<응용기술논문> ISSN 2288-3991(Online)

승마 시뮬레이터를 이용한 운동 시 에너지 소모량 추정에 관한 연구

박성빈* · 형준호* · 김사엽*† · 정경렬*
* 한국생산기술연구원 웰니스융합연구그룹

A study on Estimation of Energy Expenditure using Horseback Riding Simulator

Seongbin Park*, Chun-ho Hyeong*, Sayup Kim*† and Kyung-Ryul Chung*
* Wellness Technology R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology

(Received November 26, 2013 ; Revised December 26, 2013 ; Accepted December 26, 2013)

Key Words: Horseback Riding Simulator(승마 시뮬레이터), Energy Expenditure(에너지 소모량), Respiratory Gas Analysis(호흡가스분석), Healthcare(건강관리)

초록: 승마 시뮬레이터는 승마동작을 모사하여 실내에서 신체활동을 수행하기 위한 운동기구이다. 본 연구는 승마 시뮬레이터를 이용한 운동 시 소모되는 에너지 추정에 관한 연구이다. 실험은 총 9개의 동작으로 구분된 승마 동작에 대해 운동부하를 1분 단위로 변화시켜 총 25분 동안 운동을 수행하도록 설계하였으며, 호흡가스측정을 통해 에너지소모량을 수집하였다. 그 결과 신체조건에 따라 각 동작별 에너지소모량에 유의한 차이가 있음을 확인하였다. 이를 통해 사용자의 생체정보 측정 없이 신체정보만을 활용한 승마운동의 에너지소모량 추정방법을 개발하였다. 연구결과는 승마 시뮬레이터를 이용한 운동 시 동작의 변화와 주행시간, 성별, 연령을 이용하여 실시간 에너지소모량의 계산이 가능해질 것이다.

Abstract: The horseback riding simulator, an exercise training machine providing a simplified horse riding motion has been developed for aiming at healthcare. The purpose of this study was to estimate the energy expenditure without measuring bio-signals using the simulator. The test protocol was consisted of increase up to maximal intensity(Motion 9) and decrease down to minimal intensity(Motion 4) during 25 minutes, and energy expenditure was measured by portable cardiopulmonary exercise testing analyzer. There were significant differences in energy expenditure according to each riding motion. The result will be able to estimate energy expenditure using motion level, exercise time, age and gender during the riding.

1. 서 론

건강에 대한 관심증가와 함께 게임과 운동을 동시에 즐길 수 있는 운동기구가 생활형 가전제품으로 관심이 높아지고 있으며, 정량적인 운동효과를 제시해주는 운동콘텐츠에 대한 니즈 또한 크게 확산되고 있다. 특히 IT기술과의 융합을 통해 실시간 운동 효과에 대한 피드백이 가능해지고, 사용자의 신체정보를 반영한 정량적인 운동효과 정보를 제시하는 운동기구에 대해 높은 기대를 보이고 있다. 승마운동은 다변적인 운동 강도가 요구되는 운동으로서 말의 걷는 유형이나 말을 타고 있는 사람의 기승 자세에 따라서 에너지소모량이 다르게 나타날 수 있다. 승마 운동에 의한 운동량은 말의 보행 시 그 보행의 속도에 의해 예측될 수 있으며, 보행 속도에 따라 안정 시 대사량의 2.5~8.0배에 이르는 에너지 소모량의 변화가 나타나는 것으로 알려져 있다.(1)

선행 연구들을 살펴보면, 승마운동에 관하여 심박수 및 산소 섭취량에 대한 상관관계를 분석하여 승마 동작인 평보, 속보, 구보에 대한 에너지소모량을 산출하거나,(2) 승마 운동 시 에너지소모량 변화를 분

† Corresponding Author, sayub@kitech.re.kr
Ⓒ 2013 The Korean Society of Mechanical Engineers

석하였다.[3] 또한 실제 말 대신 승마시뮬레이터를 이용하여 동작별 에너지소모량의 변화를 관찰하는 연구가 수행되었으며,[4] 특히 에너지 소모량을 측정하기 위한 연구는 이미 다양한 측정장비를 통해 시도되었다. 에너지 소모량을 측정하기 위해 사용되는 호흡가스 분석의 경우 운동 및 기타 활동 중에 실시하는 호흡가스의 측정을 통해 다양한 변인들의 현황을 분석할 수 있다.[5~8] 그리고 심박수 측정을 통해 에너지소모량 산출이 가능한 제품이 이미 일반적으로 활용되고 있으며(Polar Electro, Finland), 개인별 차이와 주위 환경에 대한 차이를 보정하기 위해 심박 이외에 다른 SDM(speed distance monitor) 장치와 병행하여 에너지소모량을 추정하는데 사용되기도 한다.[9~11] 또한 온도센서를 이용하여 체온의 변화를 측정하거나, 가속도계 센서와의 연계를 통해 에너지소모량 측정이 가능하다(Bodymedia Inc, USA). 이를 통해 어린이들의 인체 치수별 에너지소모량을 평가하거나[12] 신체 부위별로 가속도 센서를 부착하고 스텝수를 산출하여 에너지소모량을 추정한 연구도 보고되었다.[13,14]

본 연구에서는 다양한 운동 형태를 포함하고 있는 승마 시뮬레이터 운동에 대해 사용자의 생체정보를 직접적으로 측정하지 않고도 정량적인 에너지소모량 추정이 가능하도록 승마를 모티브로 제작된 운동기구를 이용하여 임상정보를 측정하고 이를 분석하는 연구를 수행하였다.

2. 연구방법

20~40대 남 · 여에 대해 성별, 연령대에 따라 15명 내외로 척추질환 또는 심각한 건강상태의 이상이 없는 신체 건강한 자를 대상으로 84명의 모집단을 선정하였다(Table 1). 모든 피실험자는 평균 6시간 이상의 수면을 취하였으며, 특히 실험에 참가하기 전날의 음주는 금하였으며 카페인의 경우 섭취 후 최소 2시간 이상이 경과한 후 실험에 참가하도록 하였다.

승마 시뮬레이터는 승마의 실감 동작 생성을 위한 4자유도 기반 메커니즘과 실감 모사 동작 기술을 이용하여 개발된 것으로 3D 영상 연동형 체감 동작 생성이 가능하도록 개발되었다(Fig. 1).[15]

Table 1 Physical characteristics of the subjects

age	gender	n	Average+S.D		
			age	weight(kg)	height(cm)
20s	Male	13	26.1 ± 2.26	71.8 ± 9.59	178.3 ± 5.42
	Female	15	22.3 ± 2.85	57.8 ± 9.64	160.5 ± 3.87
30s	Male	15	34.5 ± 3.09	72.7 ± 3.09	173.2 ± 5.53
	Female	15	35.8 ± 2.73	53.7 ± 4.15	158.7 ± 6.83
40s	Male	14	45.33 ± 2.92	69.2 ± 7.61	171.9 ± 2.97
	Female	12	48.0 ± 1.56	57.5 ± 7.26	158.9 ± 4.50

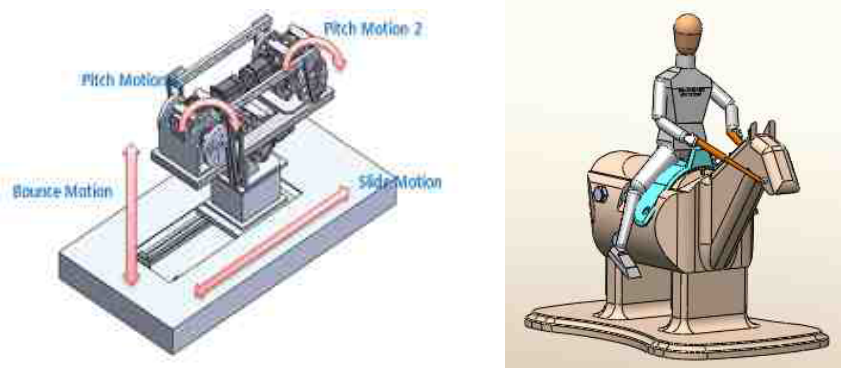

Fig. 1 Horseback riding simulator

승마 시뮬레이터는 실제 말의 동작을 크게 평보, 속보, 구보의 3개 동작으로 구분하였고, 3개의 동작을 추가로 3개의 단계로 세분하여 총 9개의 동작으로 구성되어 있다. 실험은 승마시뮬레이터를 이용한 운동에 대해 1분 단위로 동작에 변화를 주도록 설계하였다. 이때, 약 3분 동안 평보인 1~3단계까지 준비운동(warm-up)을 실시하였으며, 4단계부터 9단계까지 속도가 1분씩 증가하도록 동작을 설정하였다(A 구간). 최고 속도인 9단계까지 도달 후 속보의 1단계에 해당하는 4단계까지 다시 1분씩 속도를 감소하도록 설정하였으며(B 구간), 4단계에 도달한 후 다시 9단계까지 속도가 증가하고(C 구간) 다시 감소는(D 구간) 인터벌 형태로 설정하였다. 자세한 실험 프로토콜은 Fig. 2에 나타나 있다.

측정도구는 무선 호흡가스 분석기(K4b2, Cosmed, Italy)를 사용하였으며, 총 실험 시간은 25분으로 선정하였으며, 이는 기초 실험을 통해 피검자의 근골격계에 무리가 가하지 않는 수준을 얻은 것이다. 분석은 각 동작별 에너지소모량 평균을 비교하고, 연령대별 에너지소모량과의 차이를 검증하였으며, 체격요인과 에너지 소모량과의 상관관계를 분석하였다. 통계 분석은 PASW Statistics 18(구. SPSS)를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

승마 시뮬레이터의 동작 속도 변화와 에너지소모량과의 관계를 분석한 결과 상호간에 양의 상관관계가 있음을 가시적으로 확인하였다(Fig 3). 통계적 검증을 위해 상관분석을 실시한 결과 동작에 따른 에너지소모량과의 상관관계는 0.942(p-value < 0.001) 로서 매우 높은 상관관계가 나타났다.

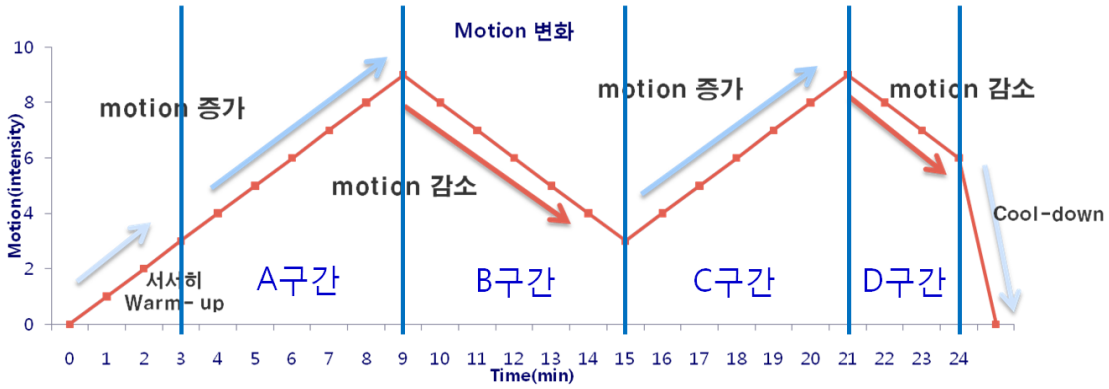

Fig. 2 Experimental design

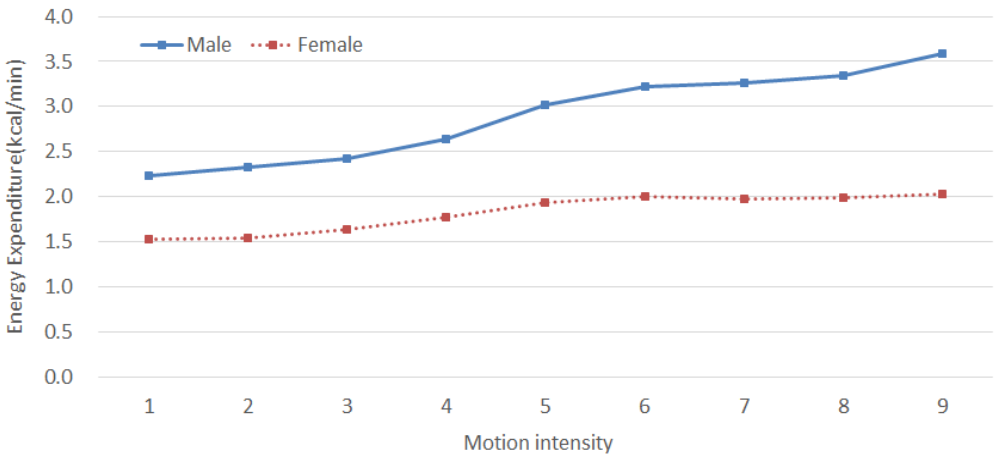

Fig. 3 Average energy expenditure of each motion intensity

Table 3 Correlation analysis between energy expenditure and anthropometric data

	weight	height	gender
Energy expenditure	0.687	0.679	0.666
p-value	< 0.05	< 0.05	< 0.05

Table 4 Comparison of energy expenditure for each motion intensity during increase and decrease period

	Male					Female				
period	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
A - B	0.049	0.05	0.209	0.389	0.08	0.155	0.115	0.138	0.151	0.134
A - D			0.457*	0.620*	0.189			0.008	0.280*	0.041
C - B	0.28	0.285	0.076	0.05	0.368	0.092	0.008	0.008	0.201	0.167
C - D			0.173	0.281	0.099			0.138	0.072	0.074

* : p<0.05

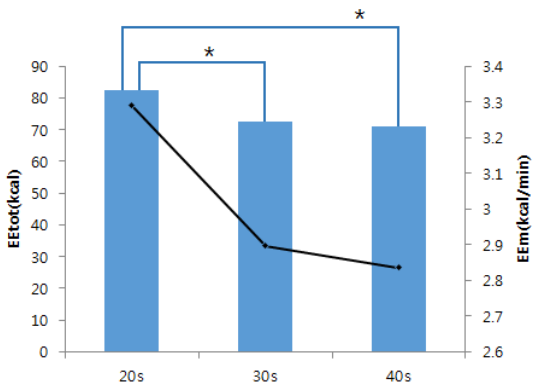

Fig. 4 Comparison of total energy expenditure in each age for male (* : p<0.05)

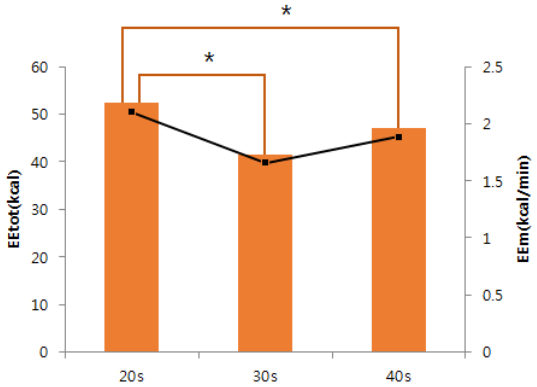

Fig. 5 A comparison between the total energy expenditure for each female age group (* : p<0.05)

체격요인과 에너지소모량간의 상관관계를 분석하기 위해 평균 에너지소모량 대비 체중, 신장, 성별간의 상관관계를 비교하였다(Table 3). 그 결과 체중>신장>성별의 순으로 상관관계가 높게 나타났으나 그 차이는 크지 않았다.

연령대 변화에 따른 에너지소모량에 대한 차이를 비교하기 위해 연령별 총 에너지소모량을 분석하였다. 남성의 경우 모두 20대의 경우 30~40대와 차이가 나타났으나 30대와 40대 간에는 차이가 나타나지 않았다(Fig 4). 여성 역시 남성과 동일한 결과를 확인하였다(Fig 5). 이는 남녀 모두 20대와 그 외 연령대에 대해 서로 다른 에너지소모량 추정 및 평가에 대한 기준이 마련되어야 함을 의미한다.

동일 승마동작 속도에 대해 속도 증가 시와 감소 시의 에너지소모량 차이를 확인하기 위해 증가구간(A, C)과 감소구간(B, D)에 대한 차이를 분석하였다(Table 4). 1~3 단계의 경우 준비운동과 정리 운동에 속하기 때문에 별도로 비교하지 않았으며, 9단계의 경우 비교가 불가하기 때문에 A, B, C구간 간의 비교는 4~8단계를 비교하였으며, 마지막 구간인 D구간의 경우 6~8단계에 대한 비교만 실시하였다. A구간의 경우 B구간과 비교한 결과 모든 단계에서 에너지소모량에 대한 차이가 없음을 확인하였다. 하지만 D구간의 경우 남성은 6, 7단계, 여성은 7단계에서 유의한 차이가 있음이 나타났다. 이는 회복기를 거치는

Table 5 Average energy expenditure according to motion intensity, gender and age

Motion		1	2	3	4	5	6	7	8	9
male	20s	0.0328	0.0347	0.0360	0.0387	0.0454	0.0491	0.0495	0.0537	0.0574
	30s	0.0303	0.0318	0.0325	0.0359	0.0412	0.0434	0.0424	0.0442	0.0456
	40s	0.0310	0.0317	0.0338	0.0365	0.0403	0.0431	0.0453	0.0470	0.0482
female	20s	0.0271	0.0280	0.0301	0.0332	0.0380	0.0402	0.0380	0.0385	0.0382
	30s	0.0270	0.0269	0.0273	0.0298	0.0318	0.0326	0.0316	0.0328	0.0329
	40s	0.0270	0.0270	0.0291	0.0312	0.0324	0.0336	0.0349	0.0362	0.0364

unit : kcal/min/kg

경우 에너지소모량의 차이가 있을 수 있음을 의미한다. C구간의 경우 B, D구간과 비교한 결과 모든 단계에서 에너지소모량에 대한 차이가 없음을 확인하였다. 그 결과 동일 동작 속도에 대해서는 이전 상황을 고려하지 않고 동일한 에너지 소모량 추정 방법을 적용하더라도 유의한 차이가 없을 것으로 기대된다.

성별과 연령대에 따른 그룹별 에너지소모량에 대한 결과를 실제 승마 운동에 반영하기 위해서는 시스템 내에 탑재 가능한 형태로 가공되어야 할 것이다. 시스템은 실제 운동을 수행하기 전 사용자의 성별과 연령, 체중을 입력받고, 사용자가 운동을 수행할 경우 사용자가 지시하는 동작 속도를 읽고 사용자의 신체정보에 맞는 에너지소모량을 계산할 수 있을 것이다. 에너지소모량은 체중뿐만 아니라 신장과의 상관관계도 높게 나타났지만, 체중과 신장을 동시에 고려할 경우 매우 복잡한 계산이 요구되기 때문에 본 연구에서는 성별과 연령, 체중만을 고려한 에너지소모량 테이블을 제공하였다(Table 5). 이를 이용하여 사용자의 신체정보를 반영한 에너지소모량의 추정이 가능해질 것이다.

4. 결 론

본 연구는 승마 시뮬레이터를 이용한 운동에 따른 에너지소모량 추정에 관한 연구이다. 승마운동의 속도 변화에 따라 구분된 9개의 승마 동작에 대해 호흡가스분석을 실시하여 승마 운동 시 에너지소모량을 측정하였다. 이는 승마운동 시 에너지 소모량을 측정하기 위해 사용되는 심박수 측정, 호흡가스측정 등의 생체정보 측정을 실시하지 않고 간편하게 연령, 성별, 체중, 신장 등 기초 신체정보만으로 추정이 가능하게하기 위해 에너지 소모량과 신체정보 간 상관관계를 분석하였다. 그 결과 승마 시뮬레이터를 이용한 운동에 대해 사용자의 신체정보 입력만으로도 정확한 에너지 소모량의 실시간 추정이 가능할 것이며, 이를 통해 다양한 운동 콘텐츠 개발이 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

(1) Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Montoye, H. J., Sallis, J. F. and Paffenbarger, R. S., 1993, ”Compendium of Physical Activities: Classification of Energy Costs of Human Physical Activities,” *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 25, No. 1, pp. 71~81.

(2) Westering, D., 1983, “A Study of Physical Demands in Riding,” *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* , Vol. 50, pp. 373~382,.

(3) Devienne, M. F. and Guezennec, C. Y., 2000, “Energy Expenditure of Horse Riding,” *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, Vol. 82, pp. 499~503.

(4) Sung, B. J., Chung, D. S., Kim, B. H., Back, J. H., Ko, B. G. and Lee, E. J., 2004, “The Change of

HR, VO2, VE, MET and Calory Expenditure in Horseback-Riding Simulator`s Walking Types," *Korea Journal of Sport Science*, Vol. 15, No. 1, pp. 1~13.

(5) Twaddle, B. J. and Papadopoulos, C., 2005, "Assessment of the Kb1-c Portable Metabolic Measurement System During Submaximal Cycle and Treadmill Exercise," *Medicine & Science in Sports & Exercise,* Vol. 37, Supplement, S25-S26.

(6) Gore, C. J., Clark, R. J., Shipp, N. J., Van Der Ploeg, G. E. and Withers, R. T., 2003, "CPX/D Underestimates VO(2) in Athletes Compared with an Automated Douglas Bag System," *Medicine and Science in Sports and Exercise,* Vol. 35, No. 8, pp. 1341~1347.

(7) Keller, D. M., Parcell, A. C., Hoyt, G., Vehrs, P. R., Orr, J. and Nelson, C., 2002, "Validity of a Portable Device to Measure VO2," *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 34, Supplement, S149.

(8) Souza, F. de B., Pacheco, M. T. T., Strottmann, I. B., Teixeira, C. G. P., Fortes, C. E. A., Lyon, J. P., Moreira, L. M. and Osório, R. A. L., 2008, " 'Metabolic and Cardiorespiratory Parameter Analysis of Young Female Adults During Horseback Riding at a Walking Gait," *Isokinetics and Exercise Science*, Vol. 16, No. 4, pp. 263-267.

(9) Chung, K. R., Park, S. B., Kim, S. Y. and Park, G. D., 2011, "Real-Time Exercise Load Control Using Heart Rate Response During Exercise on a Stationary Bicycle," Procedia Engineering, Vol. 13, pp. 322-327.

(10) Trowbridge, E. A. Cotterill, J. V. and Crofts, C. E., 1995, "The Physical Demands of Riding in National Hunt Races," *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* , Vol. 70, pp. 66-69.

(11) Al-Ahmad, A., Homer, M. and Wang, P, 2004, "Accuracy and Utility of Multi-Sensor Armband ECG Signal Compared With Holter Monitoring," Cardiac Arrhythmia Service, Stanford University Medical Center, Stanford, CA. New Arrhythmia Technologies Retreat in Chicago, IL.

(12) Andreacci, J. L., Dixon, C. B. and McConnell, T. R., 2006, "Validation of SenseWear Armband to Assess Energy Expenditure in Children Ranging in Body Size," *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 38, Supplement, S255.

(13) Hanby, C. L., Matthews, C. E., FACSM and Chen, K., 2005, "Counting Steps With Four Physical Activity Monitors," *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 37, Supplement, S117.

(14) King, G. A., Deemer, S. E., Franco, B. M., Potter, C. and Coleman, K. J., 2005. "Comparison of Activity Monitors to Estimate Energy Cost of Treadmill Exercise," *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 36, No. 7, pp. 1244-1251.

(15) Song, C. D. and Ko, K., 2011, "4-Way Riding Eperience Certificate Lineup Induction Rayideubot," KR-A-10-2011-0037167.