

Treadmill을 이용한 단시간 전신운동이 반응시간과 정신적 작업에 미치는 영향

김 정 만

경일대학교 산업시스템공학부

(2001. 10. 10. 접수 / 2001. 12. 13. 채택)

The Influences of Whole-body Activity on Reaction Time and Mental Work Using Treadmill-equipped Instrument

Jeong-Man Kim

Department of Industrial Systems Engineering, Kyungil University

(Received October 10, 2001 / Accepted December 13, 2001)

Abstract : This paper examines the effects on human reaction time and mental fatigue of changes in the intensity of physical activity. A treadmill-equipped instrument and perception tester were used to attain several levels of physical activity. In this paper, in order to determine the individual levels of physical activity of subjects, Borg-RPE scale, Heart Rate(HR) and Respiratory Quotient(RQ) were used. Also, a reaction test in whole-body activity on treadmill-equipped instrument and an addition test as an indicator of mental fatigue were performed. In the above experiments, the scores obtained in addition test administered before and after physical activity at each intensity level used. Restricted within the limits of this paper, the results of these tests showed that mental fatigue decreased after physical activity.

Key Words : Borg-RPE, heart rate(HR), respiratory quotient(RQ), addition tests, reaction time, percent-errors

1. 서 론

동적 근력작업의 많은 부분이 기계화됨에 따라 상대적으로 정신적 작업의 비중이 높아지고 있다. 그러나 모든 동적 근력작업이 기계로 전환되는 것은 아니다. 특히 의료, 복지 및 산업현장의 일부 등의 많은 부분에서 인간의 동적 근력작업에 의존하고 있는 실정인데, 이들 분야에서는 작업주체인 인간의 근육 피로에 수반되는 정신적 피로에 따라 사고의 위험성이 상존하고 있다. 또한 어떤 분야에서는 높은 강도의 동적 근력작업에 병행하여 대소의 정신적 작업이 요구되는 경우가 있는데, 인간은 신체적 활동에 육체적 피로가 수반되면 휴식을 통해 피로를 회복하고자 속성을 지니고 있다. 그러나 육체적 작업 도중 피로가 쌓여도 휴식을 취하는 것이 항상 가능한 것은 아니다. 즉, 생체리듬이 나쁜 때

에도 작업을 속행하지 않으면 안 되는 경우도 일상에서 자주 경험할 수 있는데 이러한 상태에서 육체적, 정신적인 위험이 수반될 수 있다.

이와 관련하여, Asmussen 등¹⁾은 실험을 통해, 반복작업 시나 휴식기에 피로도가 높게 되어 휴식 후의 정신적 부하가 상대적으로 증가한다고 보고하고 있다. 이들의 실험은 비교적 가벼운 육체적 작업을 대상으로 한 것이지만, 산업현장 등에서의 같이 고강도의 동적 근력작업이 요구되는 全身的인 작업의 경우에 동적 근력작업이 정신적 피로에 미치는 영향에 관한 보고²⁻⁴⁾도 있다.

中永 등⁵⁾은 60~120분간의 보행운동 등을 통해 운동 전후의 플리커치에 차가 있다고 보고하고 있으며, 또한 宮内⁶⁾ 등은 각종 운동 전후의 플리커치의 변화를 측정하였는데, 그 결과 수영에서는 플리커치의 증가가 유의하였지만 스포츠 댄스에서는 증가하지 않았다고 설명하고 있다. 이들의 연구는 정신적 피로의 정도가 육체적 활동에 의해 영향을 받

jemakim@bear.kyungil.ac.kr

는다는 점을 시사하고 있다. 그러나, 이들 연구간에서 육체적 활동에 따른 정신적 피로의 정도는 일정한 경향을 나타내지 않는다.

이들의 보고에 의하면, 각각의 연구에서 육체적 활동의 종류는 다르지만 그러한 육체적 활동을 모든 피험자에 대해서 동일한 운동량으로, 동일한 시간동안 부과하였다는 문제점이 있다. 즉, 각 피험자의 체력의 개인차를 고려할 때, 어느 피험자에게는筋의 피로가 수반될 수 있는 운동량이어도 또 다른 피험자에게는 근적 피로를 수반할 만큼 충분한 운동량이 아님을 감안하지 않은 것이다.

여기에서, Yamamoto 등⁷⁾은 위와 같은 문제점을 감안하여 자전거 에르고메터를 이용한 60분간의 자전거구동운동 후의 덧셈작업을 행한 결과, AT(Aerobic Threshold)를 기준으로 한 3단계의 운동강도를 설정하여, AT보다 낮은 운동강도에서는 운동전보다도 운동후가, AT에서는 운동전이 오답률이 낮으며, AT보다 높은 운동강도에서는 운동전 후의 오답률에 유의한 차가 나타나지 않았다고 보고하고 있다.

그러나, Yamamoto 등의 연구에서 택한 대상 운동은 전신운동이라기보다는 상지보다 하지의 사용이 주가 되는 구동운동으로서 비교적 장시간에 걸쳐 가능한 것이어서 일반적으로 육체적 피로에 수반하여 정신적 피로가 커진다는 특성이 있다. 따라서 본 연구에서는 비교적 단시간에 걸치는 강도 높은 전신운동으로서 treadmill을 이용한 달리기를 택하여, 운동 중의 육체적 피로와 정신적 피로의 관계가 Yamamoto 등의 연구에서와 다를 수 있다는 점을 감안하였으며, 아울러 이러한 단시간의 강도 높은 전신운동 중 운동강도의 변화에 대응하는 특정 자극에 대한 반응시간도 구하였다.

2. 실험방법 및 절차

2.1. 피험자 구성

피험자는 골관절 질환, 심질환, 호흡기계 질환 및 정신신경계의 질환이 없는 건강한 19세의 남자 대학생 6명으로 하였는데 이들의 신체적 특성은 Table 1

Table 1. Composition of subject

	LSH	YSW	KDH	SYS	LDW	KHU
신장	172	178	172	175	170	177
체중	54.4	67.4	83.2	67.5	74.5	68.7

과 같다.

이제, 피험자에게는 실험 전에 실험목적, 실험내용 및 실험의 위험성에 관해서 충분히 설명하고 실험참가에 대한 이해를 구하였다.

2.2. 실험장치 및 각종 생리·심리적도

먼저, 동적 근력활동으로서는 treadmill을 이용한 운동부하검사로 정하였으며, 이러한 근력활동에 관련된 각종 생리적 스트레인을 평가하기 위해서는 운동부하검사장비인 QMC(Quinton U.S.A)를 사용하였는데, 이때 protocol은 KSSI(한국체육과학연구원)의 방법으로 행하였다. 먼저 대표적인 근활동도의 척도 중 하나인 HR(Heart Rate) 및 RQ(Respiratory Quotient)를 구하였으며, 또한 근력활동 중 육체적 피로에 수반되는 인체의 반응속도를 경과시간별로 구하기 위해서는 반응시간측정기(perception tester, Lafayette Instrument, U.S.A)를 병용하였다. 단, 이러한 반응시간측정기는 단순 시각반응을 측정하는 것으로 여기에서 발생하는 광자극은 단일 광자극이다. 그리고, 근력활동에 따르는 운동강도를 주관적으로 평가하기 위한 수단으로서는 Borg-RPE(rating of perceived exertion)지수를 사용하였다. 이때 사용된 Borg-RPE 지수는 생리적 측정을 주관적 평점등급으로 대체하여 등급척도를 관리하고 평점하기에 용이하게 한 것으로서 정신적, 육체적 활동지각(perceived exertion)의 평가척도의 하나로서 널리 이용되고 있다. 이 척도는 아래와 같이 6~19등급으로 구성되어 있다.

- 6 - 활동 없음
- 7 - 매우 매우 가벼움(very very light)
- 9 - 매우 가벼움(very light)
- 11 - 알맞음(fairly light)
- 13 - 약간 힘들(somewhat hard)
- 15 - 힘들(hard)
- 17 - 매우 힘들(very hard)
- 19 - 매우 매우 힘들(very very hard)

2.3. 실험대상 정신작업

본 연구에서는 실험대상인 정신적 작업으로서 간단한 덧셈 작업을 채택하였는데, 덧셈 작업에 사용할 2자리 숫자는 난수표를 이용하여 용지에 배열하였다. 즉, 2자리의 정수 2개를 더하는 것을 1문제로 하고, 12문제가 1행이 되며 10행이 1매(120문제)가 되도록 실험용지를 작성하였다. 덧셈 작업은 1매의 실험용지에서 용지 상단 좌로부터 우의 순서로 계

산을 하도록 하였으며 1행의 덧셈을 15초 이내에 마치도록 하였는데, 15초가 경과한 때에는 피험자에게 종료신호를 보내어 즉시 다음 행의 문제로 덧셈 작업을 이행하도록 하였다.

2.4. 실험절차

먼저, treadmill의 경사각을 5°로 고정하고 분당 80 m의 속도로 근력활동을 시작하여 매 2분마다 부하량인 treadmill의 속도를 분당 20m씩 증가시키는 점중운동부하법을 행하였다. 이때 주관적인 근활동도를 측정하기 위한 수단인 Borg-RPE지수 및 HR, RQ 그리고 반응시간은 피험자별로 안정시, 활동시작 후 경과시간 1분, 3분, 5분 등으로 하여 피험자가 all-out상태가 될 때까지 운동을 지속적으로 하도록 하였다. 단, 당연히 피험자에 따라 체력의 개인차 때문에 경과시간이 다르므로 어떤 경과시간에서 어떤 피험자가 주관적으로 all out상태가 되면 손을 들게 한 다음 treadmill의 구동을 정지시키고 treadmill위에서 내려오도록 하여 전신운동을 종료토록 하였다.

Borg-RPE지수에 대해서는 이 지수를 기재한 패널을 피험자의 눈높이의 정면벽에 걸어두고 피험자가 전신운동을 시작한 후의 경과시간별로, 실험자가 가리키는 해당하는 지수에 고개를 상하로 끄떡이는 걸로 주관적 근활동도를 평가하였다.

그리고, 측정시 피험자에게는 호기 개스분석장치 (Mania, AT-4000)의 호기가스채집마스크를 장착하여 HR 및 RQ를 측정하였다. 운동 중 호기의 분석에 대해서는 피험자의 입과 코에는 저저항 고속판막(low resistance, high velocity valve)이 부착되어 있는 마스크(Hans Rudolph Co., USA)를 기밀하게 착용하도록 하며 흡기는 실내공기를 이용하고 호기는 사관(corrugated tube)과 호기종말관(end-tided tube)을 통해서 pneumotachograph와 O₂ 및 CO₂ 분석기가 장치되어 있는 Cordiopulmonary Exercise System(QMC. Quinton Co., USA)에 연결하여 운동부하검사 시 매 20초마다 호흡수, 호기량, 호기 및 호기 종말의 O₂와 CO₂의 함량을 분석하고 이로부터 RQ를 측정한 것이다.

마지막으로, 근활동도에 따른 반응시간을 측정하기 위해 반응시간측정기의 RPM을 15로 고정하여 단일 광자극을 제시하였고, 피험자는 treadmill에서의 전신운동 도중 광자극 발생시마다 실험자가 건네준 버튼을 누르도록 한 것이다. 이때의 자극은 반응시간측정기의 표시장치에서 발생하는 단일 점광원이며, 피험자는 전신운동 도중 이 점광원을 지각

하는 즉시 실험자가 건네는 손잡이의 스위치를 누르는 것으로 반응실험이 이루어졌다. 단, 측정횟수는 매 경과시간별 5회로 하여 그 평균치를 구하였다.

단, 위와 같은 treadmill을 이용한 전신운동에서는 피험자별로 수행횟수를 1회로 하였기에 샘플수가 적은 문제점이 있기는 하나, 별도의 기간에 이루어진 예비실험을 통해 피험자에게 그 절차와 방법에 관해 충분한 훈련이 이루어지도록 하였으므로 이로부터 구한 데이터로써 통계적 처리를 행함에는 별 무리가 없을 것으로 생각한다.

또한, 정신적 작업으로 채택한 덧셈 작업은 treadmill을 이용한 전신운동 20분전과 전신운동 1분 후에 각각 1매가 120문제로 이루어진 실험용지 4매, 즉 최고 480문제를 계산하도록 하였는데, 운동 전 예비적으로 60문제에 대해 덧셈 작업을 하도록 하였다. 단, 이들의 산술능력에 대해서는, 별도의 기간에 이루어진 예비실험과 본실험 전 충분한 예비적 훈련을 행하였으며, 또 인쇄된 용지에 제시된 십 단위 두 자리 숫자를 그대로 더하는 간단한 문제이므로 대학 1학년생의 수준으로서는 별 무리가 없다고 생각된다. 여기에서, 덧셈 작업결과의 오답율은 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{덧셈 작업의 오답률} = (\text{오답수}/\text{해답수}) \times 100$$

3. 실험결과

먼저 Borg-RPE지수는 안정시를 포함하여 운동시작 후 경과시간별로 실험자가 지척하는 특정 운동강도에 해당하는 Borg-RPE지수에 피험자가 treadmill 위에서 걸거나 뛰면서 응답하게 한 결과 Table 2와 같이 얻어졌다. 여기에서, 대부분의 피험자가 운동시작 후 9분에 이르기까지는 주관적인 운동강도가 비슷하나 9분이 경과한 후 all out상태에 이르렀음을 알 수 있다.

또한, 주관적인 근활동도를 나타내는 Borg-RPE지수에 더하여 객관적이며 생리적인 척도를 구할 필요가 있는데, 여기에서는 이들 척도로서 Table 2에서와 같이 HR 및 RQ를 구하였다. 여기에서, 육체적으로 all out상태에 이르게 되는 HR 및 RQ는 HR > {(220-연령)×0.9}, RQ > 1.0의 기준⁸⁾을 택하였다. 따라서, 피험자들의 연령이 19세임을 감안할 때, 심박수가 200 정도이고 RQ가 1.1 정도이면 육체적으로 all out상태에 이르렀다고 보아도 무리가 없을 것이다.

단, Table 2에서 피험자별, 경과시간별로 Borg-RPE

Table 2. Borg-RPE, HR and RQ in time interval(AO : all out)

	이름	운동시작 후 경과시간								
		안정시	1분	3분	5분	7분	9분	11분	13분	15분
Borg-RPE 지수	LSH	6	7	9	11	13	15	AO	/	/
	YSW	6	7	9	12	13	15	17	AO	/
	KDH	6	7	11	13	14	15	AO	/	/
	SYS	6	7	9	11	13	14	16	18	AO
	LDW	6	7	9	11	12	13	15	AO	/
	KHJ	6	7	9	11	13	15	17	AO	/
HR (분당)	LSH	82	124	145	166	186	194	201	AO	/
	YSW	76	110	128	154	171	190	199	203	AO
	KDH	71	105	126	155	173	185	199	AO	/
	SYS	54	113	121	142	164	181	186	192	196
	LDW	76	120	136	155	175	181	191	198	AO
	KHJ	97	130	150	175	190	197	205	208	AO
RQ (분당)	LSH	0.81	0.80	0.91	0.97	1.07	1.11	1.17	AO	/
	YSW	0.69	0.66	0.91	0.94	1.03	1.06	1.12	1.16	AO
	KDH	0.87	0.64	0.83	0.99	1.04	1.04	1.07	AO	/
	SYS	0.69	0.65	0.79	0.90	0.99	1.00	1.04	1.10	1.12
	LDW	0.84	0.75	0.97	1.01	1.00	1.02	1.08	1.15	AO
	KHJ	0.72	0.75	0.94	1.00	1.00	1.06	1.12	1.13	AO

지수에 비해서 HR 및 RQ가 한 단계 더 측정된 것은, Borg-RPE지수의 마지막 단계까지는 피험자가 실험자의 지시에 응답하였으나, all out상태에 이르면 손만 들고 실험자의 지시에 응답하지 않도록 한 후 treadmill의 구동을 정지시켰기 때문이다.

그리고, 반응시간측정기를 이용하여 운동시작 후 경과시간별 단일점광원의 자극에 대한 피험자별 반응시간을 Table 3과 같이 구하였다. 이러한 반응시간은 동일 경과시간대에 대해 연속 5회 측정된 평균치로서, 이에 대한 정확한 측정은 곤란하나 대체로 경과시간에 따라 산포가 큰 것으로 나타났다.

Table 3. Reaction time in time intervals(seconds)

이름	운동시작 후 경과시간								
	안정시	1분	3분	5분	7분	9분	11분	13분	
LSH	0.883	0.766	0.540	0.534	0.694	0.536	AO	/	/
YSW	0.278	0.758	0.564	0.668	0.464	0.484	0.632	AO	
KDH	0.660	0.490	0.574	0.380	0.376	0.412	0.802	AO	
SYS	0.333	0.270	0.202	0.632	0.476	0.296	0.574	0.496	
LDW	0.558	0.404	0.474	0.632	0.556	0.687	0.486	AO	
KHJ	0.732	0.922	0.630	0.830	0.453	0.960	0.280	AO	
평균	0.557	0.602	0.497	0.613	0.503	0.563	0.555	0.496	

Table 4. Percent-errors of addition tests(%)

이름	LSH	YSW	KDH	SYS	LDW	KHJ	평균
운동 전	2.2	0.4	6.1	4.5	5.1	3.8	3.68
운동 후	1.4	0.4	1.5	3.1	2.8	3.6	2.13

그리고, 본 연구의 실험에서 정신적 작업으로 채택한 덧셈작업에서 피험자별 오답률은 Table 4와 같이 얻어졌다. 예를 들어, 480문제의 소요시간이 10분인데, LSH의 경우 480문제 중 해답한 문제가 316문제이며 이 중 오답수가 7문제이므로 오답률은 2.2%가 되었다. 여기에서 대부분의 피험자들은 운동 종료 1분 후의 덧셈작업이 운동 전보다 용이하다고 호소하였다.

4. 실험결과와 고찰

먼저, Table 5에서와 같이 피험자간 Borg-RPE지수는 one-way ANOVA에 의해 검정하였는데 피험자간 차이가 없으며 ($\alpha > 0.05$), HR 및 RQ 역시 피험자간 차이가 없음을 알 수 있다. ($\alpha > 0.05$) 이는 운동선수가 아닌 일반학생으로서 연령이 동일한 모든 피험자에 대해서 운동강도를 단계적으로 점증시킨 결과, 다소의 체력차이는 있으나 육체적으로 all out상태에 이르는 시간과 조건이 유사하게 된다는 것을 나타낸다고 할 것이다.

그러나, 반응시간은 Table 5에서와 같이 피험자에 따라서 산포가 큰 것으로 나타났고 피험자간 반응시간에는 유의한 차가 있음을 알 수 있다 ($\alpha < 0.05$). 이는, 피험자에 따라 다르긴 하나 육체적 활동도에 따라, 정신활동을 측정하는 척도의 하나라 할 수 있는 특정 자극에 대한 반응시간에 운동 중의 정신적 긴장도가 영향을 미친다는 것을 나타낸 것이라 생각할 수 있다.

그리고, Table 6의 덧셈작업의 오답율의 데이터로부터 피험자간 오답율의 차의 검정은 paired t-test에 의해 행하였는데 이 결과 운동전 후의 오답율에 차

Table 5. Differences of scales among subjects

source	Borg-RPE 지수		HR		RQ		반응시간	
	F	p	F	p	F	p	F	p
F, p-value	0.30	0.91	0.37	0.86	0.45	0.81	2.56	0.04*

* $\alpha < 0.05$

Table 6. Differences of percent-errors of addition tests among subjects before and after the exercise

Source	mean	m.s	d.f	t-value	p-value
운동 전	3.68	4.30	5	2.22	0.04
운동 후	2.13	1.49	5		

* $\alpha < .05$

가 있음을 알 수 있다($\alpha < .05$). 즉, 운동전에 비해 체력이 all out상태에 이르는 정도의 근육피로를 겪은 운동 후의 오답률이 오히려 낮아진다는 사실을 발견할 수 있는데, 본 실험에서와 같이 비교적 단시간의 전신운동종료 직후인 1분 후에 정신적 작업을 부과한 경우에는 운동중의 정신적 긴장도가 운동전의 그것보다 강한데다가 이러한 운동 중의 정신적 긴장이 운동후에도 지속되어, 이것이 운동후의 정신적 작업에 영향을 미쳤을 가능성이 있다고 생각할 수 있다. 일반적으로 비교적 장시간의 높은 운동강도에서는 전신운동에 수반하여 정신적 피로가 증가하나, 본 실험에서와 같은 단시간의 높은 운동강도에서는 정신적 피로의 영향이 크게 영향을 미치지 않음을 의미한다고 할 수 있을 것이다. 이는 Yamamoto 등⁷⁾의 연구에서와 같이, AT를 기준으로 한 몇 가지 운동강도에서 운동전후의 오답률이 다르거나 운동 전 후의 오답율에 차가 있을 수 있다는 사실을 뒷받침하는 것이라 할 것이다.

5. 결 론

treadmill을 이용한 단시간의 강도 높은 전신운동을 대상으로 한 본 연구에서의 실험에서, 근활동도의 주관적인 척도로서의 Borg-RPE지수와 생리적 척도인 HR 및 RQ로써 피험자의 근활동도를 평가한 후, 이에 대응하는 운동시작 후의 경과시간별 피험자간 반응시간 및 정신작업결과의 오답률의 변화를 조사하여, treadmill을 이용한 단시간의 강도 높은 전신운동과 간단한 덧셈의 정신작업에 한정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 근활동도를 측정하는 주관적 방법으로서의 Borg-RPE지수에는 피험자간 경과시간별로 차가 없다. 이는 동일한 연령의 학생들에 대해서 운동강도를 점증적으로 높인다 하더라도 경과시간별로 거의 같은 운동강도를 주관적으로 경험하고 있다는 것을 의미한다고 할 것이다.

2) Borg-RPE지수와 마찬가지로 HR 및 RQ 역시, 동일한 연령의 피실험자군에서 다르지 않음을 알

수 있다. 여기에서 HR 및 RQ는 단지 근활동도가 경과시간별로 객관적으로 어떻게 평가되는지를 알 게 하는 수단으로, 또 피험자별로 육체적인 all-out상태가 되는 시간을 측정하기 위한 수단으로 이용하였는데, 주관적인 근활동도를 경험한 피험자들이 역시 객관적으로 이를 같이 경험하고 있는 것이라 할 것이다.

3) 반응시간은 경과시간에 따른 정신적 민감도를 평가하기 위한 척도로서, 정확한 측정은 불가능하나 주어진 조건에서 피험자간 차가 있음을 알 수 있는데, 이는 근활동도가 경과시간에 따라 정신적 긴장도에 영향을 미친다는 것을 의미한다고 할 것이다.

4) 정신적 피로를 측정하기 위한 수단인 덧셈작업결과의 오답률에서는 운동전보다 오히려 운동후에서 오답률이 감소하는 것으로 나타나며 피험자별로 차가 있음을 알 수 있는데, 이는 비교적 단시간의 강도 높은 전신운동에 수반되는 정신적 피로가 어떤 시간범위 내에서 어떤 강도의 근활동의 영향을 받지 않거나, all out를 목전에 둔 정신적 긴장감에 따른 것이라 생각할 수 있다. 즉, 장시간의 전신운동과는 달리 비교적 단시간의 전신운동에서는 운동 중의 정신적 긴장이 운동전보다 강하고, 이러한 정신적 긴장이 운동직후에까지 지속되는 결과 생기는 현상이라 할 수 있다.

본 연구에서는 treadmill을 이용하여 소수의 피험자를 대상으로 한 비교적 단시간의 전신운동에 한정하여 이러한 운동이 반응시간과 간단한 정신적 작업으로서의 덧셈작업에 미치는 영향을 결론으로 다루었으나, 추후 이러한 연구에서 보다 정확하고 객관적인 결론을 얻기 위해서는 피실험자수를 늘리고 일반학생들과 비교 대상이 될 수 있는 특정 집단을 피실험자군으로 선정하는 방안을 강구하여야 할 것이다.

참고문헌

- 1) Asmussen E., Mazin B., "Recuperation after Muscular Fatigue by Diverting Activities," *Eur. J. Appl. Physiol.*, 38, pp. 1~7, 1978.
- 2) American College of Sports Medicine, "Guidelines for Exercise Testing and Prescription," 3rd ed., Lea & Febiger, Philadelphia, pp. 155~160, 1986.
- 3) Wasserman K., McIlroy M. B., "Detecting the Threshold of Anaerobic Metabolism in Cardiac during Exercise," *Am. J. Cardiol.*, 14, pp. 844~852, 1964.

- 4) 김형돈, 유재충, 윤성원, “근피로 유발후 Concentric과 Eccentric 근수축시 등속성 근력 및 EMG의 변화,” 한국체육학회지, 36, 2, pp. 272~282, 1997.
- 5) 中永征太郎, “肉体ならびに情神勞作負荷前後の自覺症狀, フリツカ-値及ひ尿中蛋白質排泄量の変動, 岡山醫誌, 101, pp. 853~862, 1989.
- 6) 宮内佳緒里, 石井活子, “幼児における体育あそび前後の疲勞症狀の訴え數,” 小兒保健研究, 52, 125, pp. 156~160, 1993.
- 7) Yamamoto, O., Umemura, M., “The Effect of Physical Activity on Mental Activity,” The Japanese Journal of Ergonomics, 35, 1, pp. 35~39, 1999.
- 8) Wasserman K., Whipp, B. J., Koyal, S. N., Beaver, K. L., “Anaerobic Threshold and Respiratory Gas Exchange during Exercise,” J. Appl. Physiol., 35, pp. 236~243, 1973.