

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2019.5.4.93>

JCCT 2019-11-12

현장 소방활동에 따른 공기호흡기 소모량의 변화

Changes in The Amount of Air Respirator Consumed by Field Fire-fighting Activities

전재인*, 공하성**

Jeon, Jai-In*, Kong, Ha-Sung**

요약 이 연구는 현장 소방활동에 따른 공기호흡기 소모량의 변화율을 파악·분석한 것으로 실험 결과는 다음과 같다. 대상자 5명의 평균 공기소모량은 가만히 서 있을 때 15.56 l/min, 보통걸음으로 걸을 때 32.43 l/min, 소방호스를 전개 하고 정리할 때 43.07 l/min, 계단을 걸어 올라갈 때 55.28 l/min, 계단을 뛰어 올라가 해머를 연속하여 내려치는 상황은 127.14 l/min로 급격히 상승하여 에너지 소모량에 따라 공기소모량도 증가된다는 것을 알 수 있다. 실험대상자 A는 가장 고령임에도 가만히 서 있을 때 13.23 l/min, 보통걸음으로 걸을 때 29.33 l/min, 소방호스를 전개하고 정리할 때는 41.08 l/min로 공기소모량이 가장 낮게 나타났다. 이는 깊고 느리게 하는 호흡법에 익숙한 결과로 판단된다. 실험대상자 D는 공기호흡기 평균 사용량이 63.58 l/min로 유의하게 높았다. 그 이유는 비만이 공기소모량을 높인 것으로 보이고, 해머로 내려치는 동작에 체력이 소진되어 공기소모량 상승에 더 큰 영향을 미친것으로 판단된다. 실험대상자 E는 공기호흡기 사용량이 49.90 l/min로 유의하게 낮게 나타났다. 그 이유는 E의 연령이 실험대상자 중 가장 젊고, 강인한 체력을 소유한 결과로 추측된다.

주요어 : 소방대원, 소방활동, 공기호흡기, 공기소모량, 호흡법

Abstract The purpose of this study was to identify and analyze the rate of change of air respirator consumption based on field fire fighting activities, The results of the experiment are as follows. The mean air consumption of the Five subjects was 15.56 L/min when standing still, 32.43 L/min when walking with normal pace, 43.07 L/min when the fire hoses was expanded and arranged, 55.28 L/min when climbing stairs, The situation of running up the stairs and hitting the hammer continuously increases to 127.14 L/min, which means that the consumption of air increases according to the energy consumption. Despite being the oldest, Experimental subject A was 13.23 L/min when standing still, 29.33 L/min when walking normally, and 41.08 L/min when the fire hose was deployed and arranged. This is a result of familiarity with deep and slow breathing methods. The average respiratory use rate of subjects D was 63.58 L/min. The reason for this is that obesity seems to increase the air consumption, and it is considered that the physical strength is exhausted by the action of the hammer, which has a greater influence on the increase of air consumption. The subject E had significantly lower air respiratory use rate of 49.90 L/min. The reason for this is that the age of E is the youngest among the subjects, and it is presumed that it possesses strong physical strength.

Key words : Firefighters, Fire fighting activities, Air respirator, Air consumption, Breathing method.

* 우석대학교 일반대학원 소방방재학과 박사과정(제1저자)

** 우석대학교 소방방재학과 교수(교신저자)

접수일: 2019년 8월 10일, 수정완료일: 2019년 9월 22일

게재확정일: 2019년 9월 27일

Received: August 10, 2019 / Revised: September 22, 2019

Accepted: September 27, 2019

*Corresponding Author: 119wsu@naver.com

Dept. of Fire and Disaster Prevention, Woosuk Univ
Korea

I. 서 론

공기호흡기는 소방대원이 화재현장 등에서 사용하는 중요한 장비로서 문제가 발생하면 위험한 상황에 빠질 수 있다. 또한 유독가스·연기 등과 같은 유해환경에서 작업을 수행하는 소방대원의 호흡을 쉽게 하고 호흡기 시스템을 보호하는 개인호흡 보호장비이다[1]. 공기호흡기의 실린더 용기는 공기를 고압으로 압축하는데, 일반적으로 300bar의 압력으로 충전한다. 사용시간은 소방대원의 작업조건에 따라 다르지만, 평균 50분 정도 사용한다[2].

소방대원은 호흡곤란에 관한 지식과 자신의 공기소모량을 인지하고 있어야 한다. 왜냐하면 긴급상황 시 소방대원의 탈출시간 등을 고려해야하기 때문이다. 그리하여 평상시 자신의 사용가능시간을 알아둘 필요가 있다. 공기호흡기 사용 가능 시간(분) = [용기내압력(bar) - 여유압력(bar)] × 용기 용량(ℓ) ÷ 매분당호흡량(ℓ)에 의해 구할 수 있다[3]. 미국 소방대원의 경우 공기 소모훈련을 통해 본인의 공기소모량을 인지하게 하고 정기적인 훈련과 체중이 갑자기 늘거나 줄어든 때 또는 질병에 걸리거나 회복한 경우 등의 급격한 신체적 변화가 발생하면 공기 소모훈련을 통해 변화된 공기소모량을 확인하도록 하고 있다[4].

사람은 격렬한 운동을 하게 되면 평소보다 산소를 더 많이 흡입하게 되는데 이는 혈중 산소량을 증가시켜 이용 가능한 산소공급을 원활하게 하여 피로를 지연시키고 운동 수행 능력을 향상하기 위함이다[5]. 일반적으로 운동을 하면 혈압과 심박 수가 상승하며 호흡수가 증가하게 되는데 이때, 신체의 활동량에 따라 많은 양의 산소흡입이 요구된다. 개인의 신체특성과 숙련도에 따라 필요한 산소흡입량은 다르게 나타나며 근육의 수축양식, 강도, 지속시간에 따라 심혈관계는 다양한 변화로 운동강도가 높아질수록 산소흡입량은 증가하며 호흡수와 환기량이 증가 된다[6].

사람의 호흡운동은 일반적으로 분당 14~20회로, 1회에 들이마시는 공기량은 성인 남성의 경우 약 500cc 정도이며 심호흡을 할 때는 약 2000cc, 표준 폐활량은 3,500cc 정도이다[7]. 운동이나 노동을 하는 경우는 호흡 횟수가 늘고 깊은 호흡을 하게 된다. 이것은 몸에 다량의 산소가 필요하게 되고 몸에 있는 이산화탄소를 급히 배출해야 하기 때문이다. 특히 소방활동 시에는

무거운 장비를 착용하고 긴장도가 높은 작업을 하므로 일반적인 작업에 비해 공기소모량이 많다. 소방활동 시의 호흡량은 개개인의 체력, 경험, 작업량, 긴장도 등에 따라 다르지만, 평균작업은 30~40ℓ/min, 최고의 격한 작업을 할 때는 80ℓ/min 정도이다[7]. 그러나 이것은 현장 소방활동에 의한 구분은 아니다.

기존 공기호흡기 사용시간에 관한 기존 연구는 문근철(2018)의 소방학교 교육생을 대상으로 한 비상상황, 일반상황, 격한 상황, 극한상황의 4단계를 설정하여 5분간 호흡량을 측정하고 각 상황별 분당 호흡량을 확인한 연구가 있다. 하연주(2004)는 소방 구조용 공기호흡기 페이스 마스크(Face mask) 디자인에 관한 연구로 면체가 적절하게 안면에 밀착하기 위한 방법을 연구하였다. 오석환(2012)은 공기호흡기 용기 부식의 주원인인 수분의 발생 과정을 실험을 통해 확인하였다. 기존 연구를 분석해 본 결과 다양한 소방활동 작업유형에 따라 공기호흡기 소모량에 미치는 영향에 관한 연구는 미진하였다. 문근철(2018)의 연구는 단계별로 5분간 측정하였으나 이 연구에서는 소방활동 상의 작업유형별로 구분하고 20분정도를 측정하면 공기호흡기 소모량의 변화를 보다 정확하게 확인 가능하므로 측정시간을 20분으로 하되 아날로그 압력게이지로 측정하여 정확도를 높였다는데 그 의의가 있다.

II. 공기호흡기의 제원 및 특성

공기호흡기와 같은 호흡용 보호구는 인체에 해로운 염려가 있는 환경에서 호흡보호의 목적으로 착용하는 개인용 보호구의 총칭이라 정의하고 있다. 한국의 소방대원이 대부분 사용하는 공기호흡기는 (주)산청에서 제작한 SCA 680 모델이다.

이 제품은 표 1.과 같이 압축공기를 가스원으로 사용하는 2단 감압 양압식 공기호흡기로, 디맨드 밸브를 사용하고 있다[8]. 양압식이라 외부의 공기가 페이스 마스크(face mask) 내부로 들어오는 것을 막아준다. 반면에 페이스 마스크의 안면에 대한 밀착이 불안정하면 공기가 계속해서 누출되는 단점이 있다[9]. 실린더 내용적은 6.8ℓ, 중량은 4.2kg, 최고충전압력은 300bar이며 충전공기량은 2,040ℓ이다. 면체, 등지게 등을 포함한 총 중량은 약 8kg이다.

표 1. 공기호흡기(SCA 680)의 제원
 Table 1. Specification of air respirator (SCA 680)

Form	Cylinder Content	Material	Weight	Charge air amount	Maximum filling pressure	Withstanding Pressure test pressure	Alarm start pressure	Stop pressure
Compressed air two-stage decompression positive pressure type	6.8 ℓ	Carbon Fiber	4.2kg (All weight 8kg)	2,040 ℓ	300bar	500bar	55bar	10bar

공기호흡기를 착용하면 신체적 제약을 받게 된다. 따라서 안전을 위하여 2인 1조 이상으로 팀을 편성하여 행동하는 것이 원칙이다. 또한 암모니아나 시안화수소 등과 같이 피부에 염증을 일으키는 가스와 방사성 물질이 누출된 장소에 진입하는 경우에는 별도의 보호장비를 착용하여야 한다. 공기호흡기 착용 후에는 불필요하게 뛰는 것을 피하고 깊고 느리게 호흡하면 사용 가능 시간을 연장할 수 있다[10].

III. 공기호흡기 사용시간의 실험구성

1. 실험대상자의 선정

실험 참여 대상자는 남자 소방대원 5명을 대상으로, 화재진압 경험이 1년에서 20년까지인 소방대원으로 구성하였다. 연령별로는 20대에서 50대까지 전 연령대별로 다양하게 구성하였다.

화재진압은 의학적으로 심혈관계, 순환계 등이 건강해야 할 수 있는 소방활동이다. 특히 폐, 심장, 뇌, 내분비계 질환, 당뇨병, 천식, 발작 등이 있으면 불가능하므로 표 2와 같이 건강상태를 확인하였다. 실험대상자의 평균 연령은 43.4세, 현장 경험은 10.2년, 신장은 176cm, 체중은 73kg이었다.

표 2. 실험대상자의 특성
 Table 2. Characteristics of Subjects

Subject	Sex	Age	Height (cm)	Weight (kg)	Field Experience (Year)	Health Condition
A	Male	56	175	68	20	Normal
B	Male	51	177	72	15	Normal
C	Male	45	178	75	10	Normal
D	Male	37	172	88	5	Normal
E	Male	28	168	62	1	Normal
Average	Male	43.4	176	73	10.2	Normal

2. 실험 환경

실험시간은 2019년 6월 7일 오전 9시~11시에 실시하였는데 이는 실험대상자의 피로도를 고려하여 무더운 오후 시간을 피하고, 하루 중 쾌적한 오전을 선택하여 실시하였다. 표 3.과 같이 장소는 ○○건물의 후정 및 계단에서 실험하였는데, 실험장비는 한국 소방관이 일반적으로 사용하고 있는 SCA 680 모델로 압축 산소 농도가 21vol%인 공기(Air)를 고압으로 압축하여 공기 통에 저장하여 사용하는 양압식 공기호흡기이며, 안면부 보호를 위한 면체를 쓰고, 방화복, 안전모, 안전장갑 등을 착용하여 신체 안전을 도모하였다. 이어 방수화를 신고 손도끼 등을 휴대하였다. 총 중량은 22kg으로 측정되었다. 소방호스는 화재현장에서 사용하는 길이 15m, 구경 65mm 큰 소방호스를 이용하였다. 날씨는 흐렸으며, 기온은 22℃, 습도는 70%, 풍속은 3~5m로 쾌적하였다.

표 3. 실험 시의 환경

Table 3. Environment of Experiment

Classification	Description
Place	○○The Backyard of the buildingAnd stairs
Weather	Cloudy
Air Temperature	22℃
Humidity	70%
Wind Velocity	3~5m/s

3. 실험 조건

소방활동 작업유형에 따른 공기호흡기 소모량 변화를 알아보기 위해 실험에 참여한 소방대원에게 사전 설문문을 통하여 다음과 같이 5종류가 화재현장에서 주로 발생하는 것을 확인하였다.

첫째, 가만히 서 있는 경우로 소방대원이 화재현장 등에서 계속해서 활동하기는 무리이므로 서 있는 경우를 설정하였다. 둘째, 소방대원이 화재현장에서 뛰는 경우는 부득이한 경우가 아니면 자제하므로 보통걸음으로 걸을 때를 설정하였다. 셋째, 화재현장에서는 소방호스를 전개하고 정리하는 상황이 빈번히 발생하므로 설정하였다. 소방호스는 65mm 소방호스와 40mm 소방호스를 화재현장에서 사용하지만 40mm 소방호스

는 체력소모가 상대적으로 적으므로, 실험 목적상 체력 소모가 많은 65mm 소방호스를 전개하고 정리하는 경우로 설정하였다. 넷째, 화재현장인 건물의 계단을 걸어 올라가는 경우도 빈번히 발생하는 상황이므로 설정하였다. 마지막으로 계단을 뛰어 올라가 해머를 반복해서 내려치는 경우는 소방대원의 체력이 소진되는 극도로 힘든 상황을 가정하여 설정하였다.

실험대상자가 사용하는 공기호흡기 압력계이지는 bar로 표시되는 아날로그 방식으로서 분당 공기소모량 측정이 곤란하므로, 실제 사용한 공기의 bar를 확인한 후 공기 실린더의 용량 6.8을 곱하여 ℓ로 환산하였다. 그런 다음 측정시간으로 나누어서 분당 사용량을 확인하였다. 또한, 예외적인 경우를 제외하고 20분정도를 측정하면 공기호흡기 소모량의 변화를 보다 정확하게 확인 가능하므로 상황별로 20분을 측정하였다. 다만 계단을 뛰어 올라가 해머를 내려치는 연속 동작은 극심한 피로도를 감안하여 압력계이지의 변화량이 30bar를 확인한 후 분당 호흡량을 산정하는 방법으로 정확도를 높이고자 하였다. 실험대상자가 해머를 강하게 반복적으로 내려치는 작업은 신체에 극심한 무리를 가져와 일정 시간이 지나면 동작이 느려지면서 체력의 한계를 가져왔다. 그러므로 이 실험에선 일관성 있는 동작이 약 30bar까지 가능했으므로 이 실험의 측정 기준으로 삼았다. 또한, 현장 소방활동 경력 및 호흡법이 공기호흡기의 소모량에 미치는 영향을 분석하기 위해 실험 참여 소방대원 경력선정 기준은 5가지로 정하였다. 첫째, 소방대원의 경험이 가장 짧은 경우를 1년으로, 둘째, 현장 소방활동 경험을 어느 정도 경험한 경우를 5년으로, 셋째 다양한 경험을 가진 중간 단계인 10년으로, 넷째 현장 활동 경험이 많은 선임 대원인 15년으로, 마지막으로 현장 경험이 풍부한 20년으로 기준을 선정하였다.

IV. 실험 결과 및 고찰

1. 소방활동 작업유형에 따른 공기소모량 변화

표 4는 다양한 실험 조건에서 공기소모량의 변화를 나타낸다. 평균 공기소모량은 가만히 서 있을 때 15.56 ℓ/min, 보통걸음으로 걸을 때 32.43 ℓ/min, 65mm 소방호스를 전개하고 정리할 때 43.07 ℓ/min, 계단을 걸어 올라갈 때 55.28 ℓ/min로 나타났으며, 계단을 뛰어 올라가 해머로 연속하여 내려치는 작업을 할 때는

127.14 ℓ/min 로 공기소모량이 급격히 상승하여 유의미한 차이를 보였다. 특히 가만히 서 있는 경우와 계단을 뛰어 올라가 해머를 연속하여 내려치는 작업은 약 10배의 공기소모량의 차이를 보였다.

이와 같이 현장 소방활동 유형에 따라 공기소모량은 큰 차이가 나타났다. 전면으로의 걷기는 조깅보다 운동 강도가 낮은 운동으로 조깅에 비해 산소 소비량이 적게 나타나며 에너지 소모 또한 적어서, 같은 거리를 이동하더라도 조깅이 걷기보다 더 많은 에너지를 소모하게 된다[11]. 일반적으로 신체 활동량이 증가하면 이에 필요한 에너지를 보충해 주기 위하여 근육을 비롯한 각 신체 기관에서의 산소 요구나 소비가 증가하게 되므로 신체 작업이나 운동을 할 때 소요되는 산소 소비량을 측정할 수 있게 된다. 따라서 산소 소모량은 운동 부하가 증가함에 따라 비례하여 증가한다는 것을 알 수 있다[12]. 이처럼 현장 소방활동 시 신체 작업의 강도가 높을수록 호흡이 거칠어지고 에너지소모량이 올라가, 공기소모량이 당연히 증가하는 것을 알 수 있다. 다시 말해 에너지소모량이 많을수록 공기 소비량도 증가하므로 가만히 서 있을 때, 보통걸음으로 걸을 때, 65mm 소방호스 전개 후 정리할 때, 계단을 올라갈 때, 계단을 뛰어 올라가 해머로 내려칠 때 순으로 에너지 소모량이

증가되어 공기 소비량도 많은 것을 알 수 있다.

2. 현장 소방활동 경력 및 호흡법이 공기소모량에 미치는 영향

표 4에서 실험대상자 A는 평균 54.39 ℓ/min , B는 53.07 ℓ/min , C는 52.55 ℓ/min 로 각각 비슷한 공기소모량을 나타냈다. 특히 실험대상자 A는 가장 고령임에도 가만히 서 있을 때 13.23 ℓ/min , 보통걸음으로 걸을 때 29.33 ℓ/min , 65mm 소방호스를 전개 후 정리 시는 41.08 ℓ/min 로 공기소모량이 가장 낮게 나타났다. 이는 현장 경험이 풍부하여 깊고 느리게 천천히 하는 호흡법이 공기소모량을 줄여서 나타난 결과로 판단된다.

실험대상자 D는 63.58 ℓ/min 을 소모하여 유의미하게 높았다. 그 이유는 키는 172cm 체중 88kg로 다소 비만의 몸무게가 공기소모량을 증가시킨 것으로 보이고, 특히 해머를 연속하여 내려치는 극한 작업을 할 때는 체력이 고갈되어 공기소모량 상승에 영향을 더 미친 것으로 판단된다. 실험대상자 E는 49.90 ℓ/min 으로 낮은 공기소모량을 나타냈다. 이는 E의 연령이 28세로 실험대상자 중 가장 젊고, 평소 운동을 꾸준히 하여 실험대상자 중 가장 강한 체력을 소유한 것이 공기소모량을 줄인 것으로 판단된다.

표 4. 소방활동 작업유형, 호흡법 등에 따른 공기소모량의 변화
 Table 4. Changes in air consumption due to fire fighting activity type and breathing method

Subject	When standing still (ℓ/min)	When you walk on a Normal pace (ℓ/min)	When 65mm Fire hose deploying and organizing (ℓ/min)	When climbing the stairs (ℓ/min)	When Jump up the stairs and hit them with a hammer. (ℓ/min)	Average (ℓ/min)
A	13.23	29.33	41.08	58.50	129.80	54.39
B	16.65	30.48	43.96	51.45	122.80	53.07
C	15.01	31.40	42.63	52.30	121.40	52.55
D	19.04	38.25	45.84	65.85	148.90	63.58
E	13.89	32.69	41.84	48.30	112.80	49.90
Average	15.56	32.43	43.07	55.28	127.14	54.70

V. 결 론

이 연구는 화재현장 등에서 다양한 소방활동을 하는 소방대원의 작업유형, 호흡법, 신체조건, 연령에 따른 공기호흡기 소모량의 변화율을 분석하였다. 실험 결과는 다음과 같다.

작업유형에 따른 실험결과는 평균 공기소모량은 가만히 서 있을 때 15.56 ℓ/min , 보통걸음으로 걸을 때 32.43 ℓ/min , 소방호스를 전개하고 정리할 때 43.07 ℓ/min , 계단을 걸어 올라갈 때 55.28 ℓ/min 로 나타났고, 계단을 뛰어 올라가 해머로 연속 내려치는 작업을 할 때는 127.14 ℓ/min 로 급격히 상승하여 유의미한 차이

를 보였다. 현장 소방활동 시 신체 작업의 강도가 높을수록 호흡이 거칠어지고 에너지소모량이 올라가, 공기소모량이 당연히 증가하는 것을 알 수 있다. 다시 말해 에너지소모량이 많을수록 공기 소비량도 증가하므로 가만히 서 있을 때, 보통걸음으로 걸을 때, 65mm 소방호스 전개 후 정리할 때, 계단을 올라갈 때, 계단을 뛰어 올라가 해머로 내려칠 때 순으로 에너지 소모량이 증가되어 공기 소비량도 많은 것을 알 수 있다. 또한 호흡법, 신체조건, 연령에 따른 실험결과는 다음과 같다.

(1) 실험대상자 A, B, C는 공기호흡기 사용량이 각각 54.39 ℓ/min, 53.07 ℓ/min, 52.55 ℓ/min. 로 비슷한 수치를 나타내었다. 특히 실험대상자 A는 가장 고령임에도 가만히 서 있을 때 13.23 ℓ/min, 보통걸음으로 걸을 때 29.33 ℓ/min, 소방호스 전개 후 정리 시는 41.08 ℓ/min 로 공기소모량이 가장 낮게 나타났다. 이는 화재현장 경험이 풍부하여 깊고 느리며 천천히 하는 호흡법에 익숙하여 나타난 결과로 판단된다.

(2) 실험대상자 D는 공기호흡기 사용량이 63.58 ℓ/min로 유의하게 높게 나타났다. 그 이유는 키 172cm 체중 88kg으로 다소 비만의 몸무게가 공기 소모량을 높인 것으로 보이고, 해머를 연속하여 내려치는 극한 작업을 할 때 체력이 고갈되어 공기소모량 상승에 영향을 미친 것으로 판단된다.

(3) 실험대상자 E는 공기호흡기 사용량이 49.90 ℓ/min로 유의하게 낮게 나타났다. 그 이유는 E의 연령이 실험대상자 중 가장 젊고, 꾸준한 운동으로 강인한 체력을 소유한 결과로 보인다.

향후 연구과제로 소방대원의 비만도가 공기호흡기 소모량에 미치는 영향, 공기호흡기의 최적화 된 호흡법 등에 대한 연구가 필요하다.

References

[1] Lee, Myung-Ho, An Empirical Study on Firefighter's Physical Performance of SCBA with 36% Concentration of Oxygen, Mokwon University Graduate School of Industrial Information, (2011), p. 6.

- [2] Suk-Hwan Oh, A Study on the Prevention of Air Respirator Container Corrosion, Major in Fire Prevention Engineering Graduate School of Education Gachon University, (2012), p. 5.
- [3] Seoul Fire Department, Fire Fighters Certification Manual, (2009), p. 338.
- [4] Moon, Geun-Chul, Firefighters to prevent accidents from choking, Improving the use of personal safety equipment scba to prevent safety accidents Department of fire and Disaster Prevention & Science, Kangwon National University, (2018), p. 23.
- [5] CHAE, Seung-Hee, The Effects of Hyperoxygen Uptake during and Recovery Exercise on Respiratory Variables, Major in Physical Education Graduate School of Education Dankook University (2006), p. 13.
- [6] Lee, Myung-Ho, An Empirical Study on Firefighter's Physical Performance of SCBA with 36% Concentration of Oxygen, Graduate School of Industrial Information Mokwon University, (2011), pp. 1~2.
- [7] Seoul Fire Department, Fire Fighters Certification Manual, (2009), p. 338.
- [8] Ha, Yeon-Ju, A Study on the Design of Fire Resistant Air Respirator Face Mask, Department of Industrial Design Hongik University, (2004), pp. 18~19.
- [9] Ha, Yeon-Ju, A Study on the Design of Fire Resistant Air Respirator Face Mask, Department of Industrial Design Hongik University, (2004), pp. 25~29.
- [10] Seoul Fire Department, Fire Fighters Certification Manual, (2009), p. 340.
- [11] Ryu, Kyoung-hwa, The Effect Forward, Backward and Lateral Walking and Jogging On the Change in Energy Expenditure and Cardiovascular Function, Department of Physical Education Graduate School of Konkuk University, (2002), pp. 1~2.
- [12] Ryu, Kyoung-hwa, The Effect Forward, Backward and Lateral Walking and Jogging On the Change in Energy Expenditure and Cardiovascular Function, Department of Physical Education Graduate School of Konkuk University, (2002), p. 8.