

로잉운동 시 상지 운동궤적에 따른 근육활성 전략에 관한 연구

Study on the Strategy of Muscular Activity for Motor Track of Upper Limbs during Rowing Exercise

강승록*, 김의령, 문동안, 권대규

S. R. Kang, U. R. Kim, D. A. Moon, T. K. Kwon

요 약

본 논문에서는 로잉 운동 시 팔의 운동 궤적별 상·하지 근육활성화와 근력변화를 고찰하였다. 피험자는 로잉운동이나 운동관련 상해경험이 없는 20대 남성 20명을 대상으로 진행하였다. 피험자들은 기존의 운동궤적으로 운동을 하는 대조군과 새로운 운동궤적으로 운동을 하는 훈련으로 각각 10명씩 나누어 실험을 진행하였다. 운동은 총 8주간 주 3일 운동을 실시하였다. 운동 중 실시간 근전도를 측정하였으며 매주 1회 관절 토크를 측정하였다. 실시간 근전도 결과 운동궤적에 따라 서로 다른 근육활성개시구간을 나타냈다. 이는 운동궤적에 따라 운동추진력을 다른 근육에서 활성화 하는 것을 의미하며, 관절토크 변화에서도 운동궤적에 따라 다른 변화를 나타냈다. 직선궤적운동에서는 상지 보다는 하지의 토크 변화가 컸으며 이는 운동 추진력을 하지 위주로 발생하는 것을 의미한다. 타원궤적운동에서는 상지, 요추, 하지 모두에서 큰 토크 변화가 나타났으며 이는 운동 추진력을 단관절이 아닌 다관절에서 발생하는 것으로 판단된다.

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the muscular activity and muscle strength for swing track of upper limbs during rowing exercise. Subject was all twenty healthy adults and they were divided into linear exercise group and elliptical exercise group in random. Subjects performed rowing exercise 3-times for a week and performed all 8-weeks. We measured realtime-surface EMG. Also we measured joint torque of elbow, ankle and lumbar in subjects using BIODEX. The result showed that when rowing exercise, elliptical track exercise had higher muscular activity in trapezius, deltoid, erector spinae, rectus femoris, biceps femoris, gastronemius than linear track exercise on more many muscle of upper and lower limbs. Also elbow joint torque and lumbar joint torque was more higher too. but linear exercise also had higher muscular activity in multifidus, tibialis anterior than elliptical track exercise. According to this experiment, we found out that elliptical track was more efficient than linear track.

Keyword : Rowing Exercise, Muscular Activity, Muscle Strength, Electromyography, Joint Torque

1. 서론

지나친 스트레스나 피로함이 없이 일상생활 및 활발한 레저 활동을 수행하기 위해 근적성 운동이 필요하며 근력이나 근지구력을 유지함으로써 허리 통증이나 근골격계의 손상을 예방할 수 있다[1-3]. 로잉(rowing)은 노 젓기에서 유래된 운동으로 운동 시간이 여유롭지 못한 직장인에게 짧은 시간동안

접 수 일 : 2013.12.03

심사완료일 : 2013.12.17

게재확정일 : 2013.12.20

* 강승록 : 전북대학교 헬스케어공학과 박사과정

okokokman@naver.com (주저자)

김의령 : 전북대학교 헬스케어공학과 석사과정

godme1345@naver.com (공동저자)

문동안 : 전라북도체육회 스포츠과학센터 센터장

mda0619@hanmail.net (공동저자)

권대규 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 정교수

kwon10@jbnu.ac.kr (교신저자)

※ 본 연구는 2013년 문화체육관광부의 스포츠산업기술개발사업에 의거 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금을 지원받아 수행된 연구임.

상지와 하지의 근육을 모두 단련시킬 수 있고 근력과 근지구력을 동시에 증진시킬 수 있는 전신운동 중 하나이다. 또한, 재활치료 방법으로 로잉운동은 강도조절이 쉬우며 전신을 움직이는 운동으로 각종 사고 후 유증에 따른 환자들의 근력회복이나 근육간의 협응능력 회복을 위해 많이 사용되고 있다.

기존 대부분의 로잉운동은 줄 형태의 직선케적을 제공하여 근력과 근지구력을 증진시킨다. 하지만 이러한 직선케적 로잉운동은 각속도 변화와 평면상에서 상지 평행케적으로 힘의 모멘트가 이동되는 방식으로 인해 인체의 전신 운동성을 감소시킬 수 있다. 반면, 타원케적은 측면상에서 하지의 운동케적에 등속의 접근과 평면상의 상지의 사다리꼴 운동케적을 동시에 제공함으로써 인체 상지와 하지의 운동성을 최적화시킬 수 있는 운동 패턴이 가능하다.

국내외에서 로잉운동의 효과를 정량적으로 분석하기 위한 연구가 많이 진행되고 있다. Jillian, Peter와 McNair[4]는 로잉운동 시 요부굴곡(lumbar flexion)시 척추기립근의 근육활성도의 준위와 패턴 변화에서 근 피로도와와의 연관성을 제시하여 로잉 시 근육활성도에 따른 근 피로도와의 관계를 규명하였다. Clara, Duncan과 Patria[5] 등은 로잉운동 시 수동적 또는 능동적인 족배굴곡과 족저굴곡의 범위에 따른 신뢰도에 대한 로잉운동에 대한 평가가 실시되어 수동적인 족배굴곡과 족저굴곡의 높은 신뢰도와 유효성에 대해서 기술하였다. Barfielda, Todd와 Timothy[6]는 재활훈련 시 사이클 에르고미터와 로잉머신이 심혈관계에 유사한 효과가 나타나며 또한 서로 상호 호환성 있게 사용이 가능하다고 제시하였다. Maestul[7]에서는 사이클 에르고미터보다 로잉머신이 같은 강도에서 보다 높은 산소 소비와 심박률이 나온다는 결과를 제시하여 보다 높은 에너지 소비를 제시한 연구가 보고되었다. Shimoda, Fukunaga, Higuchi와 Kawakami[8]들은 로잉 시 사용자가 운동을 위해 내는 근력과 근지구력은 로잉 주기 동안 이러한 운동 추진력의 상승점의 움직임에 따라 영향을 받는다고 보고 하여 높은 근력과 근지구력 요구에 따른 에너지 요구에 대한 상호 관계성에 대해 연구하였다. 근력과 근지구력에 관한 연구들은 로잉 시 피험자의 로잉 자세의 일관성이 실제 로잉 시 근력과 근지구력 유지에 도움이 된다는 결과를 제시하여 로잉 운동이 보다 높은 근지구력을 요구하는 운동이라는 것을 규명하였다[9-10]. Toivo[11]는 상지와 하지근력 운동과 로잉운동과의 상관관계에 대해 상지의 근력 전략보다 하지의 근력 전략이 더 크며 우선적이라고 결과를

내었으며 근력보다는 근지구력을 향상 시켜주는 운동이 된다고 보고하였다. 운동에서 페이스 유지는 프로선수들이나 일반인들에게도 효과적인 운동을 위해서 필요하다. 이러한 운동 중 페이스 유지에 관한 기존 연구들은 단순히 심혈관계 활동 및 근육활성도나 근 피로도에 따른 상해에 대한 방지 프로그램이나 로잉 운동에 대한 평가만 이루어졌을 뿐 운동케적에 대한 근육 활성도나 근력 변화에 대한 생체 역학적 연구는 아직 미미한 실정이다[12-17].

본 논문에서는 로잉운동 시 상지의 운동케적에 따른 근육 활성도를 비교 분석함으로써, 로잉 운동 시 상·하지 근육의 부상 위험은 낮추고 운동효율의 증진이 가능한 운동케적 전략에 대해 연구하였다.

2. 실험방법

2.1 피험자

본 연구의 실험대상은 과거의 상·하지의 병력이 없고 운동에 의한 재활치료 경험이 없는 건강한 남성 20명이 피험자로 참여하였다. 또한, 로잉운동 경험이 없었으며 평소 운동을 주 1회 이하로 하는 대학생 기준의 일반인을 대상으로 피험자를 선출하였다. 피험자들은 직선 케적운동을 하는 피험자 그룹 대조군(Control group, CG ; age:20±1.6 yr. , height : 170±4.3 cm, weight : 60±5.4 kg)과 타원 케적운동을 수행하는 그룹 (Training group, TG; age:20±1.8 yr , height : 170±5.6 cm, weight : 60±6.1 kg)으로 각 10명씩 나누어 진행되었다(표 1).

표 1. 피험자 신체정보

	Control group	Training group
Age	25±3.1 yr	25±2.7 yr
Height	175±2.5 cm	165±3.5 cm
Weight	60±3.7 kg	45±2.1 kg

2.2 실험절차

실험에 들어가기 전에 먼저 피험자에게 본 연구의 목적과 실험을 통해 발생할 수 있는 위험에 대해 충분히 설명하였다. 피험자들은 일반적으로 가정이나 헬스장에서 사용되고 있는 유압용 로잉머신을 이용하여 운동을 실시하였다. 운동은 로잉머신을 이용하여 1일 총 4회를 실시하였다. 운동량은 회당 50번의 로잉동작을 실시하여, 총 200번을 수행하였다. 또한, 1회 운동 후 근 피로도를 회복시키기 위해 1회 운동 후 5분간 정적 회복(rest-recovery) 시간을

제공하였다. 피험자들은 이렇게 운동과 휴식을 번갈아 하는 반복운동(intermittent exercise)을 매주 4회씩 총 8주 동안 규칙적으로 운동하였고 측정은 매주 1회 실시하였다. 로잉 운동 시 운동 궤적별 근육 활성도를 고찰하기 위한 수행 단계를 나타내고 있다(그림 1).

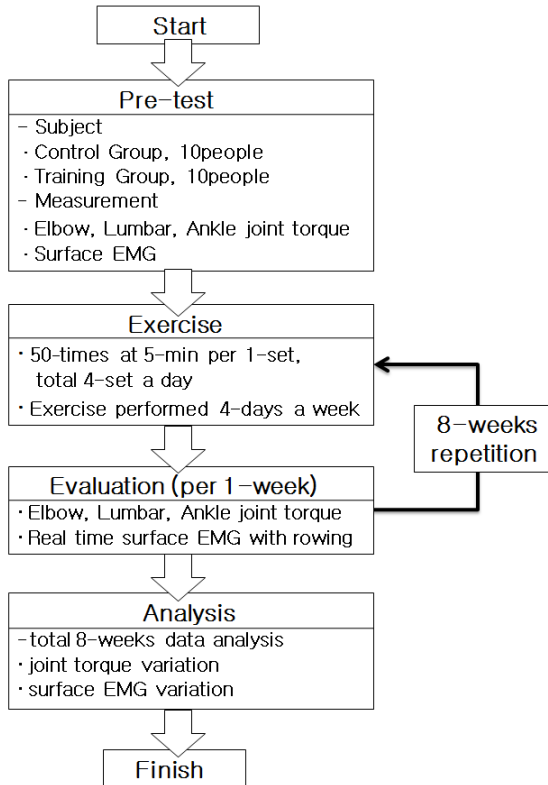


그림 1. 실험 순서도

2.3 운동 부하와 궤적

운동 패턴은 로잉 운동 시 직선 궤적운동은 기존의 로잉 에르고미터가 제공하는 일반적인 운동궤적이다. 타원 궤적운동은 본 실험에 사용된 새로운 운동궤적 패턴으로 직선궤적과 달리 팔의 운동궤적의 평면상에서 사다리꼴 운동궤적과 측면상에서 등속의 접근을 통해 힘의 모멘트가 몸 중심에서 바깥으로 이동되는 운동패턴을 의미한다(그림 2).



그림 2. 운동궤적(①직선궤적, ②타원궤적)

운동 부하는 총 6단계로 구분되며 매주 1단계씩 증가시켰다. 마지막 주는 6단계로 계속 진행하였으며 부하조절의 로잉머신의 운동부분의 손잡이의 길이에 따라 부하가 달라지는 방식을 이용하였다.

2.4 로잉운동 움직임 형태

로잉운동은 슬라이딩 의자(sliding seat)의 지원을 받아 팔의 굴곡과 동시에 발의 신전, 몸의 신전이 일어나 로잉 운동 동작이 연속적으로 수행되게 된다. 피험자들이 각각 지시한 운동을 수행할 때 운동 단계는 모두 동일하게 제공되었으며 로잉운동은 총 5단계로 하였다.

첫 번째는 준비상태(ready state)이며 발목은 족배굴곡(dorsi flexion) 상태이다. 두 번째는 반 신전 상태(half extension state)로 상지의 팔이 굴곡(flexion)과 하지의 발은 신전(extension), 몸체(trunk)가 굴곡이 동시에 일어나게 되며 이때, 발목은 족배굴곡에서 족저굴곡으로 전환되는 지점이다. 세 번째는 최대 신전 상태로 상지의 팔은 최대 굴곡지점, 하지의 발과 몸체는 최대로 신전되는 지점이며 발목은 족저굴곡(plantar flexion) 상태이다. 네 번째는 반 굴곡 상태로 상지의 팔은 최대 굴곡에서 신전상태로 넘어가는 지점이고 하지의 발과 몸체는 최대 신전에서 굴곡상태로 돌아가며 이때 발목은 다시 족저굴곡에서 족배굴곡으로 전환되는 지점이다. 다섯 번째는 최대 굴곡상태로 상지의 팔은 최대 신전상태로 돌아오며 하지의 발과 몸체는 최대 굴곡상태 지점이며 발목은 족배굴곡 상태로 돌아온다.

1단계에서 5단계까지 운동을 반복하면서 발목은 의도적으로 움직임을 주지 않고도 로잉운동을 수행하면서 자동적으로 족배굴곡과 족저굴곡이 반복적으로 이루어졌다(그림 3).

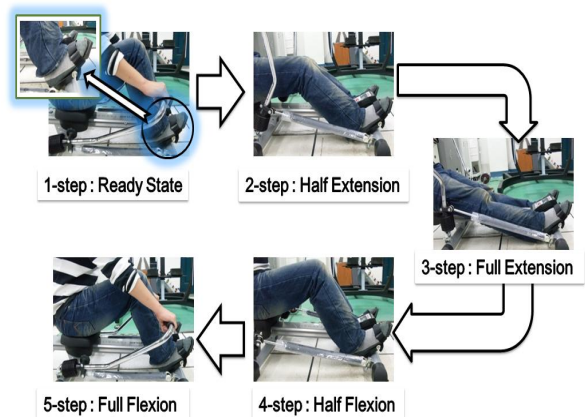


그림 3. 로잉 운동 시 움직임 형태

2.5 측정방법

로잉 운동에 따른 근육활성도 및 근력변화를 보기 위해 2가지 방법으로 측정하였다. 첫 번째는 로잉 운동 시 실시간으로 근육활성도를 측정하기 위해 근전도 측정 장치인 Biopac MP150 EMG 측정 장치를 사용하여 로잉 운동 시 피험자 상지와 하지의 근육의 실시간 근전도를 측정하였다. 이는 운동 특정별 근육의 활성 개시구간을 알아보기 위해 측정되었으며 시작을 알리는 신호와 함께 운동과 측정이 동시에 이루어 졌다. 로잉운동 시 근육활성도와 근육 활성 개시구간을 측정하기 위한 상/하지 근육은 상지의 등세모근(trapezius muscle, TM), 삼각근(deltoid muscle, DM), 척추세움근(erector spinae, ES), 뭇갈래근(multifidus muscle, MM)과 하지의 대퇴직근(rectus femoris, RF), 대퇴이두근(biceps femoris, BF), 전경골근(tibialis anterior, TA), 비복근(gastronemius, GN)이다(그림 4, 5).

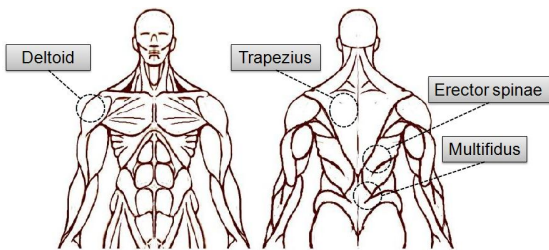


그림 4. 운동특정별 측정된 상지 근육

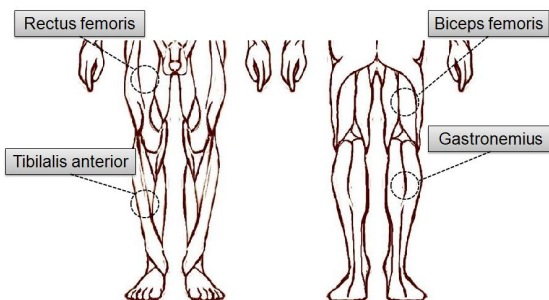


그림 5. 운동특정별 측정된 하지 근육

표면 근전도(surface EMG)를 측정하기 위해 피험자들의 피부를 알코올로 소독하여 피부 저항을 최소로 하였다. 또한 매 측정 시 근육위치에 따른 근전도 오차를 줄이기 위해 근육의 길이의 1/2지점을 지정해 측정을 실시하였다. 로잉운동 시 피험자의 상·하지에서 측정된 표면 근전도 신호는 생체 신호처리를 통하여 근육별 활성화 정도와 운동 패턴별 근육 활성 개시구간을 비교 분석하였다. 두 번째로 피험자들의 근력 변화를 보기 위해 BIODEX

SYSTEM 3을 이용하여 로잉 운동 전·후 관절 토크 변화를 측정하였다. 로잉 운동 전·후 관절 토크 측정을 위한 프로토콜은 팔꿈치 관절의 신전과 굴곡, 요추 관절의 신전과 굴곡, 발목 관절의 족배굴곡과 족저굴곡을 사용하였다. 운동 전·후 피험자들의 관절 토크를 측정할 때 다음과 같은 프로토콜, 각속도와 측정범위가 훈련그룹과 대조그룹에게 동일하게 제공 하였다. 프로토콜은 발목관절의 족저굴곡과 족배굴곡, 팔꿈치관절의 신전과 굴곡과 요추관절의 신전과 굴곡을 적용시켰다.

근력 측정을 위한 각속도는 각각 발목관절은 30°/sec, 팔꿈치관절은 60°/sec와 요추관절은 60°/sec를 부여하였다. 측정범위(Range of motion, ROM)는 발목관절은 발목이 수직 일 때를 기준 0°도 하여 몸의 중심 바깥방향으로 30°, 팔꿈치관절은 팔꿈치가 수평일 때를 0°도 기준으로 하여 60°를 제공 하였고 요추관절은 허리를 수직으로 세운 상태를 0° 기준으로 전 후 방향으로 각각 30°씩 총 60°씩 제공하였으며 모든 피험자들은 동일한 날에 측정을 실시하여 환경에 대한 오차를 최소화하였다. (그림 6).



그림 6. 근력증진효과 분석을 위한 관절토크 측정 (①팔꿈치관절, ②요추관절, ③발목관절)

2.6 데이터 처리 및 분석

로잉 운동 시 각각의 테스트 세션동안 피험자의 대퇴직근, 대퇴이두근, 전경골근, 비복근에서 실시간 측정된 표면근전도를 기록하였다. 측정된 근전도 신호 수집은 BIOPAC EMG Module을 이용하여 1000Hz로 샘플링 하였으며 Bandwidth는 0~400Hz로 하였다. 근육이 반응할 때의 표면근전도 신호의 전·후 100ms씩 총 200ms 동안만 계산하였다. 또한 근전도 신호의 노이즈를 제거하기 위해서 6~400Hz 구간을 버터워스 대역통과 필터(butter-worth band pass filter)를 사용하였다. 통계분석은 SPSS 13.0 kor을 사용하여 로잉 운동 시 실시간 근육활성도와

운동 전·후 관절토크의 피크토크(peak torque)에 대한 평균과 표준편차를 계산하였다. 로잉 운동 전·후 상지의 운동 궤적별 토크 변화를 분석하기 위해 체중당 피크토크(peak torque/body weight) 파라미터를 일원분석(one-way ANOVA)을 하였다. 운동 궤적별 최대 피크토크와 근육활성화 정도 차이를 테스트하기 위해 이원분석(two-way ANOVA)을 사용하였다. 또한 사후검정(post-hoc analysis)을 통해 피험자 그룹간의 평균차이를 분석하였다. 반복 측정 시 발생하는 측정 오차 사이의 통계적 유의성을 검증하였으며, 유의성 수준은 $p < 0.05$ 와 $p < 0.01$ 에서 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 운동 궤적별 근육 활성화 결과

운동 궤적별 근육 활성화 전략은 직선 궤적운동과 타원 궤적운동 시 서로 다른 양상을 나타냈다. 직선 궤적운동은 하지의 전경골근에서 먼저 근육활성화가 나타났으며 타원 궤적운동에서는 상지의 등세모근과 삼각근에서 근육이 활성화되었다.(그림 7, 8).

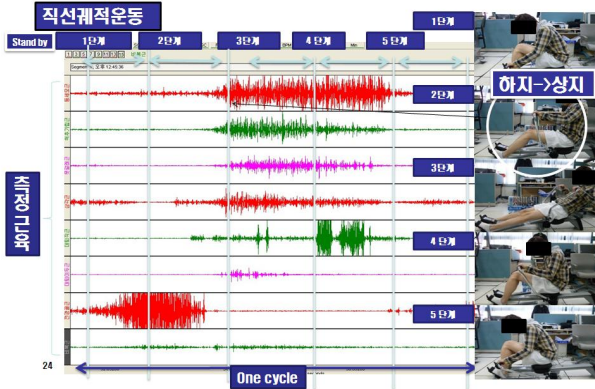


그림 7. 직선 운동궤적의 근육활성형태

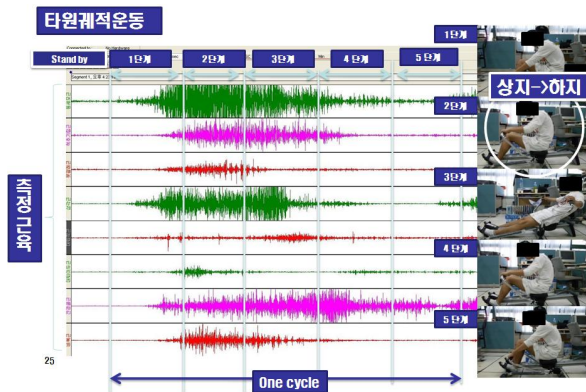


그림 8. 타원 운동궤적의 근육활성형태

3.1.1 근육활성도

로잉운동 시 운동궤적에 따른 상/하지 근육 활성화도의 변화를 보면 등세모근, 삼각근, 척추기립근, 대퇴직근, 대퇴이두근, 비복근이 타원 궤적운동에서 더욱 활성화되는 경향을 보이고 있으며 못갈래근과 전경골근은 직선 궤적운동에서 더 활성화되는 경향이 나타난다(그림 9, 10).

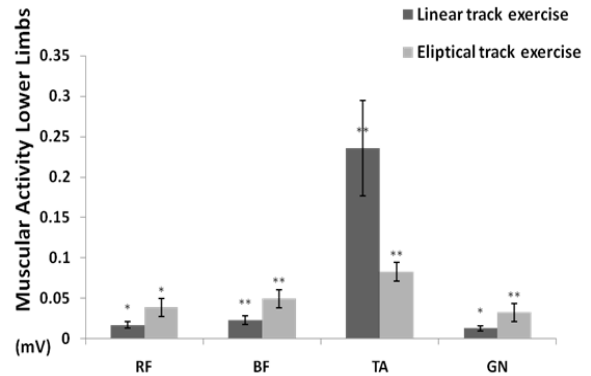


그림 9. 운동궤적별 하지 근육활성수준

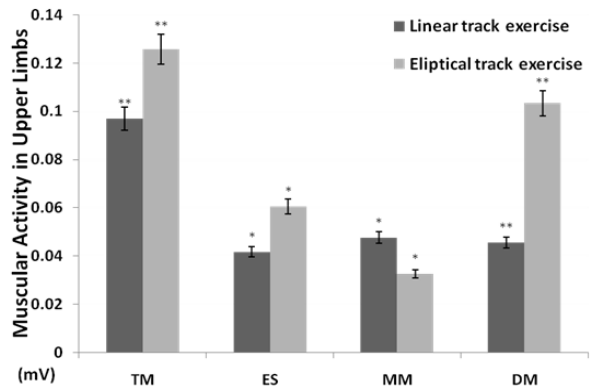


그림 10. 운동궤적별 상지 근육활성수준

운동 궤적별 근육활성도 변화를 보기 위해 실험 첫 주와 4주 및 8주 후에 측정한 표면근전도 값이다. 직선 궤적운동 시에는 상지 근육보다는 하지 근육이 상대적으로 많이 활성화 되는 것을 볼 수 있었고 특히, 전경골근에 가장 크게 증가하는 경향이 나타났다. 이와 반대로 타원 궤적운동에서는 하지보다는 상지의 근육에서 증가하였다. 이 중 등근육(back muscle) 관련한 못갈래근과 척추기립근은 서로 다르게 나타났다. 직선 궤적운동에서는 못갈래근이 크게 활성화되는 반면 타원 궤적운동에서는 척추기립근이 크게 활성화 되었다(그림 11, 12).

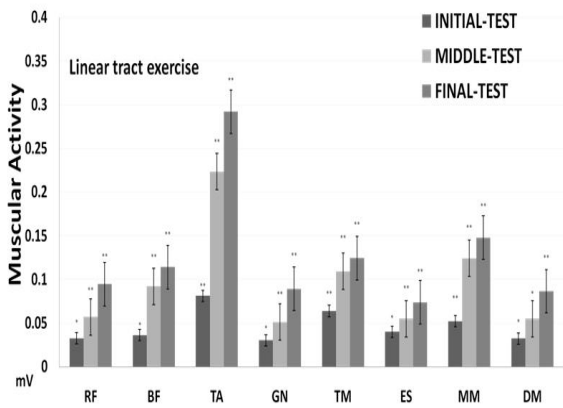


그림 11. 직선 운동궤적의 근육활성크기 변화

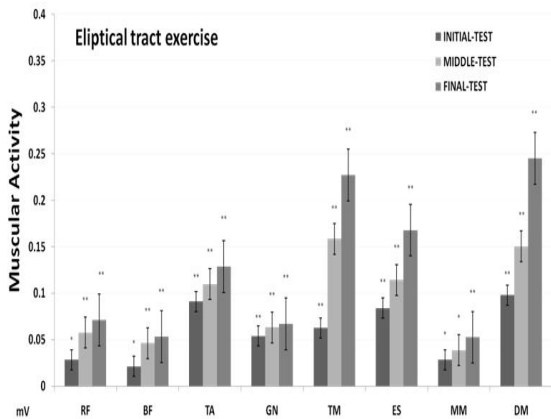


그림 12. 타원 운동궤적의 근육활성크기 변화

3.1.2 관절토크

운동 궤적별 로잉 운동 전·후에 관절 토크의 변화에서도 위와 같은 유사한 패턴을 보였다. 팔꿈치 (elbow), 요추(lumbar), 발목(ankle)의 3가지 프로토콜에 따른 관절 토크 변화에서도 운동 궤적별 근육 활성화 개시구간과 활성화 크기와 유사관계가 나타났다. 먼저 발목관절 토크 변화에서는 직선 궤적운동 시 타원 궤적운동 시 보다 높은 발목 관절 토크 값과 증가량을 나타냈다. 특히 직선궤적운동 시 족저굴곡에서는 47.3% 정도 큰 변화량의 차이를 보이며 족배굴곡에서는 약 3%정도의 적은 변화가 관찰되었다(그림 13, 14).

팔꿈치 관절 토크 변화에서는 타원 궤적운동 시 직선 궤적운동 시 보다 높은 관절 토크 수치와 증가량을 나타냈다. 발목관절과 달리 신전과 굴곡 시 모두 증가하는 경향이 보였다. 타원 궤적운동에서 팔의 신전 시 약 20.7% 정도 큰 변화량의 차이를 보이며 팔의 굴곡 시에는 약 13.8%정도의 변화량이 관찰 되었다(그림 15, 16).

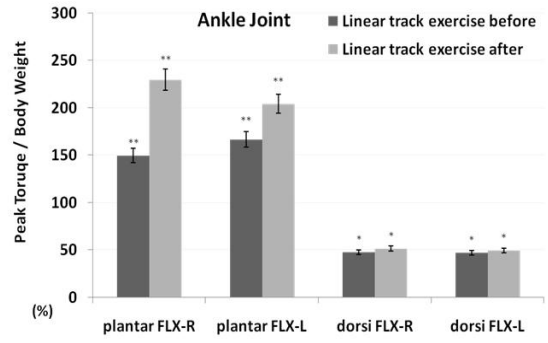


그림 13. 직선 운동궤적 운동 전 후 발목관절토크 변화

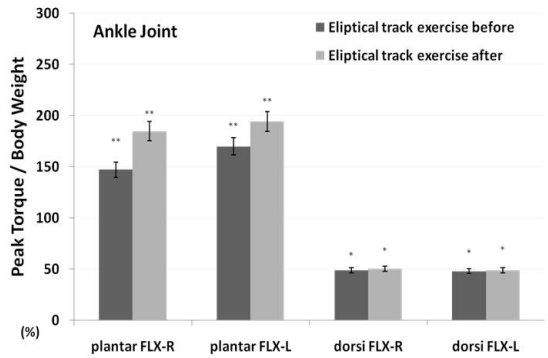


그림 14. 타원 운동궤적 운동 전 후 발목관절토크 변화

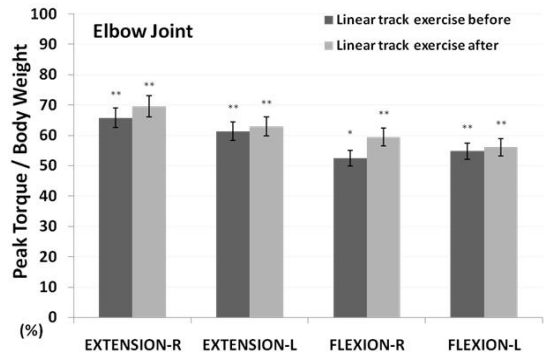


그림 15. 직선 운동궤적 운동 전 후 팔꿈치관절 토크 변화

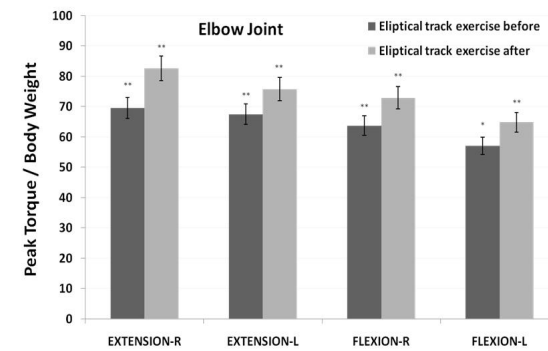


그림 16. 타원 운동궤적 운동 전 후 팔꿈치관절 토크 변화

요추 관절 토크 변화에서는 굴곡과 신전 시 각각 운동궤적에 따라 증가하는 경향이 다르게 나타났다. 요추관절의 신전 시에는 타원궤적운동에서 직선궤적운동보다 큰 변화량이 관찰되었고 굴곡 시에는 반대로 직선궤적운동에서 큰 변화량이 나타났다. 요추관절의 신전 시에는 타원궤적운동에서 약 22.5% 증가하여 직선궤적운동 시 보다 더 큰 변화량이 관찰되었다. 요추관절의 굴곡 시에서는 직선궤적운동에서 약 31.3% 증가하여 타원궤적운동 시 보다 큰 변화량이 나타났다(그림 17, 18).

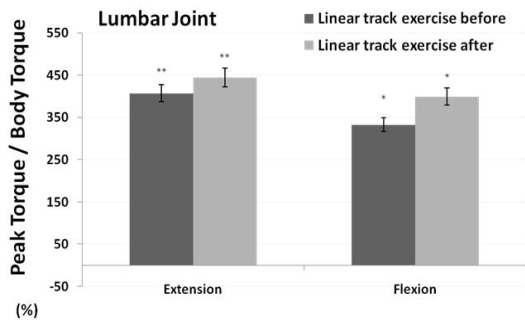


그림 17. 직선 운동궤적 운동 전 후 요추관절 토크 변화

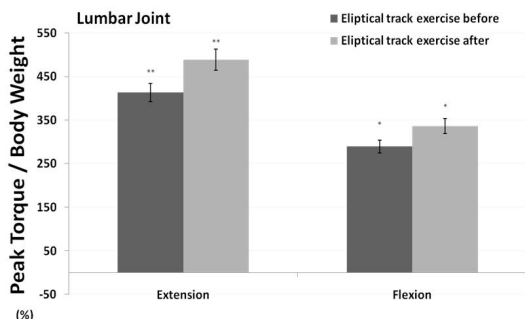


그림 18. 타원 운동궤적 운동 전 후 요추관절 토크 변화

3.2 운동 궤적별 근육 활성화 고찰

Anthony, Christophe와 Arnaud[18]는 관절토크와 근육활성도를 비교하여 운동 형태에 따라 근육활성화 전략이 다르다고 보고하였다. 본 연구에서도 운동 형태에 따라 근육활성 전략이 다르게 나타났다. 로잉 운동 시 팔의 운동 궤적별에 따라 다른 근육활성도와 관절 토크 변화가 나타났다. 이는 상지의 운동 궤적에 따라 근육활성화 전략이 다르다는 것을 의미한다. 먼저 근육활성화를 보면 직선궤적운동은 하지의 전경골근에서 먼저 활성화가 나타났으며

타원 궤적운동에서는 상지의 등세모근과 삼각근에서 활성화가 나타났다. 이는 운동 궤적에 따른 운동 추진력의 에너지원 활성이 서로 다르게 사용되고 있다는 것을 보여주고 있다. 직선 궤적운동에서는 운동 추진력 에너지를 하지의 전경골근에서 발생시키며 타원 궤적운동에서는 상지에서 등세모근과 삼각근에서 발생시킴을 의미한다.

운동궤적에 따른 상·하지 근육 활성화도의 변화를 보면 등세모근, 삼각근, 척추기립근, 대퇴직근, 대퇴이두근, 비복근이 타원 궤적운동에서 더욱 활성화되는 경향을 보이고 있으며 못갈래근과 전경골근은 직선 궤적운동에서 더 활성화되는 경향이 나타난다. 이는 운동 궤적별 근육활성화 순서와 비교하여 볼 때 유사한 결과를 나타낸다. 직선 궤적운동에서는 하지의 전경골근이 운동의 추진력을 위한 에너지로 작용하고 있어 높은 근육 활성화도가 나타났으며 타원 궤적운동에서는 상지의 등세모근과 삼각근에서 운동 추진력의 에너지를 발생시켜 높은 근육활성도를 나타내었다. 그 중 등 근육(back muscle)과 관련한 못갈래근과 척추기립근은 서로 다르게 나타났다. 직선 궤적운동에서는 못갈래근이 크게 활성화되는 반면 타원 궤적운동에서는 척추기립근이 크게 활성화되었다. 이는 직선 궤적운동은 요부굴곡(spine flexion)이 타원 궤적운동 시 보다 더 크게 발생되어 못갈래근에서 큰 근육 활성화가 나타난 결과로 판단된다. 선행연구에 의하면 요부굴곡이 클수록 디스크의 위험이 크다는 연구결과가 보고된 적 있다[5]. 이는 타원 궤적운동보다 직선 운동궤적이 디스크의 위험을 크게 내재하고 있음을 의미한다.

허리의 굴곡에서 신전 시 척추기립근의 힘을 이용하게 되는데 직선 궤적운동 시 보다 타원 궤적운동 시에 척추기립근의 활성화도가 크게 나타났다. 이는 타원 궤적운동 시 직선 궤적운동 시 보다 허리의 신전력을 강화시켜 주는 것을 의미한다. 운동궤적별 근육 활성화 개시구간과 활성화 크기의 차이는 서로 다른 패턴을 나타내고 있었다. 이는 운동 궤적에 따라 운동 추진력에 대한 에너지원이 서로 다르게 나타나며 그에 따라 근육 활성화 개시 구간과 활성화 크기가 다른 것으로 판단된다. 또한 운동 궤적별 운동 전·후 관절 토크 변화에서 위의 데이터와 같은 모습을 보이고 있다. 이에 따라 직선 궤적운동에서는 타원 궤적운동 보다 하지보다 상지가 더욱 더 큰 토크 증가를 보이고 있으며 타원궤적에서는 하지보다 상지에서 토크 증가를 나타냈다.

로잉 운동 전·후 운동 궤적별 관절 토크의 변화에서도 위와 같은 유사한 패턴을 보였다. 팔꿈치 관절, 요추관절, 발목관절의 3가지 프로토콜에 따른

관절 토크 변화에서도 운동 궤적별 근육 활성화 개시구간과 활성화 크기와 유사관계가 나타났었다.

먼저 발목관절 토크 변화에서는 직선 궤적운동 시 타원 궤적운동 시 보다 높은 발목 관절 토크 값과 증가량을 나타냈다. 이는 하지의 전경골근을 운동 추진력의 에너지로 사용하기 때문에 발목관절의 족저굴곡상태에서 타원 궤적운동을 하는 피험자 그룹에서 보다 높은 토크 수치와 증가량을 나타내었음을 의미한다.

팔꿈치 관절 토크 변화에서는 타원 궤적운동 시 직선 궤적운동 시 보다 높은 관절토크 수치와 증가량을 나타냈다. 이는 상지의 등세모근과 삼각근을 운동 추진력의 에너지로 사용하기 때문에 팔꿈치 관절(elbow joint)의 신전·굴곡에서 직선 궤적운동을 하는 피험자그룹에서 보다 높은 토크 수치와 증가량이 나타내었음을 의미한다. 요추 관절 토크 변화에서는 굴곡과 신전 시 각각 운동궤적에 따라 증가하는 경향이 다르게 나타났다. 직선 궤적운동 시에서는 요추의 굴곡이 타원 궤적운동 시 보다 조금 더 증가하는 경향이 나타났다. 이는 직선 궤적운동이 요부굴곡을 야기해 나타나는 결과로 판단된다. 타원 궤적운동 시에는 요추의 신전에서 보다 증가하는 경향이 나타났다.

허리가 굴곡에서 신전을 할 때 작용되는 척추기립근의 영향을 받게 된다. 근육활성도에서도 타원 궤적운동이 직선 궤적운동 보다 척추기립근이 크게 활성화되는 것이 나타났다. 이는 근육활성도의 결과와 비교하여 볼 때 타원 궤적운동 시 척추기립근을 크게 활성화시켜 허리의 신전력을 강화시켜 요추관절의 신전운동에도 관여함을 뒷받침 해주고 있다.

4. 결론

본 논문에서는 로잉운동 시 팔의 운동 궤적별 상·하지 근육들의 근육활성도에 대해 연구하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

로잉운동 시 운동 궤적에 따라 근육활성 개시구간과 근육활성 크기가 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다. 직선궤적운동에서는 상지 근육보다 하지 근육에서 큰 근육활성도와 관절토크 변화를 보였고 타원궤적운동에서는 상·하지 근육과 허리 근육 모두 크게 활성화와 관절토크 변화를 확인하였다. 이는 직선 궤적운동은 하지의 힘을 이용하여 운동의 추진력을 발생시키고 있는데, 이는 기존의 로잉 운동 기기가 제공하는 직선 궤적운동은 전신운동보다는 하지 중심의 운동을 제공하고 있다. 또한, 타원 궤

적운동은 상지, 하지와 허리의 척추기립근의 힘을 이용하여 운동의 추진력을 발생시키는 것으로 판단되고, 이는 직선 궤적운동보다 타원 궤적운동이 운동부하에 따른 효율적인 힘 분배가 가능하여 전신운동이 가능함을 의미한다. 또한 직선 궤적운동보다 타원 궤적운동이 적은 요부굴곡을 요구함으로써 허리 디스크 발생에 대한 위험 정도가 더 낮은 것임을 알 수 있었다.

본 연구의 결과는 향후 재활분야에 있어 재활치료에도 적용되어 특수한 조건을 지닌 환자들을 위한 맞춤형 재활 프로그램에 응용 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 강승록, 김경, 정구영, 문동안, 권대규, "요추강화 운동기기의 훈련을 통한 유연성 및 근력 특성 분석," 한국재활복지공학회논문지, 제4권, 제1호, 한국재활복지공학회, pp. 55-63, 2010
- [2] 강성재, 김규석, 박세훈, 문무성, 서수원, 김진국, 류제청, "심폐기능 허약자를 위한 보행보조장치 제어기 개발," 한국재활복지공학회논문지, 제4권, 제1호, 한국재활복지공학회, pp. 25-30, 2010
- [3] 강승록, 김재준, 김경, 정구영, 김정자, 권대규, "전신진동과 유연성 운동의 시너지효과를 통한 요추재활훈련 효율성에 관한 연구," 한국재활복지공학회 정기학술발표논문집, 제4권, 제1호, pp. 193-194, 2010
- [4] S. Jillian, J. Peter, and M. W. McNair, "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
- [5] S. Clara, R. Duncan, and A.H. Patria, "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
- [6] J. P. Barfielda, E. S. Todd, and J. M. Timothy, "Response similarities between cycle and rowing ergometry", *Journal of Physical Therapy in sport*, vol. 4, pp. 82-86, 2003
- [7] J. Maestu, J. Jurimae, and T. Jurimae, "Monitoring of performance and training in rowing", *Journal of Sports Medicine*, vol. 35,

pp. 597-617, 2005

[8] M. Shimoda, T. Fukunaga, M. Higuchi, and Y. Kawakami, "Stroke power consistency and 2000m rowing performance in varsity rowers", *Journal of Medicine Science Sports*, vol. 19, pp. 83 - 86, 2009

[9] M. Shimoda, and Y. Kawakami, "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

[10] K.S. Seiler, and G. Kjerland, "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

[11] J. Toivo, A. Jose, T. Perez, M. Joan, T. Cortell, J. Ivan, M. Chinchilla, C.A. Roberto, M. Jarek, P. Priit, and J. Jaak, "Relationship between rowing ergometer performance and physiological responses to upper and lower body exercises in rowers", *Journal of Science and medicine in sports*, pp. 469-473, 2009

[12] R. B. Morgan, D. Simon, and D. Francois, "Effort regulation in rowing races depends on performance level and exercise mode", *Journal of Science and Medicine in Sports*, vol. 19, pp. 449-458, 2010

[13] S. W. Garland, "An analysis of the pacing strategy adopted by elite competitors in 2000m rowing", *Br. J. Sports Med.*, vol. 39, pp. 39-42, 2005

[14] R. W. Willy, B. A. Kyle, S. A. Moore, and G.S. Chleboun, "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

[15] B. Alexandre, and H. David "Investigation of biomechanical factors affecting rowing performance", *Journal of biomechanics*, vol. 37, pp. 969-976, 2004

[16] H. Hill, "Dynamics of coordination within elite rowing crews, evidence from force pattern analysis", *Journal of Sport Sciences* vol. 20 pp. 101 - 117, 2002

[17] M. J. Cosgrove, J. Wilson, D. Watt, and S.

F. Grant, "The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by a 2000m ergometer test", *Journal of Sport Science*, vol. 17, pp. 845-852, 1997

[18] R. Anthony, C. Christophe, and G. Arnaud, "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



강 승 록

2011년 2월 전북대학교 헬스케어공학과 졸업 (공학석사)
2013년 - 현재 전북대학교 헬스케어공학과 박사과정

관심분야 : 운동생리, 운동역학, 임상생리



김 의 령

2013년 2월 전북대학교 바이오메디컬공학부 졸업(공학사)
2013년 - 현재 전북대학교 헬스케어공학과 석사과정

관심분야 : 운동생리, 운동역학, 임상생리



문 동 안

1998년 2월 한국체육대학교 운동역학과 졸업(이학박사)
2010년 1월 - 현재 전북체육회 스포츠과학 센터장

관심분야 : 운동생리, 운동역학



권 대 규

1999년 2월 일본 동북대학교 기계전자공학과 졸업(공학박사)
2004년- 현재 전북대학교 바이오메디컬공학부 교수

관심분야 : 바이오메카트로닉스, 재활공학, 헬스케어, 웰니스, 스포츠과학