

양측성 부하가 보행의 운동학적 요인에 미치는 영향

하미숙¹ · 남건우

¹춘해보건대학교 · 춘해보건대학교

Effects of the kinesiologic factors gait on symmetric load

Mi-Sook Ha¹ · Kun-Woo Nam

¹*Dept. of Physical Therapy, Choonhae College of Health Sciences*

ABSTRACT

Background : The purpose of this study was to investigate the effects of the kinesiologic factors of gait on symmetric load. **Methods** : The subjects were consisted normal 33 persons (10 males and 23 females). The kinds of weight of the bag was 0kg, 5kg and 7kg. The kinesiologic factors of gait measured by three dimensional motion analysis system and callibration marker. Callibration was ASIS, hip greater trochanter, knee lateral epicondyle on sagittal plane, ankle lateral malleolus on sagittal plane, toe 5th phalange. The changes kinesiologic factor were analyzed using one way ANOVA with SPSS 21.0 package program. **Results** : The weight of the bag was statistical significance on change of hip joint and knee joint($p < .05$). The weight of the bag was no significance on change of ankle joint($p > .05$). The right and left of the lower limbs was no significant($p > .05$). **Conclusion** : This research provides weight of bag for the gait. This study showed that symmetric load does affect kinesiologic factors of gait. This indicates that there is an interaction that plays a crucial roles in the weight of bag and kinesiologic factors of gait.

Key words : Symmetric load, 3D Motion System, Gait analysis, Kinesiologic Factors

교신저자 : 하미숙

주소 : 689-784 울산광역시 울주군 웅촌면 대학길 9, 전화 : 010-2941-4199, E-mail : msha@ch.ac.kr

본 논문은 2013년도 춘해보건대학교 학술연구비 지원에 의해 조성된 것임

I. 서론

보행은 의식적 또는 무의식적으로 수행하는 단순한 신체의 움직임으로 생각하기 쉬우나, 100여개의 뼈대근이 상지와 하지의 여러 관절과 협응력을 이루고 있는 복잡한 신체운동이다(김관영 등, 2006). 바른 보행 동작은 건강증진으로 연결되나 바르지 못한 동작은 인체 구조에 이상을 야기 시킬 수도 있다(Scott과 Winter, 1990). 이러한 보행의 동작 형태는 그 사회의 생활 습관이나 의식구조와 같은 특성과 개인의 신체적 특성에 따라 다른 보행형태를 보일 수 있다. 또한 보행은 신발의 종류, 지면이나 무게 부하에 따라 걷는 운동 형상학적 양상이 달라질 뿐만 아니라 보행조건에 따라 에너지 소비도 변하게 된다(안성규, 1997). 이렇듯 보행양상은 많은 요소에 의해 영향을 받게 된다. 좋지 못한 방법으로 보행하거나, 잘못된 무게 부하 보행은 신체의 중대한 문제를 야기시킬 수 있다(정형국, 2003).

특히, 양측성 부하를 제공하는 가방을 휴대한 상태에서의 보행은 일상생활에서 아주 흔한 일이다(Hong과 Li, 2005). 일상생활에서 가지고 다녀야 할 여러 가지 물건을 운반하기 위하여 다양한 형태와 무게의 가방들이 사용되어 왔다(임인혁 등, 2009). 가방을 메고 보행을 하게 될 경우 인체는 가방의 무게에 의해 생리적 또는 역학적으로 많은 영향을 받게 되고, 인체 분절은 평형을 위해 자세 재정렬이 이루어지게 된다. 하지만 무거운 가방을 장시간동안 잘못된 방법으로 메는 경우 우리 몸에 비정상적인 스트레스가 가해져서 척추 측만증이나 근육통과 같은 근골격계 문제가 발생할 수 있다(오정환과 최수남, 2007; Matsou 등, 2008). 즉 적당한 부하를 주게 되면 조직 손상의 역치를 높여 안정성을 유지하게 되지만 반복적으로 주어지는 과부하는 조직손상의 원인이 되는 것이다(Mueller와 Maluf, 2002).

이러한 근골격계 문제들에 관한 연구들은 육안적 관찰에 의한 분석(observation analysis)에서 시작하여 영상필름 및 비디오카메라를 이용한 시각적 분석, 전자각도계의 사용에서부터 최근에는 근전도, 변환기

등과 함께 컴퓨터에 의한 첨단 3차원 동작분석기를 이용한 보행분석까지 이루어지고 있다(김봉옥 등, 1992; 한진태 등, 2005).

따라서 본 연구는 양측성 부하를 주기 위해 가방의 무게를 달리하여 보행에 어떠한 영향을 미치는지 확인하여 보행과 관련된 가방의 무게에 대한 중요성과 가방을 메는 습관에 대한 적절한 지침을 제시하는 목적이 있다. 인체는 무거운 가방에 의해 생리적 또는 역학적으로 영향을 받게 된다는 사실을 알 수 있지만, 가방에 의해 주어지는 양측성 부하가 보행에 미치는 영향에 대한 연구는 미약한 실정이므로 본 연구에서는 보행분석에서 광범위하게 쓰여지는 3차원 동작분석기를 이용하여 부하에 따른 관절각도의 변화치를 알아보기 위해 연구를 실시하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 연구의 목적을 이해하고 연구에 참여할 것을 동의한 신체 건강한 대학생 남녀 33명을 대상으로 보행의 변화를 측정하였다. 양측성 부하를 달리하기 위하여 0kg, 5kg, 7kg으로 가방을 멘 후 보행 시 일어나는 운동학적인 변인을 측정하였다.

2. 측정 장비 및 절차

1) 좌표 측정

APSUN 사의 3차원 실시간 동작 분석기 smart bx-500을 이용하여 측정하였다. 세로 1.52m, 가로 3.64m간격의 4대의 카메라의 직사각형을 이루는 위치에 9개의 표식자(marker)가 부착된 Y형 좌표 측정대(calibration frame)를 놓고 3차원 좌표 측정의 오차를 계측하여 처리하였다.

2) 마커 부착

10개의 표식자(marker)를 각각 신체 적용 부위(body

land mark)에 부착하여 측정하였다. 각 표식자는 형광 물질이 도포된 구형으로 은회색을 띄고, 일회용 양면 테이프를 사용하여 몸에 부착하였으며, 각 표식자의 위치는 다음과 같다(표 1).

표 1. 표식자 적용

	부착부위
Pelvis	양쪽 ASIS
Hip	양쪽 greater trochanter
Knee	양쪽 lateral epicondyle
Ankle	양쪽 lateral malleolus 5cm 밑
Toe	5th phalange(ankle의 측정지점에서수평인 지점)

3) 동작 설정

(1) 발뒤꿈치 닿기(Heel strikes: HS)

디딤기의 초기단계로 발뒤꿈치가 땅에 닿는 동작을 말한다.

(2) 중간 디딤기(Mid stance: MS)

발바닥 닿기 동작이 이루어진 후, 신체의 무게중심이 발바닥의 중심을 지나는 시기이다.

(3) 발가락 떼기(Toe off: TO)

디딤기의 마지막 단계로 발가락 끝이 지면에서 떨어지는 시기이다.

(4) 중간 흔들기(Mid swing: MSw)

발이 지면에서 떨어져 앞으로 나아가는 시기로 가속기의 마지막 단계이면서 감속기의 초기 단계이다.

4) 자료 처리

이러한 과정을 거쳐 얻어진 자료를 Smart Tracker로 궤적을 3차원으로 바꾸고 결과를 시각화, 도형화하는 작업을 하였다. Smart Analyser를 통해, 도형화한 모델을 3차원적으로 분석하고 결과값을 확인 및 수치화하여 표식자 간의 관절 각도를 구했다(그림 1).

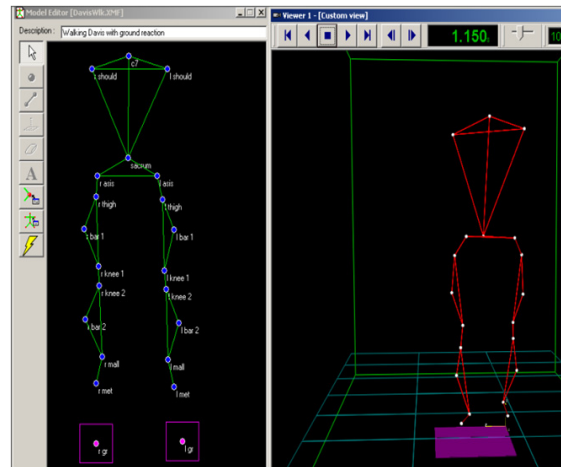


그림 1. 자료 처리(Data processing)

3. 통계 분석

본 연구에서 측정된 자료는 SPSS(version 21.0)을 이용하여 통계처리 하였다. 가방무게에 따라 3차원 동작 분석을 통해 측정된 보행 시 관절 각도의 비교 분석은 일원배치분산분석(one way ANOVA)로 측정하였고, 사후검정은 Tukey를 사용하였다. 본 연구의 통계적 유의 수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구대상자의 특성

연구에 참여한 대상자의 일반적 특성은 건강한 성인 33명(남자10명, 여자23명)을 대상으로 평균 나이는 23.6세, 평균 신장은 163.6cm, 평균 체중은 55.9kg이었다(표 2).

표 2. 대상자의 일반적 특성

	평균±표준편차	범위
나이(yrs)	23.66±4.84	20~33
신장(cm)	163.67±4.65	150~182
체중(kg)	55.96±6.12	42~76

2. 보행주기 동안 관절 별 각도 변화

1) 엉덩관절(Hip joint)

보행주기 동안 가방의 무게에 따라 엉덩관절의 관절각도를 측정하였다. 보행의 모든 주기에서 5kg과 7kg이 0kg에 비해 엉덩관절의 각이 증가되어 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 사후분석에서도 중간 디딤기(MS)에서 5kg은 $136.97 \pm 7.43^\circ$, 7kg에서는 $142.01 \pm 9.88^\circ$, 0kg은 $128.10 \pm 6.92^\circ$ 의 변화를 보였고, 중간 흔들기(MSw)에서는 5kg은 $139.36 \pm 8.70^\circ$, 7kg에서는 $144.01 \pm 13.03^\circ$, 0kg에서는 $127.45 \pm 7.35^\circ$ 의 변화를 보여 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$)(표 3).

표 3. 보행주기 동안 엉덩관절의 각도($^\circ$)

	0kg(n=11)	5kg(n=11)	7kg(n=11)	p
HS	118.14 ± 1.42	122.88 ± 1.78	127.23 ± 2.94	0.005*
MS	128.10 ± 6.92	136.97 ± 7.43	142.01 ± 9.88	0.000*
TO	138.19 ± 12.03	137.54 ± 12.32	147.30 ± 16.27	0.026*
MSw	127.45 ± 7.35	139.36 ± 8.70	144.01 ± 13.03	0.000*

* $p < .05$

HS : Heel strike, MS : Mid stance

TO : Toe off, MSw : Mid swing

2) 무릎관절(Knee joint)

보행주기 동안 가방의 무게에 따라 무릎관절의 관절각도를 측정하였다. 보행의 주기에서 발뒤꿈치 닿기(HS)와 중간 디딤기(MS), 중간흔들기(MSw)에서 5kg과 7kg이 0kg에 비해 무릎관절의 각이 증가되어 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < .05$). 사후분석에서도 발뒤꿈치 닿기(HS)에서 0kg은 $118.12 \pm 5.48^\circ$, 5kg은 $134.64 \pm 5.17^\circ$, 7kg에서는 $141.19 \pm 4.79^\circ$ 의 변화를 보여 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < .05$)(표 4).

표 4. 보행주기 동안 무릎관절의 각도($^\circ$)

	0kg(n=11)	5kg(n=11)	7kg(n=11)	p
HS	118.12 \pm 5.48	134.64 \pm 5.17	141.19 \pm 4.79	0.000*
MS	129.73 \pm 16.15	137.45 \pm 14.66	138.20 \pm 13.82	0.022*
TO	175.21 \pm 3.34	173.98 \pm 6.78	175.10 \pm 4.62	0.560
MSw	127.95 \pm 14.31	139.64 \pm 15.87	140.20 \pm 14.78	0.013*

* $p < .05$

HS : Heel strike, MS : Mid stance

TO : Toe off, MSw : Mid swing

3) 발목관절(Knee joint)

보행주기 동안 가방의 무게에 따라 발목관절의 관절각도를 측정하였다. 발목관절은 0kg에 비해 가방에 무게를 준 5kg과 7kg에서 관절각이 다소 증가하였으나 세 구간에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다($p > .05$)(표 5).

표 5. 보행주기 동안 발목관절의 각도($^\circ$)

	0kg(n=11)	5kg(n=11)	7kg(n=11)	p
HS	77.75 \pm 0.71	75.95 \pm 1.54	75.99 \pm 1.17	0.714
MS	90.83 \pm 4.05	91.27 \pm 1.14	91.94 \pm 1.18	0.872
TO	105.03 \pm 11.80	106.59 \pm 9.73	107.15 \pm 11.90	0.728
MSw	91.12 \pm 7.09	92.36 \pm 6.59	92.63 \pm 5.82	0.872

HS : Heel strike, MS : Mid stance

TO : Toe off, MSw : Mid swing

IV. 고 찰

보행이란 디딤기의 안정성을 유지하면서 신체를 앞으로 움직이며, 하지의 반복적인 진행으로 모든 체간과 하지의 여러 분절 사이의 상호작용이 연속적으로 행해지는 것을 말한다(Prince, 1997). 이러한 보행은 하지를 주로 이용하고 추진, 제동, 지지의 연속적인 단계를 가지며, 두 발이 지면과 접촉되는 특징을 가진다. 하지만 올바른 보행 동작을 이루지 못하면 인체 구조에 이상이 야기될 수 있다(안수연, 2012).

Chow 등(2005)은 비정상적인 자세를 유발하지 않는 가방의 무게 한계 범위는 체중의 10% 이하라 하였고, Negri 등(2007)은 가방의 무게가 체중의 10~15% 이

상일 경우 근골격계 문제를 유발하고, 체중심을 지지면에 유지시키기 위해 상체가 전방으로 굴곡이 일어나고, 허리뼈의 척추앞굽음증(lordosis)과 등뼈의 척추뒤굽음증(kyphosis)이 감소해 척추가 편평해진다고 하였으며, 가방을 착용하고 보행을 할 경우 가방의 무게와 위치로 인해서 동적 균형의 변화는 물론 자세 정렬의 변화를 인체에 유발하여 보행패턴이 변하게 된다는 것을 제시하고 있다(Weir, 2002).

이에 본 연구에서는 측정 시 가방의 무게는 평균적으로 몸무게의 10~20%라고 알려져 있다는(Limon 등, 2004, Whittfield 등, 2001) 선행 논문에 근거하여 0kg, 5kg, 7kg로 변화를 주어 보행패턴이 변하게 된다는 사실을 증명하고자 가방을 멘 상태에서 보행 시 동작분석기를 이용하여 하지(hip, knee, ankle)의 관절각을 측정하였다.

과도하게 무거운 가방 또는 잘못된 방법으로 가방을 운반할 경우, 보행 패턴의 변화 측면에서 보았을 때 신체중심의 이동에 영향을 받게 된다(Scott과 Winter, 1997). 이때 신체는 균형을 유지하기 위해서 무게가 가해지면 무의식적으로 외적부하에 대하여 평형을 취하게 되며, 중심선을 기저면의 중앙에 위치시키려고 한다고 하였다(조성초, 2001). 또한 윤남식(1980)도 일반 보행과 가방무게에 따른 보행과의 비교에 있어서 두 가지 방향의 선행연구를 하였으나 일반보행이든 가방무게에 따른 보행이든 동일하다는 결과를 보였다.

반면 조성초(2001)의 연구에서는 가방 무게가 증가함에 따라 하지의 발목과 무릎각은 변화가 없지만 몸과 넙다리뼈에 의해 이루어진 엉덩관절 각에 변화가 있다고 하였다. 이는 가방의 무게가 무거울수록 발이 착지한 후 한발로 지지하는 순간까지 몸이 앞으로 더 기운상태로 보행을 하기 때문이라 하였다. 또한 인체에서 중력중심선은 엉덩관절의 뒤, 무릎관절의 앞을 통과하고 있고, 인간은 한쪽에 무게가 가해지면 무의식적으로 자신의 팔을 옆으로 들어 올리거나 몸을 무게가 가해진 반대쪽으로 기울여서 외적인 부하에 대해 평형을 취해 중심선을 기저면 중앙에 위치시키려 한다(Kendall 등, 2005). 따라서 가방이 무거울수록 몸이 앞으로 더 기운 상태로 보행을 하게 되는 것이라고

보고하였다(진성태, 1997). 본 연구에서도 가방을 통해 양측성 부하가 증가함에 따라 엉덩관절의 발뒤꿈치 닿기, 중간 디딤기, 발가락 떼기, 흔들기의 보행 모든 주기에서 관절각도가 증가하는 것을 알 수 있었는데, 엉덩관절각이 증가된 것은 몸이 앞으로 기울어졌다는 것을 의미하며, 몸이 앞으로 기울어진 것은 인체의 등에 가해진 무게에 대하여 안정을 취하기 위해 인체의 분절이 기울어진 현상이라 할 것이다.

정상적인 발목관절에 갑작스러운 무게변화는 그 주위 조직이 신장되고, 고유수용감각이 자극되며 이 자극은 반사적으로 발목관절 주위 근육을 수축시키고 발목관절의 안정성을 유지하려고 하였다(유경석, 2005). 본 연구에서도 무릎관절은 발뒤꿈치 닿기, 중간 디딤기, 흔들기의 주기에서는 관절각도가 감소하였으나, 발가락 떼기의 주기에서는 관절각도가 증가하였으며, 발목관절에서는 발뒤꿈치 닿기, 중간 디딤기, 흔들기의 주기에서는 관절각도가 증가하였으나, 발가락 떼기의 주기에서는 관절각도가 감소하였다.

본 연구에서도 무릎관절은 발뒤꿈치 닿기, 중간 디딤기, 발가락 떼기, 흔들기의 보행 모든 주기에서 관절각도가 증가하는 것을 알 수 있었는데, 이는 무게부하에 의해 무릎의 부하를 줄이기 위한 일종의 의식적인 자기 보호 작용을 하는 것이며(위웅량, 2009), 조절을 통하여 신체의 손상과 효율적인 이동에 도움을 줄 필요성이 있다고 사료된다(장중성 등, 2012).

이러한 연구결과로 보아 양측성 부하의 무게에 따라 자세의 변화에 유의한 차이가 있으므로 무거운 무게의 가방을 메는 것은 자세변형을 유발시킬 수 있는 요인으로 작용할 수 있기 때문에 신체에 무리가 가지 않을 정도로 가방을 착용할 필요가 있다. 앞으로 가방의 형태와 무게 그리고 메는 방법이 더 다양해짐에 따라 인체에 미치는 영향에 대한 광범위한 연구가 이루어질 필요성이 있다고 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 앞엉덩아래가시(ASIS)의 표식자를 가리지 않기 위해 팔을 굽혀서 걷게 하였으며, 책가방 위치에 의해 엉치뼈(sacrum)에 표식자를 부착할 수 없었다.

V. 결 론

본 연구는 양측성 부하가 보행의 운동학적 요인에 미치는 영향을 알아보기 위해서 20~30대 남녀 33명을 대상으로 하여, 3차원 동작분석기를 이용하여 측정하였으며, 결과는 다음과 같다.

- 1) 양측성 부하가 증가함에 따라 엉덩관절의 발뒤꿈치 닿기, 중간 디딤기, 발가락 떼기, 흔들기의 모든 주기에서 각도는 증가하였다.
- 2) 양측성 부하가 증가함에 따라 무릎관절의 발뒤꿈치 닿기, 중간 디딤기, 흔들기의 주기에서는 각도가 증가하였다.
- 3) 양측성 부하가 증가함에 따라 발목관절의 발뒤꿈치 닿기, 중간 디딤기, 발가락 떼기, 흔들기의 모든 주기에서 각도는 변화가 없었다.

따라서 양측성 부하가 보행에 미치는 영향에 차이가 있었으므로 가방의 무게 중심선에 대하여 척추앞굽음증과 척추뒤굽음증을 유발시킬 수 있는 정도의 무거운 가방을 메지 않는 것이 바람직하다고 생각된다.

그에 따라 과도하게 관절 각도가 증가되는 것을 막을 수 있도록 가방의 무게를 분산시켜 주는 것이 보행 변화에 긍정적인 효과를 줄 수 있을 것이라 생각된다.

참고문헌

- 김관영, 오정환, 최대우. 가방 끈 변화에 따른 보행동작 분석. 체육과학회지. 2006;24(1):141-148.
- 김봉옥, 이제운, 박상균. 3차원 동작 분석기를 이용한 정상 보행 분석. 충남의대잡지. 1992;19(2):509-516.
- 안성규. 신발 힐의 높이에 따른 보행자세의 운동역학적 분석(석사학위논문). 제주대학교. 1997.
- 안수연. 군장 무게위치변화에 따른 보행 분석에 관한 연구(석사학위 논문). 대구가톨릭대학교. 2012.
- 오정환, 최수남. 학교 가방 끈 길이가 보행 자세에 미치는 영향. 한국사회체육학회지. 2007;30:619-629.
- 유경석. 무릎관절각도가 발목근육의 근전도 활동에 미치는 영향(석사학위논문). 용인대학교. 2005.
- 윤남식. 초등학교 어린이의 가방무게와 운반방법에 대한 kinesiology적 연구. 한국체육학회지. 1980;19:109-117.
- 임인혁, 엄기매, 김현숙. 가방의 형태와 무게가 신체정렬에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지. 2009;16(2):11-17.
- 위웅량. 정상아동과 비만아동의 무게부하 보행에 따른 생체역학적 비교분석(석사학위 논문). 용인대학교. 2009.
- 장종성, 최진호, 이미영. 체간에 무게 부하를 적용한 정상 성인의 보행 분석. 대한물리의학회지. 2012;7(1):69-75.
- 정형국. 정상 성인의 무게 부하 보행이 관절 모멘트의 변화에 미치는 영향. 대한물리치료사학회지. 2003;10(2):53-61.
- 진성태, 권영후, 곽창수, 이동우. 스포츠생체역학Ⅱ. 서울: 한국체육과학 연구원, 1997.
- 조성초. 책가방 무게가 초등학생의 보행에 미치는 영향. 대한스포츠의학회지. 2001;19(2):303-310.
- 한진태, 이종대, 배성수. 정상인의 오름경사로 보행 시 경사각에 따른 하지관절의 삼차원적 동작분석. 대한물리치료학회지. 2005;17(4):633-650.
- Chow DH, Kwok ML, Au-Yang AC, Holmes AD, Cheng JC, Ya FY, Wong MS. The effect of backpack load on the gait of normal adolescent girls. Ergonomics. 2005;48(6):642-656.
- Hong Y, Li JX. Influence of load and carrying methods on gait phase and ground reactions in children's stair walking. Gait&Posture. 2005;22:63-68.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Rodgers MM, Rpmanni WA. Muscle Testing and Function with posture and pain. 5th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
- Limon S, Valinsky L, Ben-Shlon Y. Children at risk: Risk factor for low back pain in elementary school environment, Spine. 2004;29:697-702.
- Matsuo T, Hashimoto M, Koyanagi M, Hashizume K.

- Asymmetric load carrying in young and elderly women; Relationship with lower coordination. *Gait& Posture*. 2008;28(3):517-520.
- Muller MJ, Maluf KS. Tissue adaptation to physical stress: A proposed "Physical stress theory". *Phys Ther*. 2002;82(4):383-403.
- Negrini S, Negrini A. Postural effects of symmetrical and asymmetrical loads on the spines of school children. *Scoliosis*. 2007;2(8):1-7.
- Prince F, Corriveau H, Bert R. Gait in the elderly. *Gait & Lamp: Posture*. 1997;5(2):128-135.
- Scott SH, Winter DA. Internal forces of chronic running injury sites. *Med Sci Sports Exerc*. 1990;22(3):357-369.
- Weir E. Avoiding the back-to-school backache. *CMAJ*. 2002;167(6):669.
- Whittfield J, Legg S, Hedderly D. The weight of use of schoolbag in New Zealand secondary school. *Ergonomic*. 2001;44:819-824.

논문접수일(Date Received) : 13년 11월 1일
논문수정일(Date Revised) : 13년 11월 15일
논문게제승인일(Date Accepted) : 13년 11월 30일