각속도에 따른 등속성 무릎 좌우측 운동시 측정시간 심박수와 산소섭취량의 차이에 관한 연구

김창균

가천대학교 체육학과

Acute Effect of Isokinetic Knee Muscle Contraction at Slow & Fast Speed on Heart Rate & Oxygen Uptake in Middle School Students

Chang-Gyun Kim

Department of Sports Science, Gachon University, Sunnam, Korea

PURPOSE: This study examined the acute effects of isokinetic knee muscle contraction of slow & fast speed (slow; $30^{\circ} \cdot s^{-1}$, $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ and fast; $180^{\circ} \cdot s^{-1}$, $240^{\circ} \cdot s^{-1}$) on heart rate and oxygen uptake in middle school students.

METHODS: Thirty-eight boys without any medical problems were divided into normal ($n=18$) & obese ($n=20$) group on the basis of BMI $25 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. Its variables were measured at rest, right, middle recovery 2 min, left side, and recovery putted on electrocardiogram and gas analysis.

RESULTS: Heart rate were significantly different between $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ and the others in normal group and between slow of right side and $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ and between $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ and $240^{\circ} \cdot s^{-1}$ in left of normal group. Also, there were significantly between $30^{\circ} \cdot s^{-1}$ and fast in left of obese group. Obese group were significantly higher than normal group at rest, right, middle, left side, and recovery at the same point measured between normal and obese. Oxygen uptake were significantly different between slow and fast speed after middle 2 min and right & left side in normal group and significantly between $30^{\circ} \cdot s^{-1}$ and $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ and $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ and $240^{\circ} \cdot s^{-1}$ in right and left of obese group. Normal group were significantly higher than obese group at rest, right, middle, left side, and recovery measured between normal and obese.

CONCLUSIONS: Considering above the result, isokinetic protocol can be applied differently between normal weight and obese group to prevent the injury and/or accident and middle recovery time of left and right side for isokinetic exercise.

Key words: Isokinetic contraction, Heart rate, Oxygen uptake

서론

등속성 근력 운동 시스템은 정해진 속도로 움직이는 장비에 특정 관절 운동 시 힘을 가하여 그 힘의 크기를 읽어내는 원리로, Hislop et al. [1]에 의하여 소개된 이후 지금까지 부상의 위험을 방지하고 최대근력을 측정하는데 유리한 도구로 사용되고 있다. 이와 관련하여 선행연구에서는

구에서는 근수축이 관절각도에 따라 동일한 부하속도로 움직일 수 있도록 고안된 장치에서 일정한 속도의 운동을 통하여 근육의 길이가 짧아짐으로써 최대장력을 증가시키는 운동이라고 하였다[2]. 현재 다양한 등속성 장비가 개발되어 활용되고 있으며, 근력 측정의 신뢰도는 폭 넓은 연구를 통하여 검증되고 있다.

다수의 선행연구에서는 스포츠 의학 분야에서 등속성 운동이 근

Corresponding author: Chang-Gyun Kim Tel +82-31-750-4768 Fax +82-31-750-5323 E-mail cckim@gachon.ac.kr

Keywords 등속성수축, 심박수, 산소섭취량

Received 15 Jul 2016 Revised 26 Jul 2016 Accepted 2 Aug 2016

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

기능을 평가하거나 트레이닝 효과를 증대시키기 위하여 폭넓게 이용되고 다양한 연령층을 대상으로 근력 측정, 연구 혹은 임상 전반에 걸쳐 근육의 기능과 병리학적 평가를 위하여 보편적으로 사용되고 있다고 하였다[3,4]. 몇몇 선행연구에서는 근 운동과 심혈관계 반응이 운동 강도와 기간 그리고 동원되는 근육량의 정도와 관련이 있고[5,6], 운동 중 골격근에 운반되는 산소공급은 심박출량의 증가에 의해서 영향을 받는다고 하였다[7]. 아울러, 다수의 선행연구에서는 무릎 등속성 운동과 심폐계 heart rate (HR)과 blood pressure (BP)에 관한 연구를 수행한 바 있으며[8-11], 심폐계 반응에 영향을 주는 심박수는 근수축 속도에 의해 영향을 받는다고 보고하였다[12]. 그러나 국내의 경우, Jung [13]의 등속성 각속도에 따른 심혈관계의 반응에 관한 연구가 유일할 정도로, 등속성 운동과 심폐계 반응에 관한 연구가 부족한 것이 현실이다. 한편, 선행연구에서는 심혈관계 질환에 대한 증상 상관계 없이 근골격계 손상자들에게 등속성 운동을 통하여 재활운동을 허용하고 있으나 심장병 환자들에게 운동을 적용할 때에는 심폐계의 부하를 반영하는 요인인 HR과 BP로 운동 프로그램을 조절하여 적용하는 것이 중요하다고 주장하였다[9]. 위와 같이 등속성 운동 기구를 이용하여 재활 및 운동처방 그리고 물리치료 분야에서 다양하게 이용되고 있음에도 국내의 경우, 등속성 운동 시 호흡순환계 반응에 관한 연구는 부족한 실정이다. 특히 비만인이나 골격계 손상 후 비활동으로 운동에 익숙하지 않거나 신체가 허약한 상태 그리고 고혈압, 당뇨병, 고지혈증 등 심혈관 및 대사질환자 등이 등속성 근수축 재활운동이나 훈련에 참여한다면 심혈관계에 부담을 가중하여 위험한 상황을 초래할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구의 목적은 정상 체중과 비만 체중의 청소년을 대상으로 저속과 고속의 각속도에 따라 좌·우측 등속성 무릎 운동 시 측정 시간 HR과 VO_2 의 변화를 규명함으로써 등속성 운동 시 각속도와 반복 횟수를 고려한 적절한 운동 프로토콜을 선택하여 운동을 수행함으로써 운동 시 발생할 수 있는 위험으로부터 안전을 확보하고 효과적인 운동을 수행할 수 있도록 도움을 주는데 연구의 의의가 있다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 중학교 남학생 정상 체중 18명, 비만 체중 20명 총 38명을

대상으로 BMI $25 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ 을 기준으로 비만집단과 정상집단으로 분류하였다. 사전에 실험 목적과 절차 등에 관하여 설명하고 실험 참가 동의서를 작성하였다.

2. 측정절차 및 방법

본 연구의 실험은 총 4주간에 걸쳐 오전 9-12시 사이에 실내온도는 20°C 에서 22°C 를 유지하고 습도는 60% 이하에서 isokinetic mode 저속(low speed, $30 \text{ \& } 60^\circ \cdot \text{s}^{-1}$)과 고속(high speed, $180 \text{ \& } 240^\circ \cdot \text{s}^{-1}$)의 각속도에서 등속성 운동을 수행하면서 측정 시간 HR과 VO_2 를 측정하였다.

1) 신체적 특성

신체적 특성은 실험 하루 전 오전 9시까지 실험실에 방문하였고 반소매면 셔츠와 반바지만 착용한 상태로 신장측정계(BSM340, Biospace Ltd., USA)와 생체전기저항측정기(Inbody720, Biospace Ltd., KOR)를 사용하여 신장(cm), 체중(kg), 체지방량(kg)과 BMI (kg/m^2) 등을 측정하였다. 연구대상자의 신체적 특성은 Table 1에 제시한 바와 같다.

2) 등속성 운동 프로토콜과 심폐계 변인 측정

등속성 운동은 무릎 관절을 중심으로 Isokinetic dynamometer (Model 770, Humac Norm Testing and Rehabilitation System, Computer, Sports Medicine Inc., USA)의 등속성 모드(isokinetic mode)를 이용하여 측정하였다. 운동 시 최대 능력이 발휘되도록 연구대상자에게 측정의 목적과 운동 방법에 대하여 자세히 설명하였다. 본 검사를 적절히 수행하기 위하여 적응연습(familiarization)은 본 검사 하루 전 delayed onset of muscle soreness (DOMS)가 유발되지 않도록 가벼운 부하로 10회 이내로 적응 운동을 수행하였다.

본 검사를 수행하기 위하여 실험실에 도착한 연구대상자들은 10분 동안 스트레칭과 가벼운 달리기로 warm-up 후 측정 기구의 의자에 앉아 안정시까지 휴식한 후, 본 검사 중 불필요한 동작을 최소화하기 위해 체간, 골반, 대퇴부를 스트랩으로 고정하였다. 등속성 측정 준비를 마친 다음 안정상태에서 심전도(CH 2000, Cambridge Heart, Incorporated)와 호흡가스분석기(Quark b2, COSMED Co., Italy)를 착용하고 안정을 취하였다. 무릎관절의 회전축은 등속기구 동력계(Dynamometer)의 회전축과 일치시키고 발목관절 바로 위 경골비골에 패드로 고

Table 1. Subject characteristics

Divided	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)	%fat
NG (n = 18)	$15.44 \pm .85$	169.00 ± 5.22	55.71 ± 5.55	19.58 ± 1.47	9.97 ± 5.53
OG (n = 20)	$14.90 \pm .85$	168.50 ± 4.72	$86.63 \pm 9.64^{**}$	$30.64 \pm 4.32^{**}$	$35.08 \pm 7.25^{**}$

Values are mean $\pm$ SD.

NG, normal group; OG, obese group; BMI, Body mass index.

**Significant different with NG at $^{**}p < 0.01$.

정하였다. 등속성 운동 시 무릎관절 가동범위는 0-100°로 설정하였다. 등속성 운동은 Perrin [3]의 권고에 따라 저속 30 & 60°·s⁻¹ 부하속도의 근력 운동 프로토콜은 최대 힘을 발휘하여 5회 반복·측정하였다. 고속 180 & 240°·s⁻¹에서는 25회 반복하였다. 변인의 측정은 안정시, 좌측 무릎관절 운동, 2분 중간휴식, 우측 무릎관절 운동, 그리고 회복 2분 후의 순서로 실시하였다. 2분 중간휴식 후 심박수 변인이 안정시 수준에 도달하면 우측 무릎관절 운동을 하였으며, 이때 HR 그리고 VO₂ 변인을 측정하였다. 좌·우측 측정 사이의 2분 중간휴식과 회복 2분 후 변인 측정은 Touey et al. [14]의 최적의 근 회복 시간이 120초라는 선행연구를 참고로 하였다. 각각의 각속도에서 변인의 측정은 30°·s⁻¹에서 240°·s⁻¹ 순서로 1주일 간격으로 실시하여 사전 운동의 전이효과(carry-over effects)를 배제하였으며, 실험 흐름도(follow-chart) Table 2과 같다.

3. 자료처리방법

이 연구의 결과 분석을 위한 자료처리는 SPSS 21.0 (ver. Korea) 통계 프로그램을 이용하였고 모든 측정항목은 평균(m)과 표준편차(SD)를 산출하였다. 일원변량분석(one-way ANOVA)에 의한 집단 간 각속도별 동일 측정시점에서의 차이를 규명하고 차이가 나타난 경우 Scheffé's post hoc에 의한 사후 검증하였다. 집단간 동일 시점에서 차이는 독립 t-test를 수행하여 검증하였다. 통계학적 유의수준(α)은 .05로 설정하였다.

연구 결과

본 연구는 정상 체중과 비만 체중의 남자 중학생을 대상으로 좌·우측 등속성 무릎 운동 시 각속도 저속(30°·s⁻¹ & 60°·s⁻¹)에서 5회 반복, 고속(180°·s⁻¹ & 240°·s⁻¹)에서 25회 반복 운동 시 안정(rest), 우측(right side) 운동, 중간휴식(middle recovery 2 min), 좌측(left side) 운동과 회복기(recovery 2 min)에서의 HR과 VO₂의 변화를 비교한 결과는 Tables 3, 4에 제시한 바와 같다.

1. 등속성 무릎 운동 시 측정 시점 HR (beats · min⁻¹) 변화

HR 결과는 Table 3과 같으며 집단별 각속도 간 안정시에는 정상 집단($p=.281$)과 비만 집단($p=.513$)에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 동일 각속도 간에는 비만 집단이 정상 집단보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다($p<.01$). 우측 운동 시 정상 집단은 180°·s⁻¹(c)와 30°·s⁻¹, 60°·s⁻¹, 240°·s⁻¹ 간에 유의한 차이가 나타났고($p<.01$), 비만 집단은 각속도 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 비만 집단이 동일 각속도 간 차이는 정상집단보다 모든 각속도에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다($p<.01$). 중간휴식 중에는 두 집단 각속도 간에 차이가 나타나지 않았으며 동일 각속도 간에는 비만 집단이 정상 집단보다 통계적으로 모두 높게 나타났다($p<.01$). 좌측 운동 시 정상 집단

Table 2. Experimental follow-chart

Exercise velocity		Familiarization	Warm up		Measured point of variable			
					Right side	Middle recovery	Left side	Recovery
Slow speed	30°·s ⁻¹ (a) 60°·s ⁻¹ (b)	Before one day of main test	Before 10 min of test	Resting	5 Reps.	After 2 min	5 Reps.	After 2 min
					5 Reps.		5 Reps.	
Fast speed	180°·s ⁻¹ (c) 240°·s ⁻¹ (d)				25 Reps.		25 Reps.	
					25 Reps.		25 Reps.	

Reps., repetitions.

Table 3. Result on heart rate both group measured same point at slow & fast speed

Protocol		Slow speed		Fast speed		F value	Scheffe's post hoc
		30°·s ⁻¹ (a)	60°·s ⁻¹ (b)	180°·s ⁻¹ (c)	240°·s ⁻¹ (d)		
Rest	NG	70.77±8.8	66.00±10.36	66.00±5.44	67.11±8.23	1.300 $p=.281$	ns
	OG	85.00±10.09**	85.8±10.85**	81.70±8.81**	85.00±8.64**	.772 $p=.513$	ns
Right side	NG	121.33±9.76	117.44±13.66	134.55±11.65	124.52±13.4	6.640** $p=.001$	a,b,d < c
	OG	145.00±34.93**	142.80±31.60**	156.50±31.96**	157.00±16.99*	1.267 $p=.292$	ns
Middle Rec. (2 min)	NG	74.55±9.51	72.11±9.29	72.44±5.42	71.11±8.36	.529 $p=.664$	ns
	OG	85.40±9.34**	88.00±11.47**	89.50±8.46**	92.8±7.87**	2.165 $p=.099$	ns
Left side	NG	120.66±10.36	115.44±10.79	136.22±12.44	129.66±14.53	10.094** $p=.000$	a,b < c; b < d
	OG	133.20±12.56**	145.30±34.49**	162.30±28.65**	151.00±28.86*	5.948** $p=.001$	a < c,d
Rec. (2 min)	NG	74.00±7.79	69.22±8.08	72.66±6.45	72.55±9.05	1.194 $p=.319$	ns
	OG	85.80±9.68**	87.20±10.68**	90.20±9.15**	90.50±8.62**	1.154 $p=.333$	ns

Values are the m±SD.

NG, normal group; OG, obese group; ns, non-significant; Rec, Recovery.

*(*)Significantly different from NG, <Significantly different at * $p<.05$; ** $p<.01$.

Table 4. Result on oxygen uptake both group measured same point at slow & fast speed

Protocol		Slow speed		Fast speed		F value	Scheffe's post hoc
		30°·s ⁻¹ (a)	60°·s ⁻¹ (b)	180°·s ⁻¹ (c)	240°·s ⁻¹ (d)		
Rest	NG	5.49±.99**	5.53±1.26*	5.34±.88**	5.37±.75*	.155 <i>p</i> = .926	ns
	OG	4.53±.78	4.68±.86	4.54±.82	4.76±.77	.378 <i>p</i> = .769	ns
Right side	NG	20.10±7.50*	15.59±4.97	29.02±7.18**	25.75±5.97**	29.068** <i>p</i> = .000	a,b < c,d
	OG	15.74±2.67	13.23±2.84	19.46±4.22	19.07±4.14	8.296** <i>p</i> = .000	a < b < c,d
Middle rec. (2 min)	NG	5.64±.85	5.68±.77	5.96±.63**	6.42±.66**	9.563** <i>p</i> = .000	a,b < c,d
	OG	5.37±.99	5.58±.83	6.56±.63	5.58±1.00	1.283 <i>p</i> = .286	ns
Light side	NG	20.68±7.75*	16.23±4.82*	30.28±7.66**	28.69±7.26**	16.338** <i>p</i> = .000	a,b < c,d
	OG	16.71±2.65	13.43±2.82	22.13±5.82	20.13±5.74	14.330** <i>p</i> = .000	a < c; b < c,d
Rec. (2 min)	NG	5.32±.52*	5.79±.94**	5.71±.78**	5.66±.68**	1.369 <i>p</i> = .260	ns
	OG	4.85±.74	4.64±1.03	5.04±.69	4.85±.69	.842 <i>p</i> = .475	ns

Values are the mean ± SD.

NG, normal group; OG, obese group; ns, non-significant; Rec, Recovery.

*(*)Significantly different from OG, < Significantly different at *p < .05; **p < .01.

은 (a), (b)와 (c), (b)와 (d) 간에 유의한 차이가 각각 나타났고, 비만 집단은 (a)와 (c), (d) 간에 유의한 차이가 나타났다(각 *p* < .01). 동일 각속도에 서의 차이는 비만 집단이 정상 집단보다 모든 각속도에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다(*p* < .01). 회복기에는 정상 집단(*p* = .319)과 비만 집단(*p* = .333)은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 동일 각속도 간에는 비만 집단이 정상 집단보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다(*p* < .01).

2. 등속성 무릎 운동 시 측정 시간당 VO₂ (mL·kg·min⁻¹) 변화

VO₂ 결과는 Table 4와 같으며 집단별 각속도 간 안정시에는 정상 집단(*p* = .926)과 비만 집단(*p* = .769)에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 동일 각속도 간에는 정상 집단이 비만 집단보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다(*p* < .01, *p* < .05). 우측 운동 시 정상 집단은 (a), (b)와 (c), (d) 간에 유의한 차이가 나타났고 비만 집단은 (a)와 (b), 그리고 (c), (d) 간에 유의한 차이가 나타났다(각 *p* < .01). 정상 집단이 동일 각속도 간 차이는 비만 집단보다 (b) 각속도 간을 제외하고 (a), (c), (d) 간에 각각 통계적으로 유의한 차이가 각각 나타났다(*p* < .01, *p* < .05). 중간휴식에서는 정상 집단의 (a), (b)와 (c), (d) 간에 유의한 차이가 나타나 각속도가 빠른 속도에서 높게 나타났다. 좌측 운동 시 정상 집단은 (a), (b)와 (c), (d) 간에 유의한 차이가 각각 나타났고, 비만 집단은 (a)와 (c), (b)와 (c), (d) 간에 유의한 차이가 각각 나타났다(각 *p* < .01). 동일 각속도에서의 차이는 정상 집단이 비만 집단보다 모든 각속도에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(*p* < .01, *p* < .05). 회복기에는 정상 집단과 비만 집단 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 동일 각속도 간에서 차이는 정상 집단이 비만 집단보다 높게 나타났다(*p* < .01, *p* < .05).

논 의

본 연구는 정상체중과 비만 체중의 남자 중학생을 대상으로 저속(30°·s⁻¹ & 60°·s⁻¹)과 고속(180°·s⁻¹ & 240°·s⁻¹)의 각속도에서 좌·우측 무릎 등속성 운동 시 심박수(HR)와 산소섭취량(VO₂)의 변화를 규명하고자 하였으며, 논의하면 다음과 같다.

운동 시 나타나는 심폐계 변인의 증가는 사용하는 근육량, 운동강도, 그리고 운동지속여부에 따라 비례하여 증가하며[6,7], 산소섭취량과 밀접한 상관관계가 있다[15]. 선행연구에서는 등속성 지속 운동 시 심박수와 혈압이 각각 150 mmHg 이상 증가하였고[8], 이러한 심폐계 반응은 각속도보다는 활동 근육량에 비례한다고 하였다[16]. 그리고 다른 선행연구들에서는 등속성 운동 집단에서 심박수 증가가 심폐계 반응에 영향을 주는 것은 근 수축 속도 때문이라 하였으며[12,17], Scharf et al. [18]은 무릎관절을 60°·s⁻¹에서 30°·s⁻¹씩 증가시키면서 원심성 등속성 운동 시 심박수 증가율이 평균 92% 증가하였다고 보고하였다. Yoon et al. [19] 60°·s⁻¹와 180°·s⁻¹에서 4회 반복 등속성 운동 후 120회와 107회로 심박수 증가율이 59%와 44% 이상 각각 증가하였고 180°·s⁻¹에서 20회 반복 후에는 142회로 증가하였다고 보고하였다. 이처럼 선행연구에서 보는 바와 같이, 등속성 운동 시 심폐계에 영향을 주는 요인은 동원되는 근육량뿐만 아니라 근 수축 속도 그리고 일량 등 다양한 요인이 제시되고 있다. 본 연구의 HR에 관한 결과는 우측 정상 집단 180°·s⁻¹에서 가장 높게 나타났고 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 좌측 운동 시에는 정상과 비만 집단 저속과 고속간에 유의한 차이가 나타났다. 이러한 결과는 각속도나 일량의 증가에 의한 호흡계에 영향을 미친다는 선행연구들과 다소 유의한 경향을 보여주고 있음을 알 수 있다. 그러나 동일시점의 각속도에서 운동 시 비만 집단이 유의하게 높게 나타난 것은 비만 집단의 낮은 신체활동 효율성과 에너지 대사적인 측면에서의 비효율적인 에너지 이용을 위한 심폐계 반응에 기인한 것

으로 판단된다. $VO_2\max$ 는 심장의 기능적 능력과 밀접한 연관성을 가지며 심폐체력을 평가하는 기준으로는 사용한다[20]. 이러한 심폐체력은 장시간 대근육군을 이용하여 동적 운동을 수행할 수 있는 능력으로 호흡계, 심혈관계, 그리고 골격계의 기능적 상태에 따라 달라지며 건강과 밀접한 관계가 있다. 선행연구에서는 산소 소비의 필요한 양은 운동 강도에 따라 증가하고 근 수축에 필요한 기본적인 생화학적 에너지방출을 반영한다고 하였다[21]. 특히, 운동 중 산소섭취량은 사용하는 근육량, 운동강도, 그리고 운동지속여부에 따라 비례하여 증가하며 [6,7], 산소섭취량과 밀접한 상관관계가 있다[15]. 선행연구에서는 간헐적 등속성 운동과 산소섭취량 관련 연구에 의하면 VO_2 는 항정 상태까지 일량과 비례하여 증가하였고 대사요구량도 비슷한 유형으로 반응하였다[22]. 이에 본 연구결과의 VO_2 를 살펴보면, 2분 중간휴식 전·후 우측과 좌측 운동 시 정상 집단 저속과 고속 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 비만 집단은 우측과 좌측 운동 시 저속과 고속 간에 유의하게 통계적으로 차이가 나타나 정상 집단과 유사하였다. 그러나 2분 중간휴식 중의 산소섭취량의 변화를 살펴보면 정상 집단의 저속과 고속 사이에 유의한 차이가 나타났다. 이는 각속도와 반복수가 증가하여 일량이 산소소비용의 증가에 영향을 미친 것으로 생각되며 안정시 수준으로 내리기 위해서는 저속보다 고속으로 운동 후에는 더 많은 중간휴식 시간이 필요한 것으로 생각된다. 그러나 동일시점의 각속도에서 VO_2 는 비만 집단과는 반대의 경향으로 정상 집단이 유의하게 높게 나타난 것은 신체활동의 효율성에 의한 효율적인 에너지 이용을 위하여 산소섭취량이 증가한 것으로 판단된다.

결론

본 연구는 정상 및 비만 체중의 남자 중학생을 대상으로 등속성 무릎 운동 프로토콜에 따라 HR과 VO_2 의 변화를 규명하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, HR는 정상체중 우측 무릎 운동 $180^\circ \cdot s^{-1}$ 와 저속 그리고 $240^\circ \cdot s^{-1}$ 간에 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 좌측 정상체중 무릎 운동에서는 저속과 $180^\circ \cdot s^{-1}$, 그리고 $60^\circ \cdot s^{-1}$ 와 $240^\circ \cdot s^{-1}$ 에 유의한 차이가 나타났다. 좌측 비만 체중에서는 $30^\circ \cdot s^{-1}$ 와 고속 간에 유의한 차이가 나타났다. 동일시점의 각속도에서 HR는 안정, 우측 운동, 2분 중간휴식, 좌측 운동, 그리고 회복기에 비만 집단이 정상 체중 집단보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다.

둘째, VO_2 는 정상체중 우측 운동, 2분 중간휴식, 좌측 운동 시 저속과 고속 간에 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 비만 집단은 우측 운동과 좌측 운동에서 저속 그리고 고속 간에 유의한 차이가 나타났다. 동일시점의 각속도에서 VO_2 는 안정, 우측 운동, 2분 중간휴식, 좌측 운동, 그리고 회복기에 정상체중이 비만 체중 집단보다 통계적으로 유

의하게 높게 나타났다.

이상의 연구결과를 종합하면 동일시점의 각속도에서 HR는 안정, 우측 운동, 2분 중간휴식, 좌측 운동, 그리고 회복기에 비만 집단이 높게 나타났으며, VO_2 는 HR와는 다르게 정상 체중이 비만 체중 집단보다 높게 나타나 비만 집단보다 효율적인 운동수행과 에너지 대사가 촉진된 것을 관찰할 수 있었다. 그러나 좌·우측 운동 전·후 2분 중간휴식에서 HR는 비만 집단이 그리고 VO_2 는 정상체중 고속 $180^\circ \cdot s^{-1}$ & $240^\circ \cdot s^{-1}$ 에서 비만 집단보다 높게 나타난 것으로 볼 때 좌·우측 등척성 근력 측정시 중간휴식 시간을 고려할 필요가 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

1. Hislop HJ, Perrine JJ. The isokinetic concept of exercise. *Physical Therapy* 1967;47(2):114-117.
2. Moffroid MT, Kusiak ET. The power struggle: definition and evaluation of power of muscular performance. *Physical Therapy* 1975;55(10):1098-1104.
3. Perrin DH. *Isokinetic Exercise and Assessment*. Champaign, Ill., Human Kinetics Pub 1993.
4. Dvir Z. *Isokinetics: muscle testing, interpretation, and clinical applications*. Elsevier Health Sciences 2004.
5. Buck JA, Amundsen LR, Nielsen DH. Systolic blood pressure responses during isometric contractions of large and small muscle groups. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1980;12(3):145-147.
6. Lewis SF, Snell PG, Taylor WF, Hamra M, Graham RM, et al. Role of muscle mass and mode of contraction in circulatory responses to exercise. *Journal of Applied Physiology* 1985;58(1):146-151.
7. Shoemaker JK, Hodge L, Hughson RL. Cardiorespiratory kinetics and femoral artery blood velocity during dynamic knee extension exercise. *Journal of Applied Physiology* 1994;77(6):2625-2632.
8. Negus RA, Rippe JM, Freedson P, Michaels J. Heart rate, blood pressure, and oxygen consumption during orthopedic rehabilitation exercise. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 1987;8(7):346-350.
9. Peel C, Alland MJ. Cardiovascular responses to isokinetic trunk exercise. *Physical Therapy* 1990;70(8):503-510.
10. Vinson S, Lindsay B, Mettler P, Murray T. Cardiovascular response to isokinetic endurance exercise. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 1987;30(1):67-777.
11. Iellamo E, Legramante JM, Raimondi G, Castrucci F, Damiani C, et al. Effects of isokinetic, isotonic and isometric submaximal exercise on

- heart rate and blood pressure. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1997;75(2):89-96.
12. Hayashi N, Koba S, Yoshida T. The effect of muscle contraction velocity on cardiorespiratory responses to repetitive isokinetic exercise in humans. *The Japanese Journal of Physiology* 2003;53(5):327-333.
13. Jung HS. An influence on blood pressure, heart rate and amount of oxygen intake by isokinetic exercise[thesis]. Daegu:Kyungpook National University 2010.
14. Touey PR, Sforzo GA, McManis BG. Effect of manipulating rest periods on isokinetic muscle performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1994;26(5):S30.
15. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins 2009;167-174.
16. Haennel RG, Snydermilller GD, Teo KK, Greenwood PV, Quinney HA et al. Changes in blood pressure and cardiac output during maximal isokinetic exercise. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1992;73(2):150-155.
17. Ökmen A, Erdemir I. Effects of isokinetic and isotonic training programmes on heart rate and blood pressure in high school students, *Biomedical Human Kinetics* 2011; 3:82-85.
18. Scharf HP, Eckhaedt R, Marurs M, Puhl W. Metabolic and hemodynamic changes during isokinetic muscle training: A controlled clinical trial. *International Journal of Sports Medicine* 1994;15(S1):S56-S59.
19. Yoon TS, Lee DS. Total work and cardiovascular response to isokinetic contraction at the knee joint *Annals of Rehabilitation Medicine* 1996; 20(3):721-727.
20. Kodama S, Saito K, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, et al. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA* 2009; 301(19):2024-2035.
21. Astrand PO, Rodahl K. *Textbook of work physiology*. New York: McGraw 1970;66-350.
22. Marzorati M, Perini R, Milesi S, Veicsteinas A. Metabolic and cardiorespiratory responses to maximal intermittent knee isokinetic exercise in young healthy humans. *European Journal of Applied Physiology* 2000;81(4):275-280.