

응복합을 활용한 휠체어 트레드밀과 암에르고미터 점증부하운동검사 시 심폐기능, 운동자각도 및 젖산농도 비교

장홍영*, 김종혁**
성결대학교 체육교육과*, 중원대학교 뷰티헬스학과**

A Comparison of Cardiopulmonary Function, RPE, and Blood Lactate following in Wheelchair Treadmill and Arm Ergometer GXT Test through Convergence

Hong-Young Jang*, Jong-Hyuck Kim**
Dept. of Physical Education, Sungkyul University*, Dept. of Beauty & Health, Jungwon University**

요 약 본 연구는 비장애인 휠체어 농구 선수 11명을 대상으로 휠체어트레드밀과 암 에르고미터의 점증부하운동 검사 시 심폐기능, 운동자각도 및 젖산 농도를 비교하는데 목적이 있다. 연구방법으로는 휠체어트레드밀과 암 에르고 미터의 점증부하운동검사 시 호흡가스분석기와 무선 심박수 측정기를 사용하여 심폐기능을 알아보았으며, 보그 스케 일을 이용하여 운동자각도를 측정하였고, 젖산 분석기를 사용하여 안정 시, 운동직후, 회복기 2분, 4분, 6분, 10분의 혈중 젖산 농도를 측정하였다. 측정된 데이터는 SPSS 18.0 프로그램을 통하여 종속 t-검증(paired t-test)을 실시하여 분석하였고 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다. 이 연구를 통하여 얻어진 결과는 다음과 같다. 첫째, 심폐기능 변 인 중 최대산소섭취량은 암 에르고미터가 높게 나타났으며, 호흡교환율은 휠체어트레드밀이 높게 나타났으며, 최대 심박수는 휠체어트레드밀이 높게 나타났다. 둘째, 주관적 운동 강도에서는 종료 점에서 암 에르고미터에서 높게 나타 났다. 셋째, 혈중 젖산 농도는 운동 직후 암 에르고미터에서 높게 나타났다.

주제어 : 휠체어 트레드밀, 암에르고미터, 점증부하운동검사, 심폐기능, 운동자각도, 젖산농도, 응복합

Abstract The purpose of this study was to compare cardiopulmonary function, RPE(Rating of perceived exertion), and blood lactate when examining the GXT(Graded exercise testing) of wheelchair treadmill and arm ergometer. Participants were 11 wheelchair basketball players with non disability. While examining the GXT of wheelchair treadmill and arm ergometer, cardiorespiratory functional capacity was measured by using Quarkb² and Polar and RPE was measured through Borg Scale. The lactate analyser, YSI-2000 was used to measure blood lactate level when resting, right after exercise, two minutes, four minutes, six minutes, and ten minutes of recovery. Data was analyzed by paired t-test using SPSS 18.0 program and significance for all statistical analysis was fixed at .05 confidence level(p<0.05). The conclusion of this study is below. First, maximal oxygen uptake which is a factor of cardiopulmonary function showed the highest with arm ergometer, the rate of respiratory exchange showed the highest with wheelchair treadmill, and maximal heart rate showed the highest with wheelchair treadmill. Second, subjective exercise intensity showed the highest with arm ergometer at the end point. Third, blood lactate level showed the highest with arm ergometer right after exercise.

Key Words : Wheelchair treadmill, Arm ergometer, Graded exercise testing, Cardiopulmonary function, Rating of perceived exertion, Lactate, Convergence

Received 1 August 2016, Revised 4 September 2016
Accepted 20 September 2016, Published 28 September 2016
Corresponding Author: Jong-Hyuck Kim
(Dept. of Beauty & Health, Jungwon University)
Email: jhkim4170@hanmail.net

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

보건복지가족부[1]에 따르면 지체장애인이 1,191,013 명으로 지속적인 증가를 보이고 있으며, 지체장애는 다른 장애영역에 비하여 가장 높은 출현율을 보이고 있다[2].

이러한 지체장애인들은 일상생활에서 주로 휠체어를 사용하고 활동근의 감소로 심혈관계와 심폐기능 및 대사능력이 현저하게 감소되며[3,4], 일상생활을 거의 팔이나 어깨를 사용하기 때문에 다리를 사용하는 사람들에 비해 심폐능력과 에너지 효율이 낮다. 이는 상체의 적은 근육량을 사용함으로써 상지 근 골격계의 조기피로를 유발한다[5].

또한 팔운동 시에는 상대적 운동 강도에서의 인식작용에 미치는 영향이 하체보다 더 크게 나타난다고 하였다[6,7].

이러한 특성들로 인해 휠체어에 의존해야 하는 대부분의 척추장애인들은 약간의 일상적 활동을 제외하고 유산소성 능력을 향상시키는 활동을 거의 하지 못하므로 체력이 저하되고 배변 및 배뇨, 성기능의 상실 등을 초래하여 여러 가지 합병증과 일상생활에서의 제한적인 활동으로 인해 영구적인 후유증 동반, 유산소 운동 수행능력 부족 등의 영향을 받게 된다[8].

뿐만 아니라 척추 장애인은 체내 지방질과 체중이 일반인보다 더 높게 나타날 뿐 아니라 당뇨, 고혈압, 동맥경화, 허혈성 심장질환 등과 같은 성인병 질환이 있어서 2배 이상의 더 높은 이환율을 나타내고 있고 장애인의 신체적 특성 및 규칙적인 운동으로 변화되는 신체적 능력의 향상 유무 등에 관한 재활을 위한 정보 자료의 축적이 절실히 요구된다[9]. 따라서 심폐능력과 상지근력은 휠체어 사용자들에게 매우 중요한 역할을 한다[5].

이러한 휠체어 의존자들의 심폐기능 측정은 신체적 장애 특성으로 인하여 주로 암 에르고미터를 사용하고 있으며, 암 에르고미터는 인간의 신경이 비동시적 사지운동을 선호하고[10], 상지의 굴곡과 신전근 모두가 힘발생에 이용될 수 있는데[11], 이러한 점에서 다른 운동부하 방식에 비해 기계적인 효율성이 높게 나타나는 장점을 가지고 있다[12].

반면에 암 에르고미터(Arm Ergometer, 이하 AE)는 일상생활에서 휠체어를 통한 이동하는 장애인들에서 그들의 평상시 활동 능력에 관한 유용한 정보를 제공하지 못하며, 반복 측정 시에는 검사방법이 익숙해지거나 활

동에 동원되는 근질량이 제한되는 것으로 보고되고 있다 [13,14].

또한 운동 부하 검사에서 운동부하기기의 선택은 운동부하 검사의 목적, 검사의 편이성 경제성 및 피검자의 특성 등을 고려하여 적절하게 이루어져야 하는데[15], 이러한 점을 고려하여 볼 때 휠체어 트레드밀(Wheelchair Treadmill, 이하 WT)을 이용한 심폐 체력 측정은 정상적인 휠체어 추진 중에 심폐체력 평가가 가능하고, 휠체어 이동에 특수한 자극을 부과하고 있으므로 트레이닝의 특수성에 비추어 볼 때 신뢰성이 아주 높다[16,17].

과거 운동 형태별 최대산소섭취량을 비교한 선행연구에서 사이클 에르고미터 검사는 트레드밀 검사에 비해 최대산소섭취량 값이 5~25% 정도 낮게 나올 수 있는데 이것은 참가자의 운동 경험, 체력상태 그리고 하지 근력에 따라 달라지며[18,19,20,21], AE 검사 중에는 상체의 작은 근육군이 사용되기 때문에 최대산소섭취량이 트레드밀 검사 때보다 일반적으로 20~30%가 낮다고 하였다 [18,22].

하지만 지금까지의 연구는 주로 트레드밀과 사이클 에르고미터, AE 운동검사 간의 비교가 주류였으며, WT 과 AE의 운동검사 측정기기를 통해 상지를 주로 사용하는 운동 형태에서의 차이를 비교한 내용이 전무한 실정이다.

따라서 휠체어를 사용하는 사람에게 있어 두 측정기기 간에 심폐적성 능력 및 젖산농도, 운동자각도(Rating of Perceived Exertion, 이하 RPE)를 측정·분석함으로써 운동 형태 간의 심폐기능과 젖산농도 및 RPE의 요인별 차이를 규명하고, 차이정도를 제시해줌으로써 WT과 AE의 GXT(graded exercise testing)시에 생리적 특성을 비교하는데 목적이 있다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상

본 연구의 대상자는 Y대학교에 재학 중인 휠체어 농구부 남학생 11명으로 구성되었다. 이들은 최소 6개월 이상 휠체어 농구 훈련을 실시하여 휠체어 조작에 있어서 문제가 없는 학생들로 선정하였으며, 이들의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Physical characteristics of the subjects

M±SD				
Division	Number (n)	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)
M±SD	11	21.36 ±1.57	175.86 ±5.26	72.79 ±8.66

2.2 실험절차 및 방법

본 연구의 실험 장소는 온도 22℃ 이하, 습도 60%이하로 설정하였으며 호흡가스분석기는 영점조정(Calibration) 후 실시하였다. 또한, 실험의 목적 및 실험절차와 검사 수행 전 WT과 AE의 실시법과 RPE 사용법, 운동중단 시의 행동요령과 위험상황 시 대처방법에 대하여 설명과 시범을 실시하였고 실험에 참가하는 검사동의서를 작성한 후 충분한 준비운동을 실시하였다.

본 실험은 Y대학교 특수체육실험실에서 실험하였다. 구체적인 실험방법으로 WT과 AE를 이용하여 GXT 검사 시 트레이닝 효과를 방지하기 위해 피험자들을 임의 분배하였다. 또한 피험자들이 실험 전 24시간 동안 운동을 제한하였고 각 측정 간격은 최소 일주일 이상을 두고 실시하였다.

운동정지를 판정하는 조건으로 GXT 중에 호흡교환율 (Respiratory exchange ratio, R)이 1.15이상, 심박수가 예측심박수의 90%이상에 해당했을 경우, RPE 17이상 그 외 피험자가 운동중지를 요구했을 경우에 판정하였다.

각 운동부하방법에 따라 속도와 경사도, 운동 강도가 자동으로 조절되게 설정하였으며, RPE는 GXT protocols 이 단계가 바뀌는 시점 10초전에 측정하여 두 측정기간에 시작점과 종료 시점을 비교하였고, 혈중 젖산 농도 측정은 안정 시, 직후, 회복기 2분, 4분, 6분 10분에 실시하였다. 각 실험에서 피험자가 최대운동상태(all-out)에 도달하도록 격려 하였다.

2.3 운동부하 검사방법

본 실험에서 WT의 protocol 선정을 위해 ACSM[18], Jonathan 등[23]과 한국체육과학연구원에서 많이 사용되고 있는 프로토콜 중 경사도 5%이상에서 시작하는 프로토콜을 제외한 Balke-ware, Bruce, Naughton, K.S.S.I, Ramp protocol 중 1개를 선정하기 위해 5명의 대상자들에게 무작위순으로 Pilot Test를 실시한 후 운동지속시간이 너무 짧거나 너무 길지 않고 최대산소섭취량 값의 평

균값이 가장 높게 나타난 Balke-ware 프로토콜을 선정하였다. pilot test를 실시한 결과는 <Table 2>와 같다.

WT의 GXT 검사로 사용된 Balke-ware protocol은 2% 경사도에 3.3mph(5.3kph) 속도로 1분 동안 시작하여 매 1분마다 경사도는 1%씩 증가시키고 속도는 고정하여 All-out상태까지 운동을 실시하였다.

<Table 2> Result of wheelchair treadmill in pilot test GXT

M±SD		
Protocol	Number of subjects	VO ₂ max(ml/min/kg)
Balke-Ware	5	2968.20±473.14
Bruce		2524.60±327.07
Naughton		2753.80±495.11
K.S.S.I		2780.80±525.41
Ramp		2743.40±310.00

AE의 GXT 검사는 AE에 앉은 상태에서 AE의 크랭크축과 어깨를 일치시키고 팔 길이를 조절한 후 Åstrand의 점증부하 방법으로 1단계에서 0.5Kp로 시작하여 각 단계는 2분마다 0.5Kp씩 부하를 증가시켜 GXT 검사를 실시하였고 크랭크의 회전속도는 60rpm속도로 유지하여 유지할 수 없을 때까지 측정을 실시하였다. <Table 3>과 <Table 4>는 본 실험에서 사용한 WT과 AE의 protocol을 나타낸 것이다.

<Table 3> Wheelchair treadmill GXT protocol

Protocol	Stage	Time (min)	Speed in mph (kph)	Grade (%)
Balke-Ware	1	1	3.3(5.3)	2.0
	2	1	3.3(5.3)	3.0
	3	1	3.3(5.3)	4.0
	4	1	3.3(5.3)	5.0
	5	1	3.3(5.3)	6.0
	6	1	3.3(5.3)	7.0

<Table 4> Arm ergometer treadmill GXT protocol

Protocol	Stage	Time(min)	Speed in rpm	Kp
Åstrand	1	2	60	0.5
	2	2		1.0
	3	2		1.5
	4	2		2.0
	5	2		2.5
	6	2		3.0

2.4 측정변인

2.4.1 심폐기능 측정방법

심폐능력 지표는 WT과 AE를 실시할 때 호흡가스분석기를 이용하여 매 15초 간격으로 자동으로 측정하였고 무선심박수 측정기를 사용하여 호흡가스분석기에 측정된 심박수를 사용하였다. 심폐능력 측정 변인으로는 단위체중당 최대산소섭취량($\dot{V}O_2\max/\text{kg}$, ml/min/kg)값에 동일한 시각의 값으로 최대 산소섭취량($\dot{V}O_2\max$, ml/min), 호흡교환율(R, %), 그리고 최대심박수(HRmax, beats/min)를 산출하였다.

2.4.2 주관적 운동강도 측정방법

주관적운동강도(RPE)는 Borg Scale을 사용하여 매 단계마다 부하가 증가되는 시점 10초 전에 측정하였다.

2.4.3 혈중 젖산 측정방법

혈중 젖산분석은 YSI lactate analysis system을 사용하였으며, 운동 전, 직후, 회복 2분, 회복 4분, 회복 6분 간격으로 피험자의 손끝에서 사혈 침을 이용하여, 모세관으로 혈액을 옮긴 후, micro pipette을 사용하여 분석기로 분사 후 결과를 산출하였다.

2.5 자료처리

본 실험에서 얻어진 자료는 SPSS ver. 18.0 program을 이용하여 분석하였다. 각 측정 변인의 평균과 표준편차를 산출하였고, 2가지의 측정기기 간에 따른 최대산소섭취량, 호흡교환율, 최대심박수, RPE, 혈중 젖산농도의 차이를 분석하기 위하여 종속 t-test를 사용하였다. 모든 통계적 유의수준은 $p<.05$ 로 설정하였다.

3. 연구 결과

3.1 최대산소섭취량 결과

휠체어 농구 선수의 WT과 AE의 GXT 측정 시 최대 산소섭취량에 대한 평균과 표준 편차 및 유의한 차이가 있는지를 알아보기 위한 종속 t-test의 결과는 <Table 5>와 같이 WT GXT시 최대산소섭취량은 $2696.82\pm250.75\text{ml}/\text{min}$, AE GXT 시 최대산소섭취량은 $3104.36\pm537.10\text{ml}/\text{min}$ 으로 나타나 AE GXT에서 최대 산소섭취량 값이 더 높게

나타났으며, 두 측정기기 간에 최대산소섭취량의 유의수준이 .031으로 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

3.2 호흡교환율 결과

휠체어 농구 선수의 WT과 AE GXT 시 호흡교환율에 대한 평균과 표준편차 및 유의한 차이가 있는지를 알아보기 위한 결과는 <Table 5>과 같이 WT GXT시 호흡교환율은 $1.16\pm.07$, AE GXT 시 호흡교환율은 $0.93\pm.05$ 으로 나타나 WT GXT에서 호흡교환율 값이 더 높게 나타났으며, 두 측정기기 간에 호흡교환율의 유의수준이 .000으로 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

3.3 최대 심박수 결과

휠체어 농구 선수의 WT과 AE GXT 시 최대 심박수에 대한 평균과 표준편차 및 유의한 차이가 있는지 여부를 알아보기 위한 결과는 <Table 5>와 같이 WT GXT 시 최대 심박수는 $162.36\pm10.75\text{beats}/\text{min}$, AE GXT 시 최대 심박수는 $159.09\pm9.38\text{beats}/\text{min}$ 으로 나타나 WT GXT에서 최대 심박수 값이 더 높게 나타났으며, 두 측정기기 간에 최대 심박수의 유의수준이 .415로 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

<Table 5> Result of cardiorespiratory functional capacity

Variable	n	Result	t	df	p	
$\dot{V}O_2\max$ (ml/min)	WT	11	2696.82 ± 250.75	-2.51	10	.031
	AE	11	3104.36 ± 537.10			
R	WT	11	$1.16\pm.07$	8.141	10	.001
	AE	11	$.93\pm.05$			
HRmax (beat/min)	WT	11	162.36 ± 10.75	.850	10	.415
	AE	11	159.09 ± 9.38			

3.4 주관적 운동강도 결과

휠체어 농구 선수의 WT과 AE의 GXT 측정 시 RPE에 대한 시작점과 운동 종료 시점에서의 평균과 표준편차의 결과는 <Table 6>과 같이 WT GXT시 시작점과 종료점에서는 7.91 ± 1.30 과 18.27 ± 1.90 으로 각각 나타났으며, AE GXT 시 시작점과 종료점에서는 7.36 ± 1.03 과 $19.64\pm.51$ 으로 나타나 WT GXT에서 RPE 수준의 값이 시작점은 높게 나타났으나 종료 시점에서는 AE에서 더

높게 나타났다. 두 측정기기 간에 RPE의 유의수준은 시 작점에서는 .311로 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고 종료 시점에서는 .031로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

<Table 6> Result of start and end on RPE

Variable	n	Result		t	df	p
		Start	End			
WT	11	7.91±1.30	18.27±1.90	1.684	10	.311
AE	11	7.36±1.03	19.64±.51	-2.507	10	.031

3.5 혈중젖산 농도 결과

휠체어 농구 선수의 WT과 AE의 GXT 측정 시 혈중 젖산 농도에 대한 휴식기, 운동 직후, 회복기 2분, 4분, 6분, 10분의 평균과 표준편차 및 유의한 차이의 결과는 다음과 같다.

WT과 AE의 GXT시 휴식기에서는 <Table 7>과 같이 각각 1.33±.45mmol/l와 1.40±.31mmol/l로 AE에서 조금 높게 나타났으며, 두 측정기기 간에 혈중 젖산 농도의 유의수준은 .723으로 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

<Table 7> Result of blood lactate concentration

Variable	n	Result	t	df	p	
Resting	WT	11	1.33±.45	.365	10	.723
	AE	11	1.40±.31			
Post exercise	WT	11	5.94±1.02	.755	10	.468
	AE	11	6.25±.88			
Recovery 2min	WT	11	8.04±.92	-1.619	10	.137
	AE	11	7.32±1.26			
Recovery 4min	WT	11	7.72±1.05	-1.297	10	.224
	AE	11	7.32±1.26			
Recovery 6min	WT	11	7.91±1.97	-.774	10	.457
	AE	11	7.06±1.65			
Recovery 10min	WT	11	6.71±1.63	-1.603	10	.140
	AE	11	5.76±1.56			

4. 논의

본 연구는 휠체어 농구 선수의 WT과 AE의 GXT 측정 시 심폐기능과 RPE 및 혈중 젖산농도를 비교하여 WT과 AE의 생리적인 반응을 비교하기 위하여 실시하였다.

4.1 심폐기능

본 연구에서 휠체어트레드밀과 암 에르고미터의 GXT 측정 시 최대 산소섭취량에 대한 결과에서 암 에르고미터가 휠체어트레드밀보다 좀 더 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 이는 [24,25]의 연구의 결과와 유사한 것으로 휠체어 자세가 고관절과 슬관절의 완전굴곡에 의해서 다리로부터 골반부위로의 정맥환류가 더욱 제한되며, Balke-ware 프로토콜을 사용하여 휠체어 추진 시에 높은 경사도에서는 상체를 거의 움직일 수 없이 굽혀서 하는 형태를 유지하다보니 상체를 고정시키고 하는 암 에르고미터보다 근육의 수축되어 있는 시간이 더 길어 근 혈류의 장애로 정맥환류의 감소를 초래하고 그에 따라 박출량 감소의 영향을 나타낸다. 따라서 암 에르고미터의 GXT 측정 시 보다 최대 산소섭취량에서 낮게 나타난 것으로 사료된다. 또한 휠체어트레드밀과 암 에르고미터의 산소 운반능력 차이에서 휠체어트레드밀의 낮은 산소 운반능력에 상대적으로 높은 산소섭취량의 조합이 휠체어트레드밀이 암 에르고미터보다 기계적인 효율이 낮다는 연구[26,27,28,29,14]의 결과들과 유사하게 상대적으로 휠체어트레드밀이 암 에르고미터의 산소섭취량보다 낮은 것으로 사료된다.

휠체어 농구 선수의 휠체어트레드밀과 암 에르고미터의 GXT 시 호흡교환율에 대한 결과는 휠체어트레드밀 GXT에서 호흡교환율이 더 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 분당 소비된 산소량에 대한 분당 이산화탄소 배출량의 비율을 나타내는 호흡교환율이 휠체어트레드밀에서 운동부하에 따른 영향 때문으로 조금 높게 나타난 것으로 사료되며, 이는 [30]의 연구와 유사한 결과로 휠체어트레드밀에서 운동 수행 중 경사도가 올라가는 시점에서 유산소운동이 아닌 무산소 운동으로 전환하면서 ATP를 생성하기 위해 탄수화물 대사를 주로 사용하는 것으로 호흡교환율의 1.00 이상이 나타난 것으로 사료된다.

휠체어 농구 선수의 휠체어트레드밀과 암 에르고미터 GXT 시 최대심박수에 대한 결과는 휠체어트레드밀 GXT에서 최대 심박수 값이 더 높게 나타났으며, 두 측정기기 간에 최대 심박수가 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 [29,31,14,32]의 연구와 유사한 결과로서 최대 운동 시 심박출량은 휠체어트레드밀의 운동 시

에 경사도가 높아지면서 낮은 자세로 굽어 있는 상태의 휠체어를 밀어내는 추진 동작을 반복하면서 이러한 국소적 통제가 교감신경을 흥분시켜 심박수 변화를 초래하는 것으로 사료된다. 또한, 최대 산소섭취량과 단위체중당 최대 산소섭취량에 비하여 두 운동 형태 간의 차이 정도가 크지는 않지만, 휠체어트레드밀이 암 에르고미터의 운동에 비하여 산소 운반 능력과 조직에서의 실제 산화 능력이 저하된다고 할 수 있다. 이러한 현상은 실제 산소 소비량에 의한 것 보다는 경사도의 영향으로 더 높은 운동 강도가 팔 운동을 증가시키고 심장에 상당한 부담을 주어 심박수 증가에 의한 과한기로 사료된다.

4.2 자각적 운동 강도

휠체어 농구 선수의 WT와 AE의 GXT 측정 시 RPE에 대한 시작점과 운동 종료 시점에서의 결과는 WT GXT에서 RPE 수준의 값이 시작점은 높게 나타났으나 종료 시점에서는 암 에르고미터에서 더 높게 나타났다. 두 측정기기 간에 RPE의 유의수준은 시작점에서는 .311로 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고 종료 시점에서는 .031로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

이는 [33]의 연구에서 운동 강도를 자각하는 데에는 심박수, 호흡수, 체온 등의 생리적 요인이 영향을 준다는 결과와 유사한 결과로 휠체어트레드밀과 암 에르고미터의 GXT 측정 시작점에서 각각의 피험자가 느끼는 주관적 운동 강도에서 차이가 크게 영향을 미치지 않은 것으로 사료되며, 종료 점에서는 운동부하의 방법의 차이에서 오는 심리적인 요인이 각각의 프로토콜에 따른 운동 강도에 따라서 피험자가 느끼는 운동 강도가 휠체어트레드밀과 암 에르고미터의 각각의 운동 형태에 따른 주동근 사용의 차이로 인해 주관적 운동 강도에서 유의한 차이가 나타난 것으로 사료된다.

4.3 혈중젖산농도

휠체어 농구 선수의 휠체어트레드밀과 암 에르고미터의 GXT 측정 시 혈중 젖산 농도에 대한 안정 시, 운동 직후, 회복기 2분, 4분, 6분, 10분의 결과는 안정 시에서는 각각의 피험자의 당일 상태에 따라서 약간의 차이가 있는 것으로 사료되며, 운동직후에는 암 에르고미터에서 조금 높게 나타났다. 회복기 2분, 4분, 6분, 10분에서는 휠

체어트레드밀이 암 에르고미터보다 조금씩 높게 나타났으며, 이는 국부적인 운동에서 나타나는 것으로 사료되며, ACSM[18]에서 제시한 8mmol 이상의 차이보다는 낮은 것으로 [34]의 연구에서 긴 근육에 비해 짧은 근육의 더 큰 힘 발생 능력 감소는 액틴과 마이오신 상호작용이 많기 때문에 더 많은 ATP를 소모하는 것으로 제시한 결과와 유사하게 나타났다.

그 밖에 [5,12,35]의 연구에서 상체의 적은 근육량을 사용함으로써 상지 근 골격계의 조기피로를 유발한다는 결과와 유사한 것으로 암 에르고미터에서는 주로 상완삼두근, 전방삼각근, 대흉근을 사용하지만 휠체어트레드밀에서는 하지의 근육과 복근도 사용[36]하기 때문에 운동 직후에 암 에르고미터에서 휠체어트레드밀보다 적은 근육질량 사용이 운동 직후의 혈중 젖산 농도가 높은 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구의 목적은 휠체어 농구선수의 WT와 AE 운동 간의 심폐기능 및 RPE와 혈중 젖산농도를 비교하여 그 차이를 규명하는데 있다. 심폐기능의 지표로는 최대 산소섭취량, 호흡교환율, 그리고 최대심박수로 국한하여 측정·분석하였고 RPE와 혈중 젖산농도를 비교하였다. 본 연구의 대상은 비장애인 휠체어농구선수 11명으로 선정하였으며, 운동부하 방법으로 WT은 Balke-ware 점증부하 방법을 사용하였고, AE는 Åstrand 점증부하 방법을 사용하였다. 또한 WT과 AE의 운동 측정 시 최대 산소섭취량, 호흡교환율, 그리고 최대심박수, RPE, 혈중 젖산농도의 차이를 분석하기 위하여 중속 t-검증을 하였으며, 유의수준은 .05로 하였다. 이상의 실험을 통해 측정된 WT과 AE의 운동 시 심폐능력 및 젖산농도 RPE를 비교·분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 최대 산소섭취량은 WT와 AE 간의 유의수준이 .031으로 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, WT가 AE 보다 최대 산소섭취량이 낮은 경향을 보였다.

둘째, 호흡교환율은 WT와 AE 간의 유의수준이 .001으로 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, WT가 AE 보다 호흡교환율이 약간 높은 경향을 보였다.

셋째, 최대심박수는 WT와 AE 간의 유의수준이 .415로 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으나, WT가 AE 보다 최대심박수가 약간 높은 경향을 보였다.

넷째, RPE는 WT와 AE에서 시작점에서는 .311로 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 종료 점에서는 .031로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고 운동이 종료된 후 주관적 운동 강도가 AE에서 WT 보다 높게 나타났다.

다섯째, 혈중 젖산 농도는 WT와 AE에서 안정 시, 운동직후, 회복기 2분, 4분, 6분, 10분에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 운동직후 AE가 WT보다 조금 높게 나타났다.

따라서, 본 연구를 통해서 WT와 AE 운동 중 나타나는 생리적 변화를 분석해 봄으로써 운동 형태별 장단점을 파악함에 따라 지체장애인들의 운동 중 안정성, 운동적성 능력 및 향상 등에 기여할 수 있는 연구라고 판단된다. 하지만 피험자의 수가 적기 때문에 본 연구결과를 일반화하기 어려워 좀 더 명확한 실험 결과를 도출해 내기 위해서는 일반화 할 수 있는 적정의 피험자수를 대상으로 한 연구가 추후 이루어져야 하며, 트레이닝의 특수성의 원리에 맞게 각각의 피험자들에게 적절한 측정을 실시하기 위해 WT와 AE의 비교가 가능한 프로토콜에 관한 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] Ministry of Health and Welfare, "2008 Disabilities Investigation," Seoul: Ministry of Health and Welfare, Policy reports, pp. 2009-2016, 2008.
- [2] Korea Employment Agency for the Disabled Job Satisfaction of Workers with Disabilities, "A study on the work satisfaction of disabled workers," Seongnam: Korea Employment Agency for the Disabled Job Satisfaction of Workers with Disabilities Employment Development Institute, Policy Development, 2009.
- [3] G. Y. Kim, "The Relationship between Socialization Factors and Participation in Mass Sports of the Physically Handicapped," *Journal of Sport and Leisure Studies*, Vol. 8. No. 1, pp. 317-334, 1997.
- [4] Rimmer, J. H., Braddock, D., & Pitetti, K. H. "Research on physical activity and disability: An Emerging national priority," *Medicine and rehabilitation*, Vol. 80, pp. 506-592, 1996.
- [5] Van der Woude, L. H., van Croonenborg, J. J., Wolff, I., Dallmeijer, A. J., and Hollander, A. P., "Physical work capacity after 7 weeks of wheelchair training effect of intensity in able-bodied subjects," *Medicine and Science Sports and Exercise*, Vol. 31, No. 2, pp. 331-341, 1999.
- [6] Pandolf, K. B., Billings, D. S., Drolet, L. L., Pimental, N. A., Sawka, M. N., "Differentiated ratings of perceived exertion and various physiological responses during prolonged upper and lower body exercise," *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 53, pp. 5-11, 1984.
- [7] Robertson, R., Caspersen, C., Allison, T. G., & Mets, K., "Differentiated perceptions of exertion and energy cost of young and women while carrying loads," *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 44, pp. 69-78, 1982.
- [8] G. D. Kim, G. Y. Kim, E. J. Kim, "Effects of Low and Moderate Intensity Treadmill Exercise on Functional Recovery and Histological Changes After Spinal Cord Injury in the Rats," *Physical Therapy Korea*, Vol 16, No. 2, pp. 41-49, 2009.
- [9] S. G. Choi, "The Effects of Wheelchair Basketball Training on Hormones and Lipoproteins in Spinal Cord Injured Men," *Korean journal of physical education*, Vol. 33. No. 3, pp. 310-322, 1994.
- [10] Glaser, R. M., Foley, D. M., Sawka, M. N., Brune, M. F. & Wilde, S. W., "Physiological responses to maximal effort on wheelchair and on armcrank ergometry," *Journal of Applied Physiology*, Vol. 48, No. 6, pp. 1060-1064, 1980.
- [11] Glaser, R. M., Foley, D. M., Laubach, L. L., Sawka, M. N. & Suryaprasad, A. G., "An exercise test to evaluate fitness for wheelchair activity," *Paraplegia*, Vol. 16, No. 4, pp. 341-349, 1979.
- [12] Martel, G., Noreau, L. & Jobin, J., "Physiological responses to maximal exercise in arm cranking and wheelchair," *Paraplegia*, Vol. 29, No. 7, pp. 447-456,

- 1991.
- [13] Whiting, T.B., Dreisinger, T.E. & Hayden, C.R, "Wheelchair exercise testing: comparison of continuous and discontinuous exercise," *Paraplegia*, Vol. 22, No. 2, pp. 92-98, 1984.
- [14] Wicks, J. R., Sutton, J. R., Oldridge, N. B. & Jones, N. L, "Comparison of the electrocardiographic changes induced by maximum exercise testing with treadmill and cycle ergometer," *Circulation*, Vol. 57, No. 6, pp. 1066-1070, 1978.
- [15] K. J. Kim, "Analysis of the Detailed Physiological Capacity with the Graded Maximal Testing in Athletes," *The Korean Journal of Sports Medicine*, Vol. 17. No. 1, pp. 115-123, 1999.
- [16] Veeger, H.E.J., Yahned, L. H. & Rozendal, R.H, "Within-cycle characteristics of the wheelchair push in sprinting on a wheelchair ergometer," *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 23, No, 10, pp. 1201-1209, 1991.
- [17] Gayle, G. W., Pohlman, R. L., Glaser, R. M. & Davis, G. M, "Cardiorespiratory and perceptual responses to arm crank and wheelchair exercise using various handrims in male paraplegics," *Research Quarterly Exercise Sport*, Vol. 61, No. 3, pp. 224-232, 1990.
- [18] American College of Sports Medicine, "ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (8th ed.)," Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2009.
- [19] Pollock, M. L., Wilmore, J. H., Fox, S. M, "Exercise in Health and Disease: Evaluation and Prescription for prevention and Rehabilitation (2nd ed.)," Philadelphia: W. B. Saunders, 1990.
- [20] Myers, J., Buchanan, N., Walsh, D, "Comparison of the ramp versus standard exercise protocols," *Journal of American College of Cardiology*, Vol. 17, No. 6, pp. 42-134, 1991.
- [21] Hambrecht, B. P., Schuler, G. C., Muth, T, "Greater diagnostic sensitivity of treadmill versus cycle exercise testing of asymptomatic men with coronary artery disease," *Journal of American College of Cardiology*, Vol. 70, pp. 141-146, 1992.
- [22] Franklin, B. A, "Exercise testing, training and arm ergometry," *Sports Medicine*, Vol. 2, No. 2, pp. 100-119, 1985.
- [23] Jonathan, K. E., Paul, M. G., Paul, S. V., Steven, J. K, "Clinical exercise physiology (2nd ed.). Champaign," Illinois: Human Kinetics Books, 2009.
- [24] MacDougall, J. D., Wenger, H. A., Green, H. J, "Physiological testing of the Elite athlete," *Canadian Journal of Applied sports Science*, Vol. 9, pp. 209-213, 1992.
- [25] Shephard, R. J, "Fitness in special populations," Champaign, Illinois: Human Kinetics Books, 1990.
- [26] Dallmeijer, A. J., Zentgraaff, I. D., Zijp, N. I., van der Woude, L. H, "Submaximal physical strain and peak performance in handcycling versus handrim wheelchair propulsion," *Spinal Cord*, Vol. 42, No. 2, pp. 91-98, 2004.
- [27] Glaser, R. M, "Arm exercise training for wheelchair users," *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 21, No. 5, pp. 149-155, 1989.
- [28] Hartung, G. H., Lally, D. A., Blancq, R. J, "Comparison of treadmill exercise testing protocols for wheelchair users," *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 66, No. 4, pp. 362-365, 1993.
- [29] Martel, G., Noreau, L. & Jobin, J, "Physiological responses to maximal exercise in arm cranking and wheelchair," *Paraplegia*, Vol. 29, No. 7, pp. 447-456, 1991.
- [30] Keun-Ok An, "Respiratory Exchange Ratio, Concentration of Blood Lactate and Ratings of Perceived Exertion as Criterion for Verification of Maximal Exercise," master's thesis, Graduate School of Dankook University, 2002.
- [31] Gass, E. M., Harvey, L. A., Gass, G. C, "Maximal physiological responses during arm cranking and treadmill wheelchair propulsion in t4-t6 paraplegic men. *Paraplegia*, Vol. 33, No. 5, pp. 267-270, 1995.
- [32] Sang-Woo Hwang, "A Study on the Difference of Treadmill and Cycle Ergometer in Cardiorespiratory Capacity," master's thesis, Graduate School of Konkuk University, 2008.

- [33] M. Y. Kim, "Ratings of Perceived Exertion during Exercise Stress Test," The Korean Journal of Sports Medicine, Vol. 16. No. 1, pp. 107-112, 1998.
- [34] Fitch, S., and McComas, A, "Influence of human muscle length on fatigue," Journal of Applied Physiology, Vol. 362, pp. 205-213, 1985.
- [35] Sawka, M. N., Foley, M. E., Pimental, N. A., Toner, M. M., Pandolf, K. B, "Determination of maximal aerobic power during upper-body exercise," Journal of Applied Physiology: Environmental Exercise Physiology, Vol. 54, No. 1, pp. 113-117, 1983.
- [36] Y. S. Chung, C. H. Shin, "Responses to Cardiorespiratory Function and Upper Body Muscle fatigue during Maximal Arm Ergometer Exercise in Wheelchair Basketball Players," Korean journal of physical education, Vol. 40. No. 1, pp. 409-419, 2001.
- [37] S. G. Back, "Effects of Using Prop for Convergence Pilates Met Exercise on the Immunoglobulin in Middle-aged Women", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 6, No. 5, pp. 329-336, 2015.
- [38] H. K. Lee, E. H Shin, Y. K. Kim, "Converged Influencing Factors on the Stages of Change of Exercise in Middle Aged Women", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 6, No. 5, pp. 187-197, 2015.

김 종 혁(Kim, Jong Hyuck)



- 1999년 2월 : 한양대학교 경기지도과 (체육학사)
- 2001년 2월 : 한양대학교 생활스포츠학과(체육학석사)
- E-Mail : jhkim4170@hanmail.net

장 홍 영(Jang, Hong Young)



- 2008년 2월 : 성결대학교 체육교육과 (교육학사)
- 2010년 8월 : 용인대학교 특수체육교육과(교육학석사)
- 2016년 2월 : 용인대학교 체육학과 (체육학박사)
- 2016년 8월 : 성결대학교 사회복지학과(박사수료)
- 2016년 9월 ~ 현재 : 성결대학교 체육교육학과 겸임교수
- 관심분야 : 특수체육, 운동생리학, 스포츠재활, 스포츠복지
- E-Mail : jhy@sungkyul.ac.kr