovering Technology for the Elderly," J. of the KSPE, Vol. 21, No. 1, pp. 17-25, 2004.
4. Jeong, S. H., Piao, Y. J., Kwon, T. K., and Kim, N. G., "Development of a Virtual Bicycle Simulator for the Rehabilitation Training of Postural Balance," J. of the

- KSPE, Vol. 24, No. 10, pp. 137-145, 2007.
5. Yoon, S. D., Jeong, K. R., Kim, S. Y., and Cheon, W. K., "The Effects of Strength Training for 12 Weeks on Isokinetic Muscular Function, 1RM, Basic Physical Fitness and Body Composition of University Students," The Korean Journal of Growth and Development, Vol. 18, No. 3, pp. 179-185, 2010.
6. Brown, M. R., Delau, S., and Desgorces, F. D., "Effort regulation in rowing races depends on performance level and exercise mode," Journal of Science and Medicine in Sports, Vol. 13, No. 6, pp. 613-617, 2010.
7. Caldwell, J. S., McNair, P. J., and Williams, M., "The effects of repetitive motion on lumbar flexion and erector spinae muscle activity in rowers," Journal of Clinical Biomechanics, Vol. 18, pp. 704-711, 2003.
8. Soper, C., Reid, D., and Hume, P. A., "Reliable passive ankle range of motion measure correlate to ankle motion achieved during ergometer rowing," Journal of Physical Therapy in Sport, Vol. 5, pp. 75-83, 2004.
9. Barfielda, J. P., Todd, E. S., and Timothy, J. M., "Response similarities between cycle and rowing ergometry," Journal of Physical Therapy in Sport, Vol. 4, pp. 82-86, 2003.
10. Maestu, J., Jurimae, J., and Jurimae, T., "Monitoring of performance and training in rowing," Journal of Sports Medicine, Vol. 35, pp. 597-617, 2005.
11. Shimoda, M., Fukunaga, T., Higuchi, M., and Kawakami, Y., "Stroke power consistency and 2000m rowing performance in varsity rowers," Journal of Medicine Science Sports, Vol. 19, pp. 83-86, 2009.
12. Shimoda, M. and Kawakami, Y., "Effect of rowing power consistency of velocity of a rowing shell: a study on varsity rowers," Journal of Science Exercise Sport, Vol. 16, pp. 33-40, 2004.
13. Seiler, K. S. and Kjerland, G., "Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an optimal distribution?" Scand. J. Med. Sci. Sports, Vol. 16, pp. 49-56, 2006.
14. Jürimäe, T., Perez-Turpin, J. A., Cortell-Tormo, J. M., Chinchilla-Mira, I. J., Cejuela-Anta, R., Mäestu, J., Purge, P., and Jürimäe, J., "Relationship between rowing ergometer performance and physiological responses to upper and lower body exercises in

- rowers,” *Journal of Science and Medicine in Sports*, Vol. 13, No. 4, pp. 434-437, 2010.
15. Garland, S. W., “An analysis of the pacing strategy adopted by elite competitors in 2000m rowing,” *Br. J. Sports Med.*, Vol. 39, pp. 39-42, 2005.
 16. Willy, R. W., Kyle, B. A., Moore, S. A., and Chleboun, G. S., “Effect of cessation and resumption of static hamstring muscle stretching on joint range of motion,” *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, Vol. 31, pp. 138-144, 2001.
 17. Baudouin, A. and Hawkins, D., “Investigation of biomechanical factors affecting rowing performance,” *Journal of Biomechanics*, Vol. 37, pp. 969-976, 2004.
 18. Chou, R., Atlas, S. J., Stanos, S. P., and Rosenquist, R. W., “Nonsurgical interventional therapies for low back pain: a review of the evidence for an american pain society clinical practice guideline,” *Spine*, Vol. 34, No. 10, pp. 1078-1093, 2009.
 19. Lee, K. W., Hwang, J. H., and Bang, H. J., “Isometric Evaluation of the Lumbar Extensors in Chronic Low Back Pain,” *Korean Academy of Rehabilitation Medicine*, Vol. 21, No. 1, pp. 1-7, 1997.
 20. Remaud, A., Cornu, C., and Guével, A., “Agonist muscle activity and antagonist muscle co-activity levels during standardized isotonic and isokinetic knee extensions,” *Journal of Electromyography and Kinesiology*, Vol. 19, pp. 449-458, 2009.
 21. Kang, S. R., Jeong, G. Y., Moon, D. A., Jeong, J. S., Kim, J. J., and Kwon, T. K., “Evaluation of Bio-Mechanical Characteristics according to Loading Deviation Methods during Rowing Exercise,” *Korean Journal of Sports Biomechanics*, Vol. 21, pp. 369-382, 2011.