

무산소, 유산소 운동종목별 엘리트선수의 등속성 근기능에 미치는 영향

권형태¹, 김기훈^{2*}

¹인천광역시체육회 인천스포츠과학센터, ²울산과학대학교 스포츠지도학과

Effects of Energy System Contribution on Isokinetic Muscle Strength in Various Sport Events Athletes

Hyeong-Tae Kwon¹, Ki-Hoon Kim^{2*}

¹Center For Sports Science in Incheon, Incheon Sports Council

²Department of sports training, Ulsan College

요약 이 연구는 에너지 기여도에 따른 무산소, 유산소 운동종목 선수들의 등속성 근력, 근파워 그리고 H/Q 비율을 검증하기 위해 수행되었다. 연구대상자는 대한체육회에 등록된 선수 120명을 무산소 운동종목(n=60; 단거리, 역도, 도약, 투척, 볼링, 골프종목 선수)과 유산소 운동종목 집단(n=60; 근대5종, 필드하키, 핸드볼, 자전거, 복싱, 조정종목 선수)으로 구분하였으며, 무릎관절의 신전근과 굴곡근력 그리고 햄스트링근/대퇴사두근력 비율은 등속성 장비인 cybex 770을 이용하여 주축 다리의 60°, 180°/sec에서 실시하였다. 무산소 집단과 유산소 집단 간 차이를 검증하기 위해 독립표본 t-test(Independent t-test)를 사용하였으며, 각 집단 내에서 종목별 차이를 검증하기 위해 일원변량분석(One-way ANOVA)를 실시하였다. 연구결과, 무산소 운동종목에서 유산소 운동종목에 비해 신전근력, 굴곡근력, 굴곡근 파워가 더 높은 것으로 나타났으며(p<.05), 육상 단거리와 도약종목의 선수들에서 다른 종목에 비해 근력과 근파워가 높은 것으로 나타났다(p<.05). 그러나, 유산소운동종목 집단에서는 집단내 종목별 차이가 나타나지 않았다. 또한, 모든 종목에서 H/Q 비율은 50-60%로 안정된 범위의 비율을 보였다. 이상의 연구결과는 엘리트선수들과 지도자들에게 경기력 향상을 위해 생리학과 더불어 스포츠 과학적인 유의한 정보를 제공해줄 수 있을 것이라 사료된다.

Abstract This study was conducted to compare the muscle strength, muscle power, and H/Q ratio according to energy system contribution in athletes participating in various sports. Subjects of the study were assigned into an Anaerobic Exercise Group (AEG, n=60; Short-Distance, Weight Lifting, Jumping, Throwing, Bowling, Golf) and an Endurance Exercise Group (EEG, n=60; Modern Pentathlon, Field Hockey, Handball, Cycle, Boxing, Rowing) groups. Isokinetic peak torque/body weight% and flexor/extensor ratio at 60, 180 deg/sec of knee extension and flexion were measured using an cybex 770. Data analysis was conducted using an independent t-test and one-way ANOVA. Based on the results of this study, there was higher extension, flexion strength and flexion power in the AEG than the EEG (p<0.05). We also confirmed higher muscle strength and muscle power in short distance and jumping athletes than other athletes participating in other events (p<0.05). However, there was no significant difference within the endurance exercise group. The HS ratio was within a stable range of 50% to 60% in all events. Collectively, the outcomes of this study indicate that routine physiological and performance testing can provide measurable benefits for elite athletes and their coaches.

Keywords : Energy System Contribution, Isokinetic, Muscle Strength, Muscle power, H/Q ratio

*Corresponding Author : Ki-Hoon Kim(Ulsan College)

Tel: +82-52-230-0766 email: neatsoul02@hanmail.net

Received July 9, 2018

Revised (1st July 31, 2018, 2nd August 27, 2018)

Accepted October 5, 2018

Published October 31, 2018

1. 서론

시합 중 선수 개개인의 경기력(경기수행능력)은 인체 내의 근 골격계 및 생리적인 요소들과 더 나아가 기술적인 요소 및 심리적 요소 등이 밀접하게 상호 보완성을 이루어야 최적의 경기수행능력으로 이어질 수 있다.

특히, 대부분의 경기종목은 하체에서부터 발생하는 강한 힘과 파워를 통해 경기력에 직·간접적으로 영향을 미치기에 선수들의 무릎관절의 안정성과 근력 발휘가 선수의 경기력에 있어 중요한 역할로써 담당할 수 있다 [1-2]. 이러한 이유로 필드에서 여러 종목선수들의 하체 근력 및 근 파워 발휘를 극대화 하기위한 과학적인 훈련 접근과 측정 분석 자료가 경기력 향상을 위한 기초자료로써 다양한 방법으로 적용되고 있다.

일반적으로, 근력향상의 대표적인 운동방법으로 등장성 근수축 운동이 있으나 이는 운동 가동범위 내에서 가해진 힘의 관성저항에 영향을 받는다는 단점이 있어 이를 보완하기 위해 속도를 일정하게 유지시키면서 모든 운동 가동범위 내에서 발휘되는 힘을 측정할 수 있는 등속성 근력(Isokinetic Strength) 측정 장비가 1960년대에 와서 개발되었고 운동과학 저널에 처음 소개된 이후 [3-4], 운동선수들뿐만 아니라 일반인이나 노인 등 인체의 근력과 근 파워 및 근지구력 등의 평가를 통해 트레이닝, 재활분야 등에서 폭넓게 연구되고 적용되어 왔다. 이러한 등속성 운동검사를 통한 근육의 힘 평가는 인체의 무릎, 허리, 어깨, 발목 등 여러 관절에서 토크(torque)값을 측정 할 수 있지만, 무릎관절 검사가 가장 일반적인 측정부위로써 사용되고 있다[5].

무릎관절의 등속성 검사를 통해서 도출된 유용한 정보들 중 현장에서 가장 의미 있고 유용하게 사용되는 요인은 최대토크(Peak Torque), 좌우차이(%)와 그리고 햄스트링근 / 대퇴사두근의 근력비율(Hamstrings / Quadriceps strength ratio: 이하 H:Q 비율)이 있다. 이중 관절의 최대토크는 무릎관절의 관절 가동범위 내에서 동작 수행에 있어 측정 근육 군이 발휘한 토크 곡선 중 가장 높은 지점을 의미하는 것이며, 이 값을 최대근력 값으로 사용하고 있고 체중에 대비한 상대값(peak torque/body weight %)을 보편적으로 사용하고 있다. 또한, 최대토크는 인체의 움직임 상태인 동적상태의 근력을 의미하며 각속도, 성별, 중력 보정값 등에 따라 차이를 나타낼 수 있으며 [6], 주동근의 근력 및 근 파워를 평가 분석하는데 주요

지표로 사용되고 있다[7]. 또한, H:Q 비율은 무릎의 대퇴사두근과 햄스트링 근육의 기능적 능력이나 힘의 균형을 평가하기 위해 사용되고 있고[8-9], 무릎의 전방십자인대(anterior cruciate ligament)의 손상 가능성을 평가하기 위한 기초 자료로 사용됨으로써 이를 통해 운동처방과 선수 트레이닝 분야에서 널리 활용 될 수 있는 중요한 정보이다. 이미 국외에서는 엘리트 운동선수들을 대상으로 무릎관절의 H:Q 비율과 관련된 연구들이 활발하게 진행되고 있으나[10-11] 국내에서 H:Q 비율과 관련된 극소수 연구들이 보고되고 있으며[12-13], 이들 연구들에선 태권도 선수들과 축구선수들의 등속성 H:Q 비율을 보고한바 있으나 타 종목의 엘리트 선수들에 대한 정보나 연구는 매우 미흡한 실정이다.

이와 더불어 등속성 근력이나 파워가 종목별 에너지 대사체계에 의한 차이와 관련된 연구도 매우 의미 있을 것이다. 일반적으로 인체는 무산소성과 유산소성 대사와정을 통해 얻은 ATP (adenosine triphosphate)를 생산해 운동을 수행한다. Gastin [14]의 연구에서 에너지 시스템 기여도에 따른 종목별 ATP 에너지 생산비율 구분으로 2분 이내 짧은 시간의 에너지 생산으로 폭발적인 운동을 수행하는 종목, 그리고 2분 이상 지속시간 동안 에너지를 생산해 운동을 수행하는 지구력 종목선수들 사이에서 근력발현 양상의 차이를 밝히는 연구도 필요할 것으로 사료된다. 또한, 이들 종목의 선수들은 장기간 종목의 특성에 특화된 훈련 프로그램들을 소화해 운동해왔기 때문에 빠른 에너지 대사체계에서 근력이나 근 파워 발현양상도 크게 차이가 날것으로 예측된다.

따라서, 이 연구는 최고의 기량으로 성장한 종목별 엘리트 선수들을 대상으로 등속성 최대근력, 근 파워 그리고 H/Q 비율을 비교함과 동시에 무산소성 운동종목과 유산소성 운동 종목 간 비교를 통해 선수, 지도자 운동과 학자들에게 해당종목의 이해를 돕기 위한 보다 객관적인 참고자료를 제공함으로써 선수들의 근력 훈련프로그램 계획과 부상을 예방하는데 그 목적이 있다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

이 연구의 피험자는 서울시에 소속된 K대학교 무산소, 유산소 종목선수들을 대상으로 Gastin [14]의 에너지

기여도에 따른 종목분류표 Table 1을 참고해 빠른 에너지 생산(90% 이상 무산소 대사)으로 경기를 수행하는 무산소성 운동집단(AEG; Anaerobic Exercise Group) 6종목 60명(단거리선수 14명, 역도선수 14명, 도약선수 7명, 투척선수 7명, 볼링선수 7명, 골프선수 11명)과 장시간 에너지를 생산(5~45% 이상 무산소 대사)해 경기를 수행하는 유산소 운동집단(Endurance Exercise Group) 6개 종목 60명(근대5종선수 11명, 필드하키선수 12명, 핸드볼선수 9명, 자전거선수 11명, 복싱선수 11명, 조정선수 6명)으로 구성하였으며, 모든 피험자들에게 실험의 과정과 목적을 설명하였고, 자발적 참여자에 한하여 동의서를 받고, 건강과 부상상태 및 복용하는 약물 등에 대한 문진을 실시 한 후 동의서를 받아 실험에 참여할 수 있도록 하였다. 연구 대상자의 신체적 특성은 무산소 운동집단의 경우 신장은 평균 174.1~183.0cm, 체중은 71.7~98.7kg, 체지방율은 14.3~21.5%이며 유산소 운동집단의 경우 신장은 평균 174.7~183.9cm, 체중은 68.2~81.0kg, 체지방율은 13.1~16.7%였으며 자세한 특성은 Table 2와 같다.

2.2 등속성 근기능 검사

무릎관절의 신·굴근의 등속성 근기능을 검사하기 위해 등속성 근력 측정장비인 CSMi (Humac Co., U.S.A)를 이용하였으며, 주사용 무릎관절의 각속도는 60°/sec에서 5회(근력), 180°/sec에서 10회(근과워)로 설정하여 시작 신호와 함께 최대한 힘차게 굴곡과 신전운동을 하였고, 각각 측정 전 3회씩 연습을 통해 피험자가 장비에

익숙해질 수 있도록 하였다. 분석 변인은 측정값인 최대 토크를 체중으로 나눈 상대값인 peak torque-%/body weight로 수치화 하였으며 데이터화된 대퇴사두근과 햄스트링근(H/Q 비율)의 비율을 산출하였다.

Table 1. Classification of sport events according to energy contribution [14]

| Group | | Energy contribution (%) |
|------------|-------------------|-------------------------|
| AEG (N=60) | Short-Distance | 90 |
| | Weight lifting | 98 |
| | Jumping | 96 |
| | Throwing | 97 |
| | Bowling | 93 |
| | Golf | 92 |
| EEG (N=60) | Modern Pentathlon | 5 |
| | Field hockey | 30 |
| | Handball | 10 |
| | Cycle | 21 |
| | Boxing | 45 |
| | Rowing | 40 |

2.3 자료처리

도출된 모든 자료는 SPSS(Ver. 22.0) 통계프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였으며, 무산소집단과 유산소 집단간 차이를 검증하기 위해 독립표본 t-test (Independent t-test)를 사용하였으며, 각 집단 내 종목별 차이를 검증하기 위해 일원변량분석(One-way ANOVA)를 실시하였고, 차이가 의미 있게 나타날 경우 Tukey 방법을 적용하여 사후검증을 수행하였다. 모든 검증의 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

Table 2. The characteristics of subjects

| Group | Variable | Height (Cm) | Weight (Kg) | Body fat (%) | Age(yrs) |
|-----------|-------------------------|-------------|-------------|--------------|----------|
| AEG(N=60) | Short-Distance(n=14) | 179.2±4.9 | 72.7±5.1 | 14.8±3.7 | 21.4±0.7 |
| | Weight lifting(n=14) | 174.1±6.6 | 93.8±17.5 | 21.5±4.8 | 21.7±0.7 |
| | Jumping(n=7) | 183.0±3.5 | 71.7±4.0 | 14.3±3.4 | 21.9±0.6 |
| | Throwing(n=7) | 182.7±4.7 | 98.7±12.7 | 21.5±5.9 | 21.6±0.9 |
| | Bowling(n=7) | 174.6±4.9 | 73.8±7.6 | 19.6±2.6 | 21.6±0.8 |
| | Golf(n=11) | 176.6±4.3 | 73.4±6.3 | 19.1±3.5 | 21.5±0.7 |
| EEG(N=60) | Modern Pentathlon(n=11) | 178.1±4.8 | 69.3±3.7 | 13.8±2.0 | 21.7±0.9 |
| | Field hockey(n=12) | 175.9±5.1 | 71.3±6.3 | 16.7±3.0 | 21.5±1.0 |
| | Handball(n=9) | 178.2±5.4 | 78.9±6.8 | 16.3±4.7 | 21.6±1.3 |
| | Cycle(n=11) | 174.7±7.4 | 70.2±11.9 | 14.9±2.5 | 21.5±0.8 |
| | Boxing(n=11) | 175.4±7.2 | 68.2±11.3 | 13.1±2.8 | 21.8±1.0 |
| | Rowing(n=6) | 183.9±5.4 | 81.0±7.9 | 14.5±2.7 | 21.6±0.9 |

Means ± SD, AEG: Anaerobic Exercise Group, EEG: Endurance Exercise Group.

3. 연구결과

3.1 종목에 따른 무릎 신전근 최대근력 상대 비교

종목에 따른 무릎관절 대퇴사두근(신전근)의 근력을 검사한 결과 Table 3와 같다. 무산소 집단과 유산소 집단을 집단 간 상대비교한 결과 무산소 운동집단이 318.1±55.8%로 유산소 운동집단 294.7±32.6%에 비해 약 7.33% 더 큰 근력을 발휘하는 것으로 나타났으며 (p=.006), 집단내 종목별 검사결과를 분석한 결과 육상 단거리 종목이 365.1±41.6%로 투척종목 291.1±38.9% (p=.013), 볼링종목 271.0±30.3% (p=.001), 골프종목 283.5±41.6% (p=.001)에 비해 높은 것으로 나타났다. 그러나 유산소 운동집단 내에서 종목별 차이가 나타나지 않았다.

Table 3. Knee extension muscle strength

| Group | | Mean±SD | Total F-value | t-test p-value F-value |
|----------------------|-------------------|----------------|---------------|------------------------|
| AEG (N=60) | Short-Distance | 365.1±41.6 * | 318.1±55.8 | F-value 6.359# |
| | Weight lifting | 325.9±50.9 | | |
| | Jumping | 337.2±50.5 | | |
| | Throwing | 291.1±38.9 * | | |
| | Bowling | 271.0±30.3 * * | | |
| | Golf | 283.5±41.6 * * | | |
| post-hoc : a > d,e,f | | | | |
| EEG (N=60) | Modern Pentathlon | 303.2±25.3 | 294.7±32.6 | F-value 0.374 |
| | Field hockey | 293.9±30.4 | | |
| | Handball | 290.3±31.9 | | |
| | Cycle | 299.9±24.6 | | |
| | Boxing | 289.4±47.8 | | |
| | Rowing | 286.5±39.5 | | |

Values are Means ± SD. * p<.05, ** p<.001, # F<.05
AEG: a=Short-Distance, b=Weight lifting, c=Jumping, d=Throwing, e=Bowling, f=Golf

3.2 종목에 따른 무릎 굴곡근 최대근력 상대 비교

종목에 따른 무릎관절 햄스트링근(굴곡근)의 근력을 검사한 결과 Table 4와 같다. 무산소 집단과 유산소 집단을 집단 간 상대비교한 결과 무산소 운동집단이 187.9±40.2%로 유산소 운동집단 174.1±24.3%에 비해 약 7.35% 더 큰 근력을 발휘하는 것으로 나타났으며

(p=.025), 집단내 종목별 검사결과를 분석한 결과 육상 단거리 종목이 236.7±32.8%로 역도종목 178.9±31.8% (p=.001), 투척종목 170.0±16.2% (p=.001), 볼링종목 143.4±14.9% (p=.001), 골프종목 169.7±29.1% (p=.001), 도약종목 199.1±17.2% (p=.048)에 비해 높은 것으로 나타났다. 그러나 유산소 운동집단 내에서 종목별 차이가 나타나지 않았다.

Table 4. Knee flexion muscle strength

| Group | | Mean±SD | Total F-value | t-test p-value F-value |
|----------------------------------|-------------------|----------------|---------------|------------------------|
| AEG (N=60) | Short-Distance | 236.7±32.8 * * | 187.9±40.2 | F-value 14.743# |
| | Weight lifting | 178.9±31.8 * * | | |
| | Jumping | 199.1±17.2 * | | |
| | Throwing | 170.0±16.2 * * | | |
| | Bowling | 143.4±14.9 * * | | |
| | Golf | 169.7±29.1 * * | | |
| post-hoc : a > b,c,d,e,f / c > e | | | | |
| EEG (N=60) | Modern Pentathlon | 173.2±23.3 | 174.1±24.3 | F-value 12.887# |
| | Field hockey | 171.3±24.3 | | |
| | Handball | 175.6±33.6 | | |
| | Cycle | 180.3±16.0 | | |
| | Boxing | 171.7±30.4 | | |
| | Rowing | 171.7±19.6 | | |

Values are Means ± SD. * p<.05, ** p<.001, # F<.05
AEG: a=Short-Distance, b=Weight lifting, c=Jumping, d=Throwing, e=Bowling, f=Golf

3.3 종목에 따른 무릎 신전근 최대과워 상대 비교

종목에 따른 무릎관절 대퇴사두근(신전근)의 과워를 검사한 결과 Table 5와 같다. 무산소 집단과 유산소 집단을 집단 간 상대비교한 결과 무산소 운동집단이 209.3±30.9%로 유산소 운동집단 199.6±23.8%에 비해 약 4.64% 더 큰 근력을 발휘하는 것으로 나타났지만 통계적인 차이는 나타나지 않았다(p=.058). 집단 내 종목별 검사결과를 분석한 결과 육상 단거리 종목이 240.8±30.3%로 역도종목 202.6±23.4% (p=.002), 투척종목 200.2±18.0% (p=.01), 볼링종목 178.1±15.4% (p=.001), 골프종목 197.9±25.4% (p=.001)에 비해 높은 것으로 나타났다. 그러나 유산소 운동집단 내에서 종목별 차이가 나타나지 않았다.

Table 5. Knee extension muscle power

| Group | | Mean±SD | Total F-value | t-test p-value F-value |
|--------------------------------|-------------------|--------------------------|---------------|-------------------------------|
| AEG (N=60) | Short-Distance | 240.8±30.3 ^{**} | 209.3±30.9 | F-value 7.854 [#] |
| | Weight lifting | 202.6±23.4 [*] | | |
| | Jumping | 217.7±25.1 | | |
| | Throwing | 200.2±18.0 [*] | | |
| | Bowling | 178.1±15.4 ^{**} | | |
| | Golf | 197.9±25.4 ^{**} | | |
| post-hoc : a > b,d,e,f / c > e | | | | |
| EEG (N=60) | Modern Pentathlon | 209.4±21.7 | 199.6±23.8 | F-value 3.464 |
| | Field hockey | 196.0±26.9 | | |
| | Handball | 187.6±19.9 | | |
| | Cycle | 204.6±18.1 | | |
| | Boxing | 185.8±20.5 | | |
| | Rowing | 215.8±26.5 | | |
| F-value 2.644 | | | | |

Values are Means ± SD. * p<.05, ** p<.001, # F<.05
AEG: a=Short-Distance, b=Weight lifting, c=Jumping, d=Throwing, e=Bowling, f=Golf

3.4 종목에 따른 무릎 굴곡근 최대파워 상대 비교

종목에 따른 무릎관절 햄스트링근(신전근)의 파워를 검사한 결과 Table 6와 같다. 무산소 집단과 유산소 집단을 집단 간 상대 비교한 결과 무산소 운동집단이 141.4±30.8%로 유산소 운동집단 128.5±25.0%에 비해 약 9.13% 더 큰 근력을 발휘하는 것으로 나타났다(p=.013). 집단 내 종목별 검사결과를 분석한 결과 육상 단거리 종목이 180.4±22.3%로 역도종목 134.4±22.2% (p=.001), 투척종목 128.4±13.3 (p=.001), 볼링종목 103.5±18.6% (p=.001), 골프종목 129.6±21.1% (p=.001), 도약종목 146.8±10.3% (p=.007)에 비해 높은 것으로 나타났다. 그러나 유산소 운동집단 내에서 종목별 차이가 나타나지 않았다.

3.5 종목에 따른 무릎 햄스트링근 / 대퇴사두근 근력비율(H/Q 비율)의 비교

종목에 따른 무릎관절내 햄스트링근 / 대퇴사두근 근력 비율을 검사한 결과 무산소 집단과 유산소 집단의 집단 간 통계적인 차이는 나타나지 않았다(p=.092). 집단 내 종목별 검사결과를 분석한 결과 육상 단거리 종목이 65.0±9.1%로 역도종목 56.5±8.7% (p=.05)에 비해 높은 것으로 나타났지만 타종목간의 차이는 나타나지 않았으며 유산소 운동집단 내에서도 종목별 차이가 나타나지 않았다.

Table 6. Knee flexion muscle power

| Group | | Mean±SD | Total F-value | t-test p-value F-value |
|--|-------------------|--------------------------|---------------|--------------------------------|
| AEG (N=60) | Short-Distance | 180.4±22.3 ^{**} | 141.4±30.8 | F-value 17.760 [#] |
| | Weight lifting | 134.4±22.2 ^{**} | | |
| | Jumping | 146.8±10.3 ^{**} | | |
| | Throwing | 128.4±13.3 ^{**} | | |
| | Bowling | 103.5±18.6 ^{**} | | |
| | Golf | 129.6±21.1 ^{**} | | |
| post-hoc : a > b,c,d,e,f / b>e / c > e | | | | |
| EEG (N=60) | Modern Pentathlon | 138.0±24.8 | 128.5±25.0 | F-value 0.769 |
| | Field hockey | 124.4±18.9 | | |
| | Handball | 125.0±20.5 | | |
| | Cycle | 125.4±40.1 | | |
| | Boxing | 122.0±17.5 | | |
| | Rowing | 137.4±17.6 | | |
| F-value 2.773 [#] | | | | |

Values are Means ± SD. * p<.05, ** p<.001, # F<.05
AEG: a=Short-Distance, b=Weight lifting, c=Jumping, d=Throwing, e=Bowling, f=Golf

4. 논의

등속성 근기능 운동은 일정한 속도로 움직이는 근조직에서 발생하는 힘을 말하는 것으로 낮은 속도의 검사에서 무릎관절의 신전(대퇴사두근)과 굴곡(햄스트링)근의 근력검사뿐만 아니라 재활의 목적으로도 널리 이용된다[15].

운동선수들의 경기력을 향상시키기 위해서 경기력과 밀접하게 관련된 요인들에 대한 이해와 종목별 상대적인 측면에서 관련성을 밝히는 과정은 매우 중요하다. 또한, 장기간 에너지 시스템적인 적응반응 측면에서의 접근으로 트레이닝 유형과 종목의 특성을 평가하는 것은 매우 의미 있는 결과일 것이다. 그러므로 이 연구는 엘리트 선수들을 대상으로 에너지시스템 기여도에 따른 종목의 특성에 따라 무산소 운동종목 집단과 유산소 운동종목 집단 간 그리고 각 종목별 비교를 통해 적절하고 합리적인 트레이닝 방향성 및 신뢰적인 평가 자료를 제시하고자 주사용 무릎관절 등속성 근 기능 검사로 근력, 근 파워, H/Q 비율로 세분화하여 비교 분석하였다.

이 연구의 주요결과는 종목특성에 따른 등속성 근기능 검사를 통한 무릎관절의 신전근 근력(p=.006), 굴곡근 근력(p=.025) 굴곡근 파워(p=.013)에서 무산소 운동종목 집단이 유산소 운동종목집단 보다 더 높았으며 육상 단거리 운동종목이 타종목에 비해 월등히 높았다는 것이다. 이러한 에너지 시스템 기여도에 따른 집단 간 차

이는 종목별 주요 기술 전개에 있어서 동작의 기초가 되는 근력발현 양상이 각기 다르며 그에 따른 트레이닝 방법과 운동량의 차이에서 나타난 결과라 사료된다[16-17].

이 연구결과에서 에너지 기여도에 따라 짧은 시간 내 에너지생성 후 운동동작을 수행하는 무산소 운동집단과 장시간동안 지속적인 에너지생성 후 운동동작을 수행하는 유산소 운동집단들 사이에서 절대적인 근력의 크기는 차이가 나타날 수 있지만, 최대 근력 값을 선수의 체중대비 값인 상대근력에서는 두 집단 간 차이가 나타나지 않을 것이라 예측했으나 근력과 근 파워에서 통계적인 차이가 나타남으로써 Kim 등[18]의 연구와 상반된 결과를 보였다. 이들 결과는 무산소 운동종목 집단은 각각의 생체 에너지 체계를 향상시키는 훈련프로그램으로 적응이 되었을 가능성이 있다. 30~60초 사이의 짧은 시간에 높은 ATP생산을 요구하는 무산소성 운동의 핵심은 해당과정 및 ATP-PC를 활용할 수 있는 높은 능력과 장기간 고강도 훈련을 통한 근육섬유의 해당작용 효소를 증가시킴으로 ATP를 무산소적으로 생산함으로써 근육 등원속도나 힘의 크기가 더 컸던 가능성이 있을 것으로 사료된다[19].

한편, 무산소 집단 내에서 Fig. 2와 같이, 대퇴사두근(신근)과 햄스트링근(굴근)의 근력은 역도종목의 선수들의 근력이 가장 높을 것이라는 예상과 달리 육상 단거리 종목과 도약종목의 선수들이 가장 높게 나타났다. 이와 같은 원인은 역도종목의 경우 체급경기라는 종목의 특성에 따라 중량급의 경우 다른 비교종목들에 비해 체중이 상대적으로 더 무겁기 때문인 것으로 사료되며, 육상 단거리 종목과 도약종목은 다른 종목에 비해 선수의 발목 및 무릎관절이 주사용 근육 군으로 신전과 굴곡을 반복해 경기를 수행하는 종목으로 지속적인 트레이닝에 의한 강한 근육과 힘줄 및 인대의 높은 단백질 함량에 기인할 수 있다[20]. 볼링, 골프종목의 근력 및 근 파워가 낮게 나타난 것은 이들 종목은 힘이 크거나 빠른 근수축을 요구하기 보다 세부기술을 요하는 종목이라 타 종목에 비해 낮은 결과를 나타낸 것으로 사료된다.

반면, 지속적인 근수축으로 장시간 운동을 수행해야 하고 순간적인 근력 및 근 파워가 요구되는 유산소 종목 집단은 무산소 운동종목 집단에 비해 낮은 것은 물론 집단 내에서도 차이가 나타나지 않았으며 특히, 근력 및 근 파워가 높을 것으로 예상했던 핸드볼과 필드하키의 종목들에서 낮은 결과를 보였다. 핸드볼 종목의 경우 수직·수

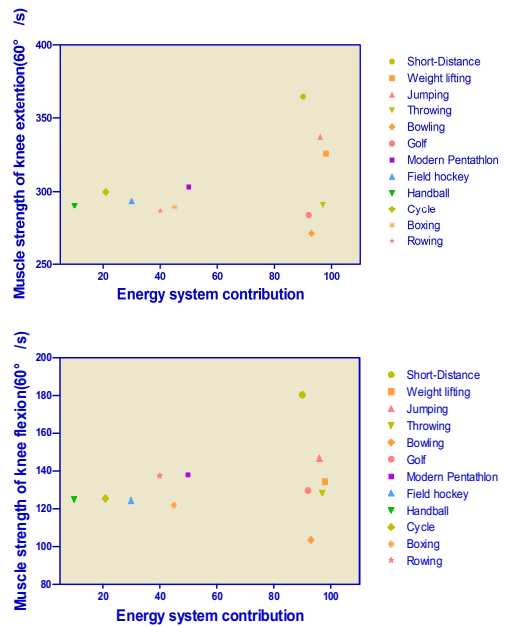


Fig. 2. Muscle strength of Knee Joint by Energy Contribution

평운동의 중간 형태로 런닝 점프 동작이 주 동작이므로 역도, 단거리종목보다 낮은 근력발휘라 판단된다. 또한, 두 종목 모두 경기 중 급격한 방향전환과 진행정지 상황이 많이 전개되기 때문에 높은 굴근력(햄스트링)이 요구되지만 타 종목에 비해 낮은 결과를 보였다.

한편, 햄스트링근과 대퇴사두근의 비율(H/Q 비율)은 모든 종목에서 50~70%의 범위에서 종목별 비율을 나타냈으며 단거리 종목이 65.0±9.1%로 역도종목 56.5±8.7% (p=.05)에 비해 높은 비율을 가지고 있었다. 일반적으로 H:Q 비율의 약화 즉, 무릎관절의 신전하는 동안 길항근인 햄스트링근이 감소된 상호활성화(coactivation)는 전방십자인대 손상의 원인이 될 수 있으며 H:Q 비율 증가가 정강뼈의 전·외측 아탈구를 최소화 시킬 수 있기 때문에 무릎의 안전성 확보로 이어져 무릎손상을 예방 할 수 있다고 했다[21]. 몇몇 선행연구들에서 적절한 H:Q 비율은 50~80%로 폭 넓게 권고하고 있으며[21]. Clanton과 Coupe [22]은 햄스트링의 좌상을 예방하기 위해서는 50~65%가 요구된다고 하였고, Dunnam 등[23]은 H:Q 비율이 적어도 61%는 되어야 전방십자인대 손상 예방에 도움이 된다고 분석하였다.

이 연구에서 에너지 시스템 기여도에 따라 구분하여 비교한 결과를 볼 때 종목 특성에 따른 에너지 시스템에

의한 차이는 물론 종목별로 기술발휘 및 동작에 의한 지속적인 자극 및 훈련이 근력 및 근 파워 평가에 있어 차이를 보이게 한 결과라 판단된다. 이에 따라 향후 트레이닝 방법과 운동종목의 특성에 맞도록 보다 구체적인 유형의 훈련방법이 제시될 것이며 특히 H/Q 비율로 선수들의 부족한 운동부위의 보강운동의 기초자료로 제시될 것으로 기대한다. 또한, 많은 종목을 측정하고 연구하는 운동과학자들과 운동지도자들에게 광범위한 종목에서 많은 샘플사이즈를 통해 얻은 이러한 결과들로 현장에서 유용하게 활용해 담당 선수들의 경기력 향상에 기여하길 기대한다.

5. 결론

이 연구는 엘리트 선수들을 대상으로 등속성 최대근력, 근 파워 그리고 H/Q 비율을 비교함과 동시에 무산소성 운동종목과 유산소성 운동 종목 간 비교를 통해 에너지 시스템 기여도에 따라 근 기능에 어떠한 영향을 미치는지를 구명하고자 수행되어 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 에너지시스템 기여도에 따라 무산소 운동 종목이 유산소 운동종목에 비해 상대근력(신전근, 굴곡근) 및 상대 근 파워(굴곡근)가 더 통계적으로 더 높은 결과를 보임으로써 에너지기여도에 따른 종목특성을 재차 확인하였다.

둘째, 무산소 운동종목 내에서 단거리와 도약종목들에서 타 종목에 비해 월등히 높은 근력과 근 파워가 나타났다으며 이는 대퇴근 및 햄스트링근을 주로 사용하는 종목의 특성에 기인된다.

셋째, H/Q 비율은 모든 종목에서 양호한 50~70%내의 정상범위의 비율을 나타냄으로써 무릎 발란스가 깨져 있지 않은 무릎안정화로 부상위험도가 낮을 것이라 판단된다.

따라서, 이들 결과로 지도자들과나 스포츠과학자들의 선수평가나 트레이닝 방향에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

References

[1] P. Schons, G. Fischer, R. G. da Rosa, G. P. Berriel, L. A. Peyré-Tartaruga, "CORRELATIONS BETWEEN

THE STRENGTH OF KNEE EXTENSOR AND FLEXOR MUSCLES AND JUMP PERFORMANCE IN VOLLEYBALL PLAYERS: A REVIEW", *Journal of Physical Education*, Vol.29, Article ID e2926, 2018
DOI: <https://dx.doi.org/10.4025/jphyseduc.v29i1.2926>

- [2] B. Requena, J. J. González-Badillo, E. S. S. de Villareal, J. Erelina, I. García, H. Gapeyeva, M. Pääsuke, "Functional Performance, Maximal Strength, and Power Characteristics in Isometric and Dynamic Actions of Lower Extremities in Soccer Players", *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol.23, No.5, pp.1391-1401, 2009.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a4e88e>
- [3] H. J. Hislop, J. Perrine, "The Isokinetic Concept of Exercise", *Physical Therapy*, Vol.47, No.1, pp.114-117, 1967.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1093/ptj/47.1.114>
- [4] H. G. Thistle, H. J. Hislop, M. Moffroid, E. W. Lowman, "Isokinetic contraction: a new concept of resistive exercise", *Arch. of Physical Med. & Rehabilitation*, Vol.48, No.6, pp.279-281, 1967.
- [5] J. M. Rosene, T. D. Fogarty, B. L. Mahaffey, "Isokinetic Hamstrings:Quadriceps Ratios in Intercollegiate Athletes", *Journal of Athletic Training*, Vol.36, No.4, pp.378-383, 2001.
- [6] M. Fillyaw, T. Bevins, L. Fernandez, "Importance of Correcting Isokinetic Peak Torque for the Effect of Gravity when Calculating Knee Flexor to Extensor Muscle Ratios", *Physical Therapy*, Vol.66, No.1, pp.23-29, 1986.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1093/ptj/66.1.23>
- [7] K. Perrine, "Differential aspects of conceptual processing in the category test and wisconsin card sorting test", *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, Vol.15, No.4, pp.461-473, 1993.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1080/01688639308402571>
- [8] P. Aagaard, E. B. Simonsen, M. Trolle, J. Bangsbo, K. Klausen, "Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode", *Acta Physiologica Scandinavica*, Vol.154, No.4, pp.421-427, 1995.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/j.1748-1716.1995.tb09927.x>
- [9] R. C. Li, N. Maffulli, Y. C. Hsu, K. M. Chan, "Isokinetic strength of the quadriceps and hamstrings and functional ability of anterior cruciate deficient knees in recreational athletes", *British Journal of Sports Medicine*, Vol.30, No.2, pp.161-164, 1996.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1136/bjbm.30.2.161>
- [10] P. Aagaard, E. B. Simonsen, N. Beyer, B. Larsson, P. Magnusson, M. Kjaer, "Isokinetic Muscle Strength and Capacity for Muscular Knee Joint Stabilization in Elite Sailors", *International Journal of Sports Medicine*, Vol.18, No.7, pp.521-525, 1997.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1055/s-2007-972675>
- [11] H. Gür, B. Akova, Z. Pündük, S. Küçüköglü, "Effects of age on the reciprocal peak torque ratios during knee muscle contractions in elite soccer players", *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, Vol.9, No.2, pp.81-87, 1999.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.1999.tb00213.x>
- [12] Y. K. Kim, "The study on ratios of conventional and

functional for isokinetic Hamstring : Quadriceps muscle strength in soccer player”, *Korean Journal of Sport Studies*, Vol.42, No.6, pp.713-719, 2003.

- [13] S. L. Jung, “A comparative study on isokinetic knee strength between competition athletes and demonstration team players in taekwondo”, Master’s thesis of Kyunghee university graduate school, 2006.
- [14] P. B. Gastin, “Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise”, *Sports Medicine*, Vol.31, No.10, pp.725-741, 2001.
DOI: <https://dx.doi.org/10.2165/00007256-200131100-00003>
- [15] S. A. Sharp, B. J. Brouwer, “Isokinetic strength training of the hemiparetic knee: effects on function and spasticity”, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.78, No.11, pp.1231-1236, 1997.
DOI: [https://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993\(97\)90337-3](https://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993(97)90337-3)
- [16] T. W. Nesser, W. L. Lee, “THE RELATIONSHIP BETWEEN CORE STRENGTH AND PERFORMANCE IN DIVISION I FEMALE SOCCER PLAYERS”, *Journal of Exercise Physiology Online*, Vol.12, No.2, pp.21-28, 2009.
- [17] I. Garthe, T. Raastad, P. E. Refsnes, A. Koivisto, J. Sundgot-Borgen, “Effect of Two Different Weight-Loss Rates on Body Composition and Strength and Power-Related Performance in Elite Athletes”, *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, Vol.21, No.2, pp.97-104, 2011.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1123/ijnsnem.21.2.97>
- [18] D. Y. Kim, S. W. Yoon, “Comparison the Isokinetic Exercise Test of Various Sport Events Athletes”, *Korean Journal of Sport Science*, Vol.16, No.3, pp.1-14, 2005.
- [19] F. M. Iaia, J. Bangsbo, “Speed endurance training is a powerful stimulus for physiological adaptations and performance improvements of athletes”, *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, Vol.20, No.s2, pp.11-23, 2010.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01193.x>
- [20] A. Thorstensson, B. Sjödín, P. Tesch, J. Karlsson, “Actomyosin ATPase, Myokinase, CPK and LDH in Human Fast and Slow Twitch Muscle Fibres”, *Acta Physiologica Scandinavica*, Vol.99, No.2, pp.225-229, 1977.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/j.1748-1716.1977.tb10373.x>
- [21] P. Kannus, “Ratio of Hamstring to Quadriceps Femoris Muscles’ Strength in the Anterior Cruciate Ligament Insufficient Knee: Relationship to Long-term Recovery”, *Physical Therapy*, Vol.68, No.6, pp.961-965, 1988.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1093/ptj/68.6.961>
- [22] T. O. Clanton, K. J. Coupe, “Hamstring Strains in Athletes: Diagnosis and Treatment”, *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, Vol.6, No.4, pp.237-248, 1998.
DOI: <https://dx.doi.org/10.5435/00124635-199807000-00005>
- [23] L. O. Dunnam, G. R. Hunter, B. P. Williams, C. J. Dremsa, “BRIDGING THE GAP - RESEARCH: Comprehensive evaluation of the University of Alabama at Birmingham women’s volleyball training program”, *Strength & Conditioning Journal*, Vol.10, No.1, pp.43-53, 1988.

권형태(Hyeong-Tae Kwon)

[정회원]



- 2010년 2월 : 한국체육대학교 대학원(체육학 석사)
- 2014년 2월 : 한국체육대학교 대학원(이학박사)
- 2017년 9월 ~ 현재 : 인천스프츠 과학센터 연구원

<관심분야>

운동생리학, 선수 경기력 향상

김기훈(Ki-Hoon Kim)

[정회원]



- 1996년 8월 : 단국대학교 대학원(체육학석사)
- 2007년 2월 : 한국체육대학교 대학원(이학박사)
- 2018년 1월 ~ 2018년 2월 : 2018 평창 동계올림픽 강릉선수촌장
- 2007년 9월 ~ 현재 : 울산과학기술대학교 스포츠지도학과 부교수

<관심분야>

운동생리학, 스포츠의학