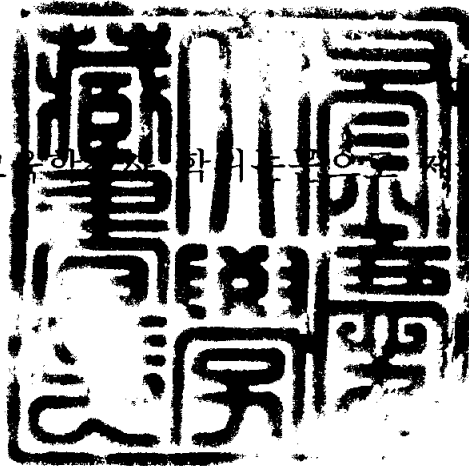


교육학석사 학위논문

20대 남성의 속도에 따른 지면반력 분석

지도교수 김 용 재

이 논문을 교육학 석사 학위논문으로 제출함



2004년 8월

부경대학교 교육대학원

체육교육전공

임 동 욱

임동욱의 교육학석사 학위논문을 인준함

2004년 6월 일

주 심 교육학박사 박 형 하



위 원 이 학 박 사 신 군 수



위 원 이 학 박 사 김 용 재



목 차

Abstract

I. 서론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	3
3. 연구문제	3
4. 연구의 제한점	4
5. 용어 및 약어의 정의	4
II. 이론적 배경	7
1. 보행과 지면반력	7
2. 속도에 따른 충격력	10
3. 속도에 따른 추진력	12
4. 속도에 따른 힘부하율	13
III. 연구방법	15
1. 연구대상	15
2. 연구기간	15
3. 측정항목	16
4. 측정도구	16

5. 측정방법	17
6. 실험설계 및 방법	18
7. 자료분석	20
 IV. 연구결과	 21
1. 충격력 크기의 차이	21
2. 충격력 발생시간	22
3. 추진력 크기의 차이	24
4. 추진력 발생시간	26
5. 힘부하율 크기의 차이	27
 V. 논의	 29
1. 충격력 크기의 차이	29
2. 충격력 발생시간	31
3. 추진력 크기의 차이	32
4. 추진력 발생시간	33
5. 힘부하율 크기의 차이	34
 VI. 결론 및 제언	 36
1. 결 론	36
2. 제 언	37

참 고 문 헌	39
---------------	----

표 목 차

표 1. 연구대상자들의 신체적 특성	15
표 2. 측정 도구	16
표 3. 충격력 크기의 차이	21
표 4. 충격력 크기에 대한 분산분석	22
표 5. 충격력 발생시간	23
표 6. 충격력 발생시간에 대한 분산분석	23
표 7. 추진력 크기의 차이	25
표 8. 추진력 크기에 대한 분산분석	25
표 9. 추진력 발생시간	26
표 10. 추진력 발생시간에 대한 분산분석	27
표 11. 힘부하율 크기의 차이와 분산분석	28

그림 목차

그림 1. treadmill protocol	19
그림 2. 충격력 크기의 차이	22
그림 3. 충격력 발생시간	24
그림 4. 추진력 크기의 차이	25
그림 5. 추진력 발생시간	27
그림 6. 힘부하율 크기의 차이	28

Analysis of Ground Reaction Force with Various Speed for Twenties Male

Dong-Wook Lim

Department of Physical Education Graduate School
Pukyong National University

Abstract

The purpose of this study is to offer the research materials of injury protection and the decision of the exercise load amount for the male, making out the power load amount and the dimensions and the time of the definite point for impact force and active force by analyzing the change of the ground reaction force(GRF) resulted from the change of the exercise speed with using the treadmill that set with GRF.

The selected subjects of this study were six undergraduates who were normal male and not injured.

We used treadmill that set with the ground reaction force(GRF) machine. The treadmill speed was 1.25m/s for walking and 2.0m/s, 2.5m/s for jogging and 3.0m/s for running.

The dependency factor were impact force and the time of it's generation, active force and the time of it's generation and the power load rate by the

various speed during the treadmill running . We used the SPSS/PC 10.0Ver. to analysis the result of the measured GRF by the subject and output the mean and standard declination. In the comparison of the body and the GRF measurement by the subject, we used One-way ANOVA. All of the statistical significant level was $\alpha=0.05$.

The analyzed result by the various speeds are followings.

1. There were no much differences between 1.25m/s and 2.0m/s by the speeds(1.25m/s, 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s) about the impact force.

Over the 4.47m/s, the speed increased with the meaning of the relation statistically.

2. The time of the impact force origination were getting faster in separate between the speeds. The % origination time of the stance phase were getting faster in separate as well. By the speed increase, it was faster with the meaning of the relation in the level of the 1% statistically.

3. The active force increased with the meaning of the relation in separate between the speeds by the speed increase statically.

4. The origination time of the active force was getting faster between the speeds, but the % origination time of the stance phase appeared late in the 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s running speeds except 1.25m/s in the walking motion.

5. The power load rate were increased with the increasing of the speed and the meaning of the relation statically.

I. 서론

1. 연구의 필요성

인간을 비롯해서 지구에 살고 있는 발을 가진 모든 동물들은 걷기도 하고 뛰기도 한다. 직립보행은 인간 특유의 이동 운동으로 일상적인 활동의 기본이 되는 동작이라고 할 수 있다. 이러한 보행 동작은 의식 또는 무의식으로 수행되므로 단순한 신체의 움직임이라고 생각하기 쉬우나 실제로는 100여 개의 골격근이 상지와 하지의 여러 관절과 협응 동작을 이루고 있는 복잡한 신체활동이라고 하였다(Scott, S. H., & Winter, D. A. 1990).

또한 보행은 인간의 정상적인 성장 발달을 도모할 뿐만 아니라 부족한 운동량을 보강하며 건강을 유지 증진시킨다는 점에서 더욱 중요시되고 있다. 보행의 기본은 두 발로 걷는 것으로, 신체를 한 지점에서 다른 지점으로 이동하는 것이며, 보행의 특징은 다른 이동운동에 비해 두 발 중 어느 한 발은 항상 지면에 닿아 있다는 것이다. 보행동작과 관련된 주요 역학적 변인들은 보폭, 보행속도, 지지시간, 무게중심 운동과 같은 운동학적 요인과 발과 지면이 접촉할 때 생기는 지면반력과 같은 운동역학적 요인들이다(장은지, 1991).

과학기술의 발달로 생활이 더 편리해지고 자동화됨에 따라 인간에게 신체 활동의 기회를 제안하게 되었고, 이는 운동부족 현상을 초래하여 성인병 발생의 주요 원인으로 부각되고 있는 실정에 있다. 그러나 한편으로는 효율적인 보행 동작이 현대인들이 갖게 되는 운동 부족을 어느 정도 대체

해줄 수 있다는 사실과 함께 잘못된 보행 동작은 관절, 근육, 뇌와 신체 구조 등에 질병을 야기 시킬 수 있다는 것은 현시점에서 매우 신선한 충격을 주는 획기적인 것이다(김유신, 2002).

최근 걷기나 달리기에 대한 관심이 고조되면서 트레드밀과 일반지면을 비교하고 트레드밀 운동의 역기능에 관심을 가진 연구들이 다수 행해지고는 있다. 그러나 아직까지도 의견의 일치를 보이지 않고 있다(윤남식, 이경옥, 김지연, 2001).

트레드밀은 오늘날 헬스장이나 운동센터에서 쉽게 접할 수 있으며 현재 생활 체육 참여자들이 가장 선호하는 기구들 중에 하나로 자리잡고 있다.

트레드밀은 테스트와 트레이닝을 위해서 편리한 조건과 운전에 따라 인체 이동 연구에 많이 사용되고, 좁은 지역에서도 용의하며, 관찰장비와 카메라와 더불어 사용되기도 한다(F. Alton, L. Baldey, S. Caplan, M.C. Morrissey, 1998).

이러한 트레드밀 운동이 유산소 운동으로서의 운동효과를 얻기 위해서는 최소한 30분 이상 지속되어야 한다. 그러므로 이 때 하지는 반복적, 지속적으로 충격을 받게되어 적절한 강도와 운동방법으로 시행하지 않을 경우 트레드밀 특유의 상해를 입을 수 있다. 실지로 트레드밀 운동의 특성에 관한 역학적 분석자료의 부족으로 트레드밀 운동을 실시하는 대부분의 헬스 센터에서는 주관적인 평가에 의존하여 트레드밀의 운동 강도를 설정하고 있는 실정이다(김지연, 2000).

이렇듯 트레드밀 운동을 실시하는 사람들의 상해가 증가됨에도 불구하고 트레드밀 운동의 특성에 관한 역학적 분석 자료는 미비한 실정이다(Elliott, B. C., & Blanksby, B. A., 1976).

또한 보행 중 인체에 미치는 최대의 스트레스는 입각기 동안의 수직지면

반력이므로 수직지면반력 정점의 크기와 그 시간, 충격량, 힘부하율을 분석하는 것은 중요하다(이경옥, 김지연, 2001).

따라서 본 연구는 트레드밀 운동시 많이 선택하게 되는 속도의 분석을 통해 보행의 기본 매커니즘을 밝힘으로써 운동 부하량 결정이나 상해예방에 필요한 자료 제공에 도움을 주기 위해 본 연구의 필요성이 있다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 성인 남성이 지면반력기가 장착된 트레드밀을 사용하여 운동속도의 변화에 따른 지면반력의 변화를 분석하여 충격력과 추진력의 정점 크기와 발생시간, 힘부하율을 밝힘으로써 트레드밀운동시 운동부하량의 결정이나 상해예방에 필요한 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

3. 연구의 문제

본 연구에서 밝히고자 하는 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 트레드밀 운동 수행시 속도에 따라 충격력 크기의 차이를 밝힌다.
- 2) 트레드밀 운동 수행시 속도에 따라 충격력 발생시간 차이를 밝힌다.
- 3) 트레드밀 운동 수행시 속도에 따라 추진력 크기의 차이를 밝힌다.
- 4) 트레드밀 운동 수행시 속도에 따라 추진력 발생시간 차이를 밝힌다.

5) 트레드밀 운동 수행시 속도에 따라 힘부하율 크기의 차이를 밝힌다.

4. 연구의 제한점

본 연구를 수행함에 있어서 다음과 같은 제한점을 두었다.

- 1) 피험자는 P광역시에 거주하는 20대 성인 남성으로 최근 1년간 상해 경력이 없는 자로 한정하였다.
- 2) 보행 속도는 트레드밀 상의 속도로 구분하였다.
- 3) 피험자의 생리적 현상과 심리적 상태는 고려하지 못했다.

5. 용어 및 약어의 정의

본 연구에서 주로 사용되는 용어 및 약어의 정의는 다음과 같다.

- 1) 동역학(kinetics) : 동작을 유발하는 힘(force)과 관계하는 동역학의 분야로 내력·외력이 중요한 변인이다. 내력은 근육이나 다른 조직들의 활동 및 마찰에서 비롯되며, 외력에는 지면반력(ground reaction force), 중력(gravity) 등이 있다. 여러 운동학적 변인과 외력 자료로부터 근모멘트(muscular moment), 순발력(power), 에너지

등의 자료를 추출한다.

- 2) 지면반력(GRF : ground reaction force) : 인체가 지면과의 접촉을 통해 지면에 가해진 힘에 대한 반작용력을 말한다. 인체 운동 연구에 있어서 반드시 고려되어야 하는 중요한 외력 중의 하나이다.
- 3) 보행주기(gait cycle) : 보행의 관점에서 동일한 발이 지면에 닿은 후 연속적으로 다시 지면에 접촉하기까지의 주기, 보통 입각기(stance phase)와 체공기(swing phase)로 이루어진다.
- 4) 입각기(ST : stance phase) : 보행주기에서 발이 지면에 닿아있는 기간으로 지지기 또는 접촉기로도 불리며, 초기접지(initial contact)에서 발이지(foot-off)까지를 말한다.
- 5) 체공기(SW: swing phase) : 유각기라고도 하며 보행주기에서 하지를 앞으로 전진시키기 위해 발이 공중에 떠 있는 시기로써 발이 지면을 떠나 다시 닿기 전까지의 기간을 말한다.
- 6) 충격력 : 임팩트 정점(impact peak)을 나타내며, 주행시 발생하는 두 개의 수직지면반력 정점 가운데 제1 정점으로 이 정점이 나타나지 않는 주장들도 있다.
- 7) 추진력 : 액티브 정점(active peak)을 나타내며, 주행시 발생하는 두 개의 수직지면반력 정점 가운데 제2 정점으로 이 정점만을 보여주는 주장들도 있다.
- 8) %BW/s : 힘부하율(loading late)을 나타냄. 수직지면반력 정점의 크기를 그 지점에 이르는 시간으로 나눈 값을 말한다.
- 9) %BW(% body weight) : 지면반력 측정시 체중에 대한 비율을 나타내는 단위.
- 10) N(Newton) : 힘의 단위. 질량 1kg의 물체에 작용하여 매초 1m의

가속도를 생기게 하는 힘.

11) m/s : 속도의 단위. 1초 동안 이동한 거리를 나타낸다.

II. 이론적 배경

1. 보행과 지면반력

보행에 관한 연구는 기원전 Hippocrates가 “보행시 에너지 소모와 기온의 관계로 미루어 피로하지 않게 걷는 방법”과 “살을 빼거나 에너지 소모를 하지 않는 보행 방법”을 가르쳤으며, 근래에는 보행을 해부·생리학적, 기능학적, 미적 등 다각적으로 연구하고 있다(이영태, 1982).

이러한 보행은 아주 어린 시절부터 시작하여 노년기까지 해야만 하는 운동임에도 불구하고, 개인의 특정한 보행 형태는 이른 시기에 특정화되고 더구나 형태가 습관이 되어버리면 자연적으로는 교정이 거의 불가능한 특성을 가지고 있기 때문에, 보행이 최근에 재활 의학이나 운동과학에서 많이 다루어지고 있는 중요한 동작이라는 것은 두말할 나위가 없다(정철수, 신인식, 서정석, 은선덕, 인권, 2001).

19세기에는 역학적인 연구나 실험상황에서 실시된 연구는 아니었지만 인간의 족적연구를 통한 보폭이나 각도 그리고 보속에 관한 연구가 이루어졌다. 이후 과학의 발달로 여러 기가재가 개발됨에 따라 보행에 영향을 미치는 여러 변인들을 고려하게 되었고, 이런 변인들의 특성을 알아봄으로써 인간의 보행을 특징화하기에 이르렀다. 60년대를 거쳐 70년대 말에 이르는 보행의 초기연구는 주로 동작의 주류를 이루는 시상면상에서의 특징을 살펴보는 2차원 분석법을 이용하여 보행의 특성을 결정짓는 변인들을 연구하였다(김지연, 2000).

보행연구는 이러한 기본적인 기술 연구에서 시작하여 보다 복잡하고 다양한 측정도구와 방법을 사용하고 다양한 수학적 모델링 기법을 사용한 최근의 연구에 이르기까지 독특한 영역을 구축하며 발전해 왔다. 지금까지 시도된 연구를 분야별로 살펴보면, 초기의 신체의 무게 중심의 이동이나 발 아래의 압력에 관한 연구에서 시작하여, 지면반력기를 사용한 발 아래의 반발력의 크기와 방향에 관한 연구, 걷는 동안의 근육활동에 대한 근전도 연구, 에너지 소모에 관한 연구 등 무수한 연구들이 이어지고 있으며 최근에는 보행에 장애가 있는 환자들을 대상으로 외과적 장애를 일으킬 수 있는 동작에 대한 의학적 진단과 개선에 초점을 둔 임상적 연구들도 많이 시도되고 있다(은선덕, 2001).

그리고 3차원 동작 분석기를 이용한 보행 분석법은 그 정확성과 객관성이 인정되어 최근에 이용 빈도가 증가되고 있으나, 국내에는 아직 보행 분석 시 참고 자료로 사용되는 정상인의 연령별, 성별 보행 분석 데이터가 미비하여 외국의 자료를 인용하고 있는 실정이다(권도윤, 1997).

걷기는 몸을 지지할 때 두 다리가 동시에 지면과 닿아 있는 시기가 있는 반면, 달리는 그 시기가 없어지는 순간부터 정의하기도 하며, 특히 두 발이 지면으로부터 모두 떠 있는 체공시기가 있는 것으로 일반적으로 구분한다(박해동, 1992).

걷기의 경우 지지구간은 보행주기의 약 60%를 차지하고, 비지지구간은 나머지 40%를 차지하며, 지지구간 시 두 번의 양발지지구간이 발생한다. 이 때 보행의 속도가 빨라지게 되면 지지구간은 짧아지고 반대로 스윙구간이 길어진다(Williams, 1985).

달리는 중 인체에 미치는 최대의 스트레스는 지지구간 동안의 지면반력이다. 이러한 측정은 포스 플랫폼으로 하며, 이러한 포스 플랫폼은 전·후,

좌·우와 수직 방향의 힘의 성분 및 자유모멘트가 시간에 따라 변하는 정도를 반영시킬 수 있으므로, 좌우의 하지를 다딜때의 힘의 변화와 개인간의 시간에 따른 힘 변화의 비교를 가능케 한다(박해동, 1992).

보행시의 수직 지면반력은 보행속도가 빠를수록 그리고 보폭이 클수록 커진다고 하였는데, 그 이유는 보행속도를 빠르게 하려면 추진력이 증가해야 하므로 지면반력이 증가하는 것이라고 하였다. 또한 역제기로부터 추진기로 전환되는 순간에 수평 지면반력이 순간적으로 0의 상태에 이르게 되며 이때를 기준으로 수직 지면반력은 급증한다. 한편 추진기에서는 수직 및 수평 지면반력이 모두 증가 추세를 나타내다가 유각기(swing phase)로 접어들어 점차 감소하게 된다고 하였다(장은지, 1991).

주행 중 지면과의 접지시 수직지면반력의 변화형태를 보면 후족착지형의 경우 전형적으로 분명한 2개의 정점이 보인다. 이 2개의 정점에 대한 용어는 학자들에 따라 달라서 수동적 힘 정점(passive force peak)과 능동적 힘 정점(active force peak)과 추진력 정점(propulsive force peak)으로 표현하기도 하고, Cavanagh와 Lafortune(1980)은 처음 정점을 초기정점(initial peak)이라고 지칭하였다. Cavanagh와 Lafortune(1980)은 임팩트 정점이 착지의 충격과 관계가 있고 액티브 정점은 추진과 관계가 있다고 하였다(김지연, 2000).

걷기와 달리기에 대한 연구는 조병준과 이민형(2001)의 3m/s 이상의 속도 변화에 따른 고등학교 중장거리 선수와 비선수를 대상으로 지면반력을 측정하여 선수들이 비선수들에 비해 더욱 효율적으로 달린다는 것을 밝혀냈으며, 또한 김로빈, 김승재(2001)는 보폭의 증가가 지면반력을 증가시키며, 발생시기에도 영향을 미치는 것으로 나타났다.

지면반력은 남녀 간에 유사한 패턴으로 나타났고, 수평 방향의 힘이 0이

되는 시간은 중간 지점이 아니며, 지지기 전반의 시간이 후반 보다 짧게 나타났다(조병준, 2002).

그 이외에도 김영호, 양길태, 문무성(1997)의 트레드밀에서의 경사로 정상보행에 관한 지면반력의 정점의 크기 변화를 밝혔고, 일반인과 장애인의 비교에서 일반성인의 연령별 보행에서는 제동력(F_{y1})이 추진력(F_{y2})보다 더 큰값을 보이는 것으로 보고하였다. 그러나 시각장애와 뇌성마비를 가지고 있는 어린이를 대상으로 한 연구에서는 추진력(F_{y2})이 보다 큰 것으로 보고하고 있다(정남주, 윤희중, 2001).

또한 광창수(1993)은 속도4m/s의 주행시 중저의 경도는 최대 추진력과 충격력, 최대 추진력이 발휘되는 시점에는 영향을 미치지 않으나 최대 충격력이 발휘되는 시점에는 영향을 미친다. 또한 경도가 클수록 힘 부하율이 크게 나타나서 발의 충격흡수에는 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고하였다.

2. 속도에 따른 충격력

충격력은 수동적인 힘(passive force)이라 부르기도 하며 수직 지면반력의 곡선 중에서 2개의 정점 중 제 2정점의 크기를 말한다.

보행시 정상인과 비정상인의 지면반력에 관한 연구에서 정상인의 경우 신발을 착용했을 경우 수직방향에서의 평균 충격력이 389.4N로 나타났으며, 맨발의 경우 수직방향에서 390.56N의 크기를 보인바 맨발의 경우가 신발을 착용했을 경우보다 약간 큼을 알 수 있으나 큰 차이는 없었다. 비정

상인의 보행시 수직방향에서 426.55N의 크기로 평균치를 나타냈다. 여기서 정상인의 경우와 비교해 볼 때 비정상인의 경우 수직방향에서의 수직 충격력이 훨씬 더 크게 나타났다(박해동, 1992).

장은지(1991)는 보행속도별 보행동작의 운동역학적 분석에서 피험자(S) 3명의 평균 속도인 느린 보행 속도 0.874m/s와 보통 보행 속도 1.272m/s 그리고 빠른 보행 속도 1.684m/s로 측정하여 피험자 S 2의 느린 보행에서는 임팩트 포스가 나타나지 않았다. 피험자 별로 전반에 나타난 정점에서는 S 3가 평균 지면반력이 1.2N으로 가장 컸고, 후반에 나타난 정점에서는 S 1이 1.06N으로 가장 컸다.

Cavanagh(1980)는 4.5m/s의 속도로 주행시 임팩트 정점은 착지 후 약 20ms에서 체중의 약 2배 정도 크기로 나타나고, 액티브 정점은 80ms에서 체중의 거의 3배의 크기로 나타났다고 하였다.

트레드밀 위에서 걷기를 할 경우 수직 성분의 지면반력을 측정하여 4개의 정점을 분석하였으며, 그 크기는 각 피험자의 체중으로 나누어 무차원화 하였다. 제 2정점은 선행연구의 충격력이며 1.135%BW로 나타났으며, 입각기시 23.5%의 범위에서 나타났다. 달리기시에는 수평경사에서 충격력의 크기는 체중의 1.72배로 선행연구들에 비해 적은 수치를 보였다(김지연, 2001).

곽창수(1993)는 선행연구 결과와 같이 운동화 중저의 경도가 충격력의 크기에 영향을 미치지 않았다. 충격력의 크기는 평균 1043.2N으로서 체중의 1.6배이며 경도간에는 통계적 차이가 없었다. 또한 최대 충격력 발휘까지 걸린 시간은 평균 38.1ms로서 총접지 시간의 15% 지점에 나타났으며, 중저의 경도가 영향을 미쳤다.

김로빈, 김승재(2001)는 보행시 보폭에 따른 지면반력의 변화 분석에서

1.34m/s를 기준으로 스텝 길이를 10%씩 증·감 했을 때의 충격력을 알아 보았다. 충격력은 보폭이 길어 질수록 증가하였고, 보폭의 증가는 지면반력을 증가시키는 결과를 가져 왔으며, 발생시기에도 영향을 미치는 것으로 나타났다.

김영호, 양길태, 문무성(1997)은 트레드밀에서의 경사로 정상보행에 관한 동작 분석에서 충격력은 발뒤축 접지기의 후기에 하중을 수용하는 시기에 해당되는 지면반발력으로 전체 보행 주기의 약 10~15%에 형성되며 자유 보행시 체중의 약 110% 정도가 보통이다.

3. 속도에 따른 추진력

추진력은 가속도가 아래로 작용하면서 앞으로 추진하기 위한 힘이다.

걸기시 추진력은 수평경사에서 1.09%BW, 5% 경사에서 1.13%BW, 10% 경사에서 1.15%BW를 보여 상향경사일수록 큰 힘이 적용됨을 알 수 있다. 또한 발생시간은 수평경사 77.7%, 5% 경사에서 76.2%, 10% 경사에서 77.5%를 나타냈다. 달리기시에 추진력은 체중의 2.1~2.4배 크기의 정점이 발생하였는데 경사에 따른 차이는 없었으며, 속도가 빨라질수록 정점의 크기가 커지는 경향을 보였다. 달리기시 추진력의 발생시간은 보행주기의 32~42% 사이에 발생한다고 하였다(김지연, 2001).

보폭에 따른 추진력의 크기에서 보폭의 증가에 따라 규칙적인 증감 추세가 나타나지 않았다. 또한 추진력이 발생하는 시기는 72.4%, 72.8%, 그리고 73.7%로 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만 보폭의 증가에

따라 발생시기가 늦어지는 결과가 나타났다(김로빈, 김승재, 2001).

트레드밀에서 경사로 정상 보행에 관한 동작 분석에서 추진력은 전체 보행 주기의 약 45~50%의 발 뒤축 돌림기의 시작으로 인해 가속도가 아래쪽으로 향함에 의해 형성되는 힘으로, 그 크기는 충격력과 비슷하다고 하였다(김영호, 양길태, 문무성, 1997).

정남주, 윤희중(2001)은 남자 비만 어린이 보행주기의 생체 역학적 분석에서 충격력은 1.13%BW를 보였으며, 추진력은 1.05%BW의 값을 보였다. 전체적으로 충격력이 추진력에 비해 더 큰 값을 보이고 있었다. 이러한 원인은 충격 피크(peak)가 발이 지면에 접촉한 후 이를 기점으로 전신이 하강하면서 근의 조절 하에서 통제를 받지 않기 때문으로 보고 하였다.

4. 속도에 따른 힘부하율

힘부하율은 단위시간당 받는 힘이기 때문에 부하율이 적으면 인체에 순간적으로 작용하는 힘이 적으므로 충격이 적다고 할 수 있고, 부하율이 크면 작용하는 힘이 크기 때문에 충격이 크다고 할 수 있다.

최규정, 권희자(2003)은 보행용 전문 신발과 일반 운동화의 운동역학적 비교 분석에서 최대 수직 지면반력과 부하율에 대해 분석하였다. 4명의 연구 대상에 대하여 부하율을 계산한 결과, 피험자 순서대로 일반 신발은 5.07, 4.58, 5.36, 5.06 이었으며, 보행용 신발은 4.72, 4.15, 4.51, 4.55였다. 그리고 신발 종류에 따라서는 비교적 적은 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 보행용 신발의 수직 지면반력이 적게 나타남으로써 발목 관절에 부가되

는 부하가 적고, 부하율 역시 적음으로써 힘의 분산을 통하여 부상의 위험을 줄일 수 있는 것으로 기대되며, 이러한 차이는 보행용 신발의 구조적 차이에 의한 것으로 해석할 수 있으며, 착지에 따른 지면반력이 적다는 사실을 보임으로써 보행용 신발의 전문성을 확인할 수 있다는 점이 가치있다고 하였다.

걷기시 1정점과 2정점의 힘부하율을 분석한 결과 수평에서 1정점은 12.1%BW/s, 2정점은 7.72%BW/s로 나타났다. 달리기시의 힘부하율은 속도에 대한 사후검증결과 속도가 2.0m/s에서 2.5m/s, 3.0m/s로 증가할수록 1정점 힘부하율은 증가하였다. 경사도에 따른 사후검증결과 각각의 경사간 차이를 보이며 경사가 올라갈수록 1정점 힘부하율은 감소하는 경향을 보였다(김지연, 2001).

곽창수(1993)는 최대 충격력 부하율은 운동화 중저의 경도가 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 그러나 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 경질일수록 부하율이 크게 나타났다. shore A40이 가장 적게 나타났고 shore A 60이 가장 크게 나타났다. 이러한 결과는 전 장에서 총충격의 크기가 정반대로 나타났던 점을 고려하면 의외의 결과라고 볼 수 있다. 그러나 이러한 결과는 최대 충격력 발휘까지 걸린 시간이 shore A40의 경우 매우 큰 차이가 있었기 때문에 발생한 것이다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구에서는 20대의 성인남성 6명을 대상으로 하였고, 특히 모든 피험자들의 발 형태는 정상족이고 후족 착지형이며, 최근 1년간 하지의 상해 경력이 없는 사람으로 선정하였다. 연구 대상자들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구 대상자들의 신체적 특성 (M±SD)

연구대상 (n)	나이 (yrs)	신장 (cm)	체중 (kg)
6	24±0.4	170.6±2.5	67.2±2.0

2. 연구 기간

- | | | |
|------------------|---|----------------------|
| 1) 연구 계획 | : | 2003년 6월 ~ 2003년 8월 |
| 2) 선행 연구 및 문헌 연구 | : | 2003년 9월 ~ 2003년 11월 |
| 3) 실험 및 측정 | : | 2003년 12월 ~ 2004년 1월 |
| 4) 결과 처리 및 분석 | : | 2004년 2월 ~ 2004년 4월 |
| 5) 논문 작성 | : | 2003년 4월 ~ 2004년 5월 |

3. 측정 항목

본 연구에서 측정된 구체적인 항목은 다음과 같다.

1) 지면반력

- (1) 충격력 크기의 차이
- (2) 충격력 발생시간
- (3) 추진력 크기의 차이
- (4) 추진력 발생시간
- (5) 힘부하율 크기의 차이

4. 측정 도구

본 연구에 사용된 측정 도구 및 그 용도는 <표 2>과 같다.

표 2. 측정 도구

측정의 도구	제작사 및 모델	용도
트레드밀(Treadmill)	Gaitway Instrumented Treadmill(Kistler)	지면반력 분석
신장계	삼화기계(Korea)	신장 계측
체중계	삼화기계(Korea)	체중 계측

5. 측정 방법

1) 체격의 측정방법

(1) 신장(Standing height)

신장은 발육발달의 발육지표로서, 체질이나 형태적 체력의 기초적인 것 중 하나이다. 또한 영양, 운동, 환경 및 경제적인 측면 등에 따라서 변화된다. 신장의 계측은 자연스럽게 직립자세를 취한 다음, 양 뒤꿈치를 가지런히 모아서 신장계에 붙이고 무릎을 똑바로 펴게 하여 배와 가슴을 당기고, 엉덩이와 등 부분을 가볍게 신장계에 접촉시킨 상태에서 머리를 눈과 귀의 수평 위에 고정시킨 후 마루바닥에서 두정점까지의 수직거리를 계측하였다.

Martin식 인체계측기를 사용했으며, 측정단위는 0.1cm까지 측정하였다.

(2) 체중(Body weight)

체중은 신체의 전반적 발육·충실도를 총괄해서 나타내는 척도이다. 체중의 계측은 체중계의 발모양이 있는 자리에 사뿐히 올라서게 하여 안정되었을 때 눈금을 읽었다.

계측치는 kg 단위로 하였으며, 0.1kg 단위까지 측정하였다.

2) 지면 반력의 측정방법

지면반력은 인간 움직임의 힘에 관한 연구로서 보행 중 인체에 미치는

스트레스를 나타내어주는 중요한 분석이다. 지면반력의 측정은 지면반력측정기가 장착되어있는 트레드밀에서 중앙을 기점으로 4분되어 있는 기본틀 사이의 공간을 밟음으로서 정확한 지면반력을 측정할 수 있다. 피험자는 편안한 체육복 복장을 하였으며, 신발을 신지 않은 맨발로 측정하였다.

정면 수평 15도 이상의 위치에 시선을 두고, 팔은 앞뒤로 자연스럽게 흔들며 최대한 어색하지 않은 동작을 취하게 한다. 측정치는 뉴턴(N) 단위로 하였다.

6. 실험설계 및 방법

1) 사전검사

본 연구의 실험에 들어가기 전 피험자의 부자연스러운 동작을 방지하기 위하여, 트레드밀 위에서 충분히 연습을 시킨 후 평상시처럼 자연스러운 동작이 되었을 때 심험을 시작하였다.

실험 조건인 트레드밀 속도는 김지연(2001)에 의해 서울시내 소재 병원과 헬스클럽에서 사전 조사하여 주로 사용되고 있는 걷기와 달리기 운동 속도인 1.25m/s, 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s로 설정하였다.

각각의 속도에 대하여 피험자가 적응할 수 있는 시간을 가진 후 본 실험 속도에 지치지 않을 정도의 강도인 15초 동안 데이터를 수집하였으며 속도의 단계를 달리 할 때마다 휴식을 취하도록 하였다. 각 실험오차를 줄이기 위하여 매 3회 이상 실시한 결과의 평균치를 적용하였다. 모든 실험장치는

Data station에 연결되어 시간적으로 일체화 되도록 하고 실험 시 측정되는 모든 자료들은 Data station을 통하여 컴퓨터로 전달되도록 장치하였다.

2) 본 실험

본 연구는 속도에 따른 트레드밀 운동시 지면반력을 측정하여 충격력과 시간, 추진력과 시간 그리고 힘부하율의 특성을 분석하였다. 각 지면반력의 크기는 체중의 영향을 받기 때문에 체중의 영향을 제거하기 위하여 각 피험자들의 체중으로 나누어 이에 대한 비율(%BW)로 표시하였으며, 시간은 입각각시 %로 나타내었다.

경사도는 0%, 속도는 1.25m/s, 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s의 4단계로 하였으며, 시작 단계별 시간은 30초로 하였다. 그리고 각 단계별로 15초 동안의 보행의 데이터를 수집하여 통계처리 하였으며 treadmill protocol은 <그림 1>과 같다.

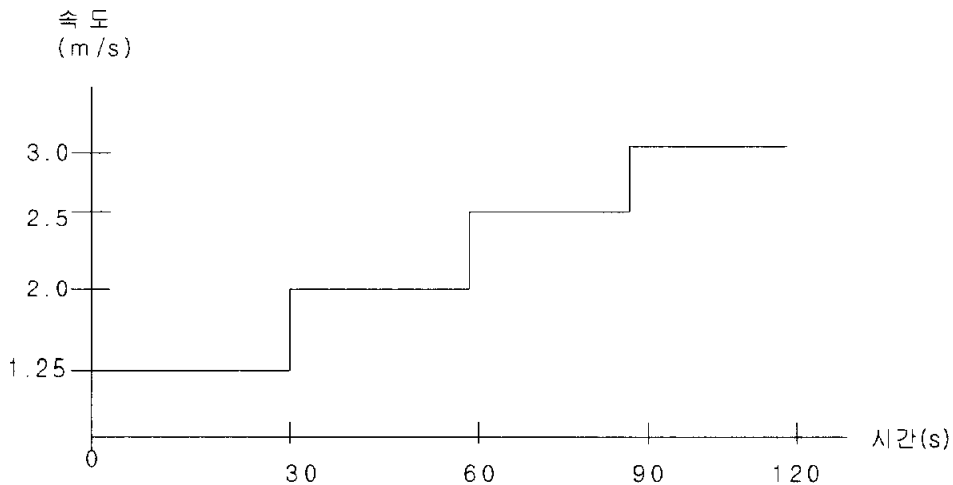


그림 1. treadmill protocol

7. 자료 분석

본 연구에서는 피험자의 지면반력 측정 결과를 분석하기 위하여 SPSS/PC 10.0Ver. 프로그램을 사용하여 평균 및 표준편차를 산출하였으며, 피험자간의 인체측정 및 지면반력 측정의 비교에서는 One-way ANOVA를 이용하였다. 모든 통계의 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 하였다.

IV. 연구 결과

본 연구에서는 20대 정상 성인 남성이 트레드밀에 장착되어 있는 지면반력 측정기를 이용하여 트레드밀 속도에 따른 수직방향의 지면반력을 측정한 결과는 다음과 같다.

1. 충격력 크기의 차이

트레드밀 운동 수행시 충격력 크기의 차이를 <표 3>, <표 4>와 <그림 2>에서 보는 바와 같이 1.25m/s 속도에서는 $1.10 \pm 0.09\%BW$, 2.0m/s 속도에서는 $1.07 \pm 0.25\%BW$, 2.5m/s 속도에서는 $1.20 \pm 0.31\%BW$, 3.0m/s 속도에서는 $1.30 \pm 0.38\%BW$ 로 나타나, 3.0m/s 속도가 제일 크게 나타났고, 그다음이 2.5m/s 속도, 1.25m/s 속도, 마지막으로 2.0m/s 속도가 제일 적게 나타났다. 그러나 통계적으로는 속도의 증가에 따라 유의하게($p < .001$) 증가 하였으나, 빠른 보행 형태인 1.25m/s 속도와 2.0m/s 속도는 유의한($p < .001$) 차이가 없었다.

표 3. 충격력 크기의 차이

항 목	속도			
	1.25m/s	2.0m/s	2.5m/s	3.0m/s
(%BW)	1.10 ± 0.09	1.07 ± 0.25	1.20 ± 0.31	1.30 ± 0.38

표 4. 충격력 크기에 대한 분산분석

변인	구분	M(SD) (Newton)	자승합	자유도	평균자승	F값
충격력	1.25m/s	720.20±65.660	43615.081	3	14538.360	12.693***
	2.0m/s	701.55±161.09				
	2.5m/s	782.42±201.49				
	3.0m/s	855.64±247.10				

*** : $p < .001$

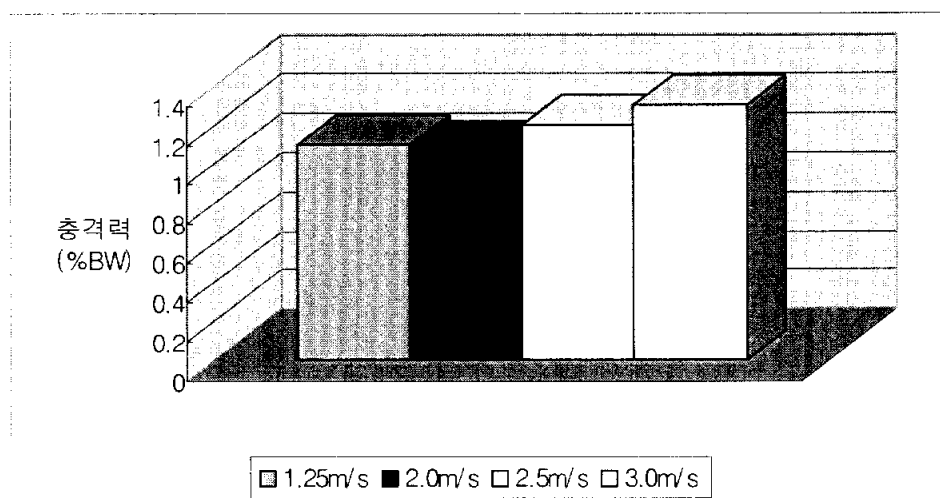


그림 2. 충격력 크기의 차이

2. 충격력 발생시간

트레드밀 운동 수행시 충격력 발생시간의 차이를 <표 5>, <표 6>과 <그림 3>에서 보는 바와 같이 1.25m/s 속도에서는 $0.205 \pm 0.04s$, 2.0m/s 속

도에서는 0.062±0.006s, 2.5m/s 속도에서는 0.054±0.007s, 3.0m/s 속도에서는 0.045±0.005s로 나타나, 3.0m/s 속도가 제일 빠르게 나타났고, 그다음이 2.5m/s 속도, 1.25m/s 속도, 마지막으로 2.0m/s 속도가 제일 늦게 나타나 걸기를 제외한 달리기 속도에서는 증가할수록 유의하게(p<.001) 빠르게 나타났다. 또한 입각기시 발생시간(%)는 1.25m/s 속도에서는 28.98±5.65%, 2.0m/s 속도에서는 14.85±1.44%, 2.5m/s 속도에서는 15.09±1.96%, 3.0m/s 속도에서는 15.21±1.69%로 나타나, 2.0m/s 속도가 제일 빠르게 나타났고, 그다음이 2.5m/s 속도, 3.0m/s 속도, 마지막으로 1.25m/s 속도가 제일 늦게 나타났다(p<.000).

표 5. 충격력 발생시간

항 목	속도			
	1.25m/s	2.0m/s	2.5m/s	3.0m/s
입각기시(%)	28.98±5.65	14.85±1.44	15.09±1.96	15.21±1.69

표 6. 충격력 발생시간에 대한 분산분석

변인	구분	M(SD) (sec)	자승합	자유도	평균자승	F값
충격력 발생시간	1.25m/s	0.205±0.040	.274	3	.091	1809.775***
	2.0m/s	0.062±0.006				
	2.5m/s	0.054±0.007				
	3.0m/s	0.045±0.005				

*** : p < .001

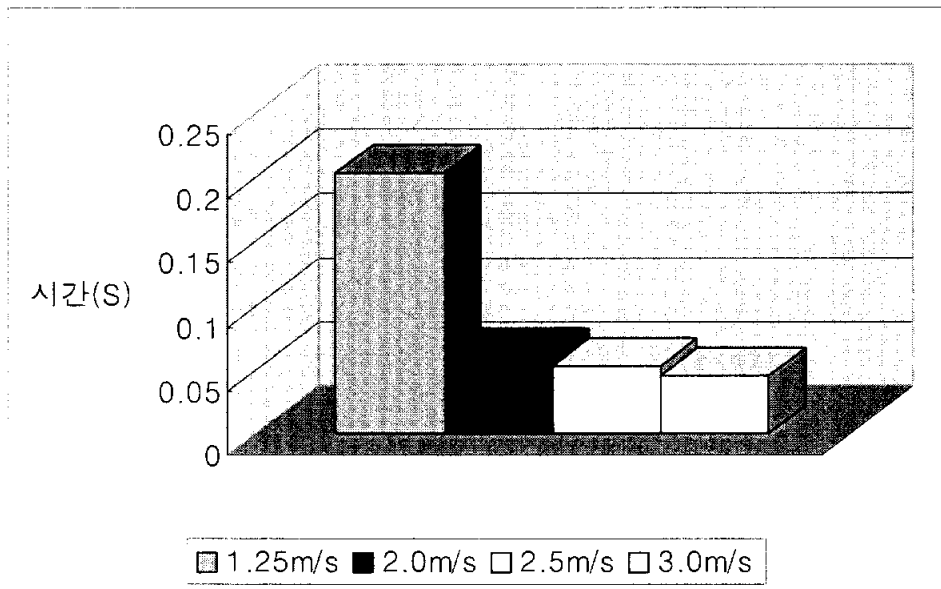


그림 3. 충격력 발생시간

3. 추진력 크기의 차이

트레드밀 운동 수행시 추진력 크기의 차이를 <표 7>, <표 8>과 <그림 4>에서 보는 바와 같이 1.25m/s 속도에서는 $1.03 \pm 0.09\%BW$, 2.0m/s 속도에서는 $1.91 \pm 0.34\%BW$, 2.5m/s 속도에서는 $2.16 \pm 0.15\%BW$, 3m/s 속도에서는 $2.33 \pm 0.17\%BW$ 로 나타나, 3.0m/s 속도가 제일 크게 나타났고, 그다음이 2.5m/s 속도, 2.0m/s 속도, 마지막으로 1.25m/s 속도가 제일 적게 나타났다. 보행 형태인 1.25m/s 속도와 달리기 속도의 추진력은 통계적으로는 속도의 증가에 따라 유의하게($p < .001$) 증가 하였다.

표 7. 추진력 크기의 차이

항 목	속도			
	1.25m/s	2.0m/s	2.5/s	3.0m/s
(%BW)	1.03±0.09	1.91±0.34	2.16±0.15	2.33±0.17

표 8. 추진력 크기에 대한 분산분석

변인	구분	M(SD) (Newton)	자승합	자유도	평균자승	F값
추진력	1.25m/s	673.98±56.390	7173805.5	3	2391268.5	449.563***
	2.0m/s	1256.82±220.73				
	2.5m/s	1419.20±97.900				
	3.0m/s	1529.46±113.09				

*** : p < .001

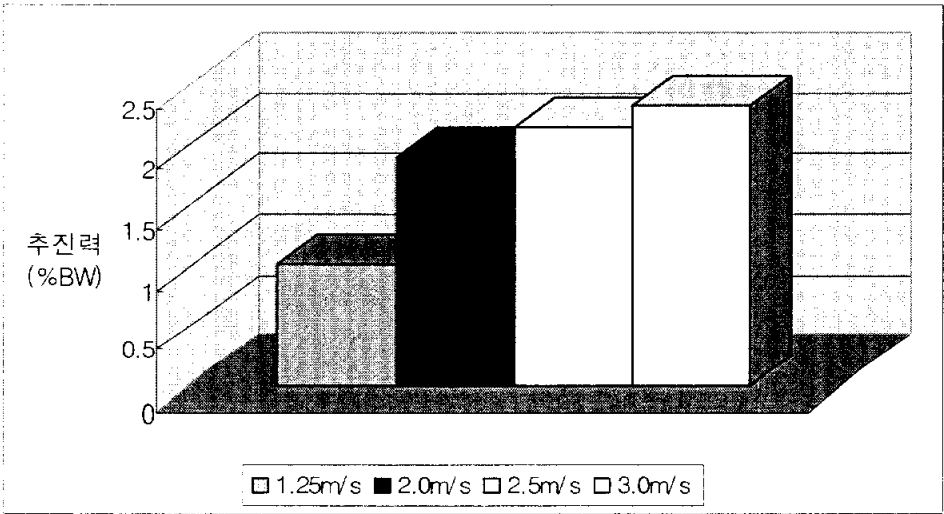


그림 4. 추진력 크기의 차이

4. 추진력 발생시간

트레드밀 운동 수행시 추진력 발생시간의 차이를 <표 9>, <표 10>과 <그림 5>에서 보는 바와 같이 1.25m/s 속도에서는 $0.510 \pm 0.07s$, 2.0m/s 속도에서는 $0.135 \pm 0.011s$, 2.5m/s 속도에서는 $0.133 \pm 0.027s$, 3.0m/s 속도에서는 $0.120 \pm 0.005s$ 로 나타났으며, 3.0m/s 속도가 제일 빠르게 나타났고, 그다음이 2.5m/s 속도, 1.25m/s 속도, 마지막으로 2.0m/s 속도가 제일 늦게 나타나 걷기속도를 제외한 달리기 속도에서는 증가에 따라 유의하게($p < .001$) 빠르게 나타났다. 또한 입각기시 발생시간(%)는 1.25m/s 속도에서는 $72.14 \pm 9.89\%$, 2.0m/s 속도에서는 $32.34 \pm 2.64\%$, 2.5m/s 속도에서는 $37.16 \pm 7.54\%$, 3.0m/s 속도에서는 $40.55 \pm 1.69\%$ 로 나타나, 2.0m/s 속도가 제일 빠르게 나타났고, 그다음이 2.5m/s 속도, 3.0m/s 속도, 마지막으로 1.25m/s 속도가 제일 늦게 나타났다($p < .000$).

표 9. 추진력 발생시간

항 목	속도			
	1.25m/s	2.0m/s	2.5m/s	3.0m/s
입각기시(%)	72.14 ± 9.89	32.34 ± 2.64	37.16 ± 7.54	40.55 ± 1.69

표 10. 추진력 발생시간에 대한 분산분석

변인	구분	M(SD) (sec)	자승합	자유도	평균자승	F값
추진력 발생시간	1.25m/s	0.510±0.070	1.716	3	.572	3620.517***
	2.0m/s	0.135±0.011				
	2.5m/s	0.133±0.027				
	3.0m/s	0.120±0.005				

*** : $p < .001$

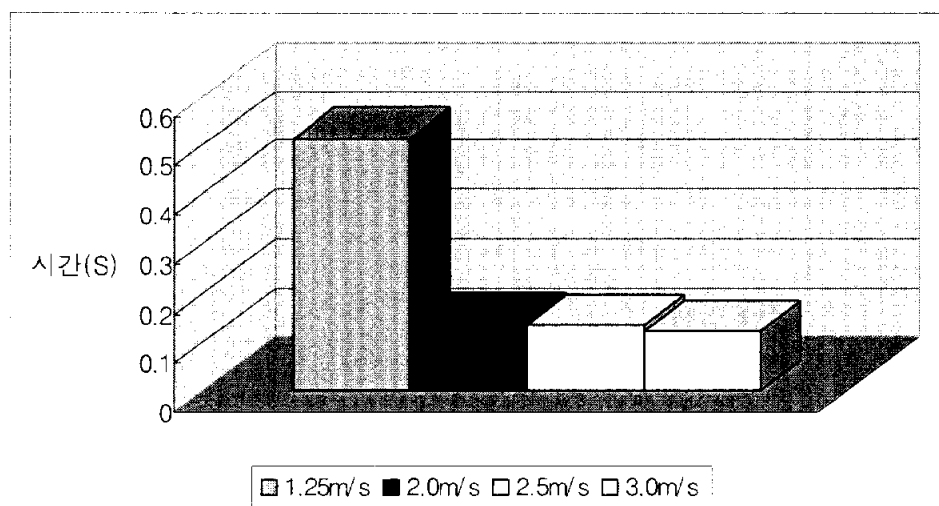


그림 5. 추진력 발생시간

5. 힘부하율 크기의 차이

트레드밀 운동 수행시 힘부하율 크기의 차이를 <표 11>과 <그림 6>에서 보는 바와 같이 1.25m/s 속도에서는 $5.37 \pm 2.76\% \text{BW/s}$, 2.0m/s 속도에서는 $17.26 \pm 2.28\% \text{BW/s}$, 2.5m/s 속도에서는 $22.22 \pm 1.01\% \text{BW/s}$, 3.0m/s 속도

에서는 $28.89 \pm 1.60\% \text{BW/s}$ 로 나타나, 3.0m/s 속도가 제일 크게 나타났고, 그다음이 2.5m/s 속도, 2.0m/s 속도, 마지막으로 1.25m/s 속도가 제일 적게 나타났다. 보행 형태인 1.25m/s 속도와 달리기 속도의 힘부하율은 통계적으로 속도의 증가에 따라 유의하게($p < .001$) 증가 하였다.

표 11. 힘부하율 크기의 차이와 분산분석

변인	구분	M(SD) (%BW/s)	자승합	자유도	평균자승	F값
힘부하율	1.25m/s	5.37±2.76	85208.829	3	28402.943	438.303***
	2.0m/s	17.26±2.28				
	2.5m/s	22.22±1.01				
	3.0m/s	28.89±1.60				

*** : $p < .001$

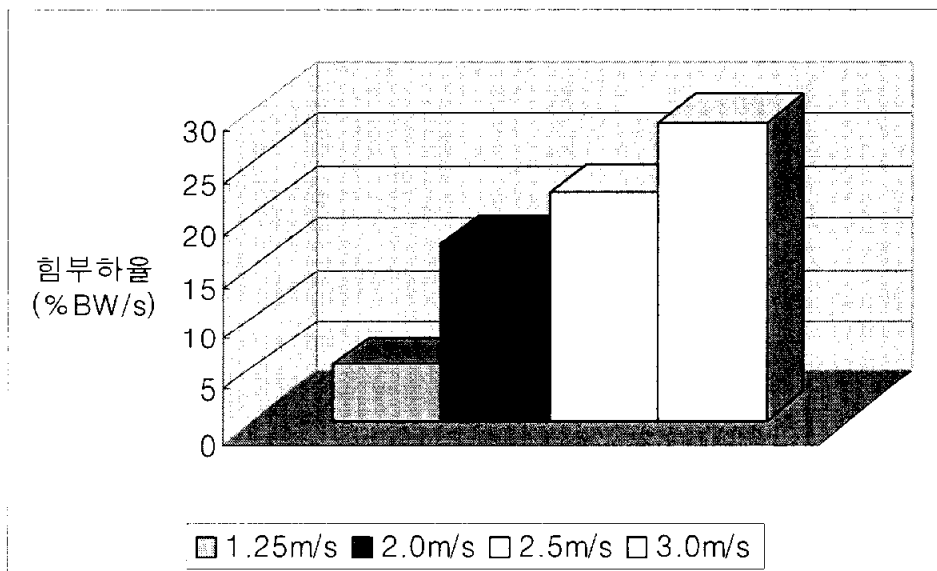


그림 6. 힘부하율 크기의 차이

V. 논 의

1. 충격력 크기의 차이

대부분 걷기시 수직지면반력을 분석할 경우 선행연구에서는 2개의 정점을 분석하거나 4개의 정점을 분석하는 연구로 양분되어있다. 본 연구에서 1.25m/s의 걷기시에는 2개의 정점을 분석하였고 제 1정점을 충격력으로 표시하였으며, 그 크기는 각 피험자의 체중으로 나누어 무차원화 시켜 %BW로 표시하였다.

본 연구와 속도변인이 동일한 김지연(2001)은 정상족을 가진 여자 대학생 10명을 대상으로 지면 반력을 연구하여 속도 1.25m/s의 걷기시 충격력 크기가 $1.135 \pm 0.09\%BW$ 로 나타났으며, 달리기시 충격력은 속도 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s에서 각각 $1.39 \pm 0.29\%BW$, $1.55 \pm 0.21\%BW$, $1.72 \pm 0.32\%BW$ 로 나타났다.

그리고 김로빈, 김승재(2001)는 보폭에 따른 지면반력의 변화에서 빠른 보행속도 1.34m/s에서 $1.076 \pm 0.057\%BW$ 로 나타냈고, 김로빈, 이성철, 진영완(2001)은 보행속도 변화에 따라 충격력의 크기는 느린 보행속도 0.76m/s에서 $0.967 \pm 0.032\%BW$, 일반 보행속도 1.34m/s에서는 $1.076 \pm 0.057\%BW$, 빠른 보행속도인 2.46m/s에서는 $1.490 \pm 0.168\%BW$ 로 나타난다고 하였다.

김영호, 양길태, 문무성(1997)의 트레드밀에서의 경사로 정상보행에 관한 지면반력에서 수평경사에서 자유보행시 제 1정점이 체중의 약 110% 정도로 크기가 나타난다고 밝혔다. 그리고 일반인과 장애인의 비교에서 일반성

인의 연령별 보행에서는 충격력이 추진력보다 더 큰값을 보였으나, 시각장애와 뇌성마비를 가지고 있는 어린이를 대상으로 한 연구에서는 추진력이 보다 큰 것으로 보고하였다(정남주, 윤희중, 2001).

본 연구에서도 정상 성인의 걷기시(1.25m/s)에 충격력이 추진력 보다 크게 나타났으며, 크기는 $1.10 \pm 0.09\%BW$ 로 체중의 110%로 나타나 선행연구들과 거의 유사하였다. 그리고 달리기 속도인 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s에서의 충격력의 크기는 $1.07 \pm 0.25\%BW$, $1.20 \pm 0.31\%BW$, $1.30 \pm 0.38\%BW$ 로 속도의 증가에 따라 유의하게($p < .001$) 증가하였다. 이는 동일한 속도인 김지연(2001)의 연구와 수치상 차이를 보였다. 이러한 결과는 본 연구에서 피험자를 남자로 선택한 원인으로 사료되며, 보통 충격력은 체중의 2~3배 정도에서 상해의 위험이 일어나는데 본 연구에서는 속도가 작기 때문에 충격력이 체중의 110%에 달하며, 아주 빠른 주행 속도에 비해 신체에 무리가 없는 속도라고 간주할 수 있다.

곽창수(1993)의 운동화 중저의 경도가 주행시 발바닥의 압력 분포와 충격 흡수에 미치는 영향을 연구한 결과 충격력의 크기는 평균 1043.2N으로서 체중의 1.6배이며, 경사도간에는 통계적으로 차이가 없었다. 또한 이와 같이 차이가 나타나지 않는 이유는 피험자 자신의 전략으로서 외적인 최대 충격력을 일정하게 유지하려고 하는 보호본능 때문이라고 주장하는 쪽이 지배적이라고 하였다.

주행시 충격력의 크기는 체중의 약 2배 정도되는데 이러한 크기는 주행 속도, 발정지 형태, 주행 지면과 경사에 의해 영향을 받는다. 호흡형태도 머리의 충격전달 정도에 영향을 미친다. 충격력은 통증과 상해의 원인에 매우 중요한 요소이며, 만성적 상해의 발전과 매우 깊은 관계가 있다고 하였다(곽창수, 1993).

2. 충격력 발생시간

지면반력의 충격력의 발생시간은 걷기시와 달리기시에 차이가 있다.

김지연(2001)의 속도의 증가에 따른 충격력의 발생시간(s)이 달리기 속도인 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s에서 각각 $0.0389 \pm 0.011s$, $0.0352 \pm 0.009s$, $0.0320 \pm 0.010s$ 로 속도의 증가에 따라 발생시간(s)이 빨라지는 결과가 나타났으며, 입각기시 발생시간(%)는 걷기 속도인 1.25m/s에서 $23.5 \pm 2.99\%$, 달리기 속도인 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s에서 각각 $11.1 \pm 2.9\%$, $11.7 \pm 2.89\%$, $12.8 \pm 3.8\%$ 로 속도가 빨라질수록 입각기 중 충격력이 늦게 발생하였다.

또한 김영호, 양길태, 문무성(1997)은 일반적으로 제 1절정력은 발뒤축 접지기의 후기에 하중을 수용하는 시기에 해당되는 지면반발력으로, 전체 보행 주기의 약 10~15%에 형성된다고 하였다.

본 연구에서 걷기시(1.25m/s) 충격력이 발생하는 시간(%)은 입각기의 약 29%였다. 이러한 현상은 김지연(2001)의 걷기시 충격력의 입각기의 발생시기와 비슷하며, 속도에 따라 다소 차이가 나타났다.

그리고 달리기 속도 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s에서의 충격력의 발생시간(s)은 각각 $0.062 \pm 0.006s$, $0.054 \pm 0.007s$, $0.045 \pm 0.005s$ 로 유의하게($p < .001$)빨라진다는 것을 알 수 있다. 하지만 입각기시 발생시간(%)은 속도가 증가할수록 $14.85 \pm 1.44\%$, $15.09 \pm 1.96\%$, $15.21 \pm 1.69\%$ 로 증가하였다. 이러한 결과는 입각기에 대한 충격력의 발생시간(%)이 속도가 증가할수록 다소 늦어지는 경향이 있었으나, 이는 속도가 빨라지면서 발을 지면에 닿고 있는 시간이 줄어들기 때문이고 실제로 정점이 발생한 시간은 속도가 증가할수록 빨리 발생하기 때문으로 사료된다.

3. 추진력 크기의 차이

주행시 발생하는 두 개의 수직지면반력 정점 가운데 나중에 생기는 정점으로 추진과 관계가 있다. 추진력은 걷기시에는 충격력 보다 작으며, 달리기시에는 충격력 보다 큰 힘을 받게 된다.

김로빈, 이성철, 진영완(2000)은 20대 남성을 대상으로 느린 보행속도(0.76m/s)와 일반 보행속도(1.34m/s), 빠른 보행속도(2.46m/s)에서 수직지면반력을 분석하여 추진력을 각각 $0.973 \pm 0.029\%BW$, $1.023 \pm 0.039\%BW$, $1.07\% \pm 0.090BW$ 로 보행속도의 증가가 추진력을 증가시켰다고 하였다.

김지연(2001)은 20대 성인 여성을 대상으로한 연구에서 1.25m/s의 걷기 속도에서 추진력은 $1.09 \pm 0.07\%BW$, 달리기 속도인 2m/s, 2.5m/s, 3m/s에서의 추진력은 각각 $2.16 \pm 0.25\%BW$, $2.38 \pm 0.23\%BW$, $2.47 \pm 0.19\%BW$ 로 속도에 따라 유의한 차이가 있다고 하였다.

본 연구에서도 속도 1.25m/s, 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s의 속도 증가에 따라 추진력의 크기(%BW)가 $1.03 \pm 0.09\%BW$, $1.91 \pm 0.34\%BW$, $2.16 \pm 0.15\%BW$, $2.33 \pm 0.17\%BW$ 로 유의하게($p < .001$) 증가하는 경향은 보였지만, 선행연구와 수치적으로는 차이가 있었으며, 이는 측정 조건에 따라 일반지면에서의 추진력 연구와 트레드밀에서의 연구에 의한 차이로 사료된다. 또한 김지연(2001)의 연구와는 추진력이 조금 작게 나타났으나, 이것은 남녀간의 운동 패턴의 차이로 사료된다.

4. 추진력 발생시간

지면반력 추진력의 발생시간은 걷기시가 달리기시의 추진력보다 느리게 나타났고, 속도의 증가에 따라 발생시간이 빨라진다.

김지연(2001)은 속도의 증가에 따른 추진력의 발생시간(s)이 속도 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s에서 각각 $0.114 \pm 0.013s$, $0.106 \pm 0.012s$, $0.098 \pm 0.017s$ 로 나타났으며, 입각기시 발생시간(%)은 걷기 속도 1.25m/s에서 $77.7 \pm 3.77\%$, 달리기 속도인 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s에서는 각각 $32.8 \pm 2.86\%$, $35.9 \pm 3.38\%$, $39.3 \pm 6.32\%$ 로 나타났다. 또한 이경옥, 김지연(2001)은 추진력의 발생시간이 입각기의 32~42%정도에서 발생하였고, 입각기로 무차원화한 2정점의 발생시간(%)은 달리는 속도에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

남자 고등학교 선수와 비선수의 달리기 속도 변화에 따른 지면반력 비교 분석에서 3m/s이상의 속도에 대해 추진력이 나타나는 시간은 선수들은 대체로 빨리 나타났고, 비선수들은 비슷하게 나타났다(조병준, 이민형, 2001).

본 연구에서는 속도 1.25m/s, 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s의 증가에 따라 추진력의 실제 발생시간은 각각 $0.510 \pm 0.07s$, $0.135 \pm 0.011s$, $0.133 \pm 0.027s$, $0.120 \pm 0.005s$ 로 나타났다. 또한 본 연구 결과에서 입각기의 발생시간(%)은 걷기 속도(1.25m/s)를 제외하면 32~40% 사이에 발생하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 입각기로 무차원화한 발생시간(%)은 속도가 빨라질수록 늦어졌으나, 이는 입각기의 비율이 속도가 빨라짐에 따라 줄어들었기 때문이며, 실제 제 2정점(추진력)의 발생시간(sec)은 속도가 증가함에 따라 유의하게($p < .001$) 빨라졌다.

5. 힘부하율 크기의 차이

힘부하율이란 단위시간당 받는 힘이기에 때문에 부하율이 적으면 인체에 순간적으로 작용하는 힘이 적으므로 충격이 적다고 할 수 있고, 부하율이 크면 작용하는 힘이 크기 때문에 충격이 크다고 할 수 있다. 본 연구에서는 제 1정점까지의 힘부하율만을 분석하였다. 제 1정점까지의 힘부하율이 실제 보행에서 충격에 대한 피로를 알 수 있으며, 힘부하율이 크다는 것은 그만큼 상해의 위험이 크다는 것을 의미하며, 보행 그래프의 제 1정점이 더욱 날카로운 형태를 띄게 된다.

최규정, 권희자(2003)는보행용 전문 신발과 일반 운동화의 운동화의 부하율 비교에서 4명의 연구 대상에 대하여 일반 신발은 5.07, 4.58, 5.36, 5.06이었으며, 보행용 신발은 4.72, 4.15, 4.51, 4.55로써 보행용 신발이 부하율이 적음으로써 힘의 분산을 통하여 부상의 위험을 줄일 수 있다고 하였다.

곽창수(1993)는 4m/s 속도에서 운동화 경도에 따라 1정점의 힘부하율과 2정점의 힘부하율은 각각 증가하는 것으로 나타났다. 최대 추진력 부하율은 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만 경질일수록 크게 나타났다. 최대 충격력 부하율은 중저의 경도가 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 그러나 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 경질일수록 부하율이 크게 나타났다.

김지연(2001)은 걷기시(1.25m/s)의 힘부하율은 $12.1 \pm 2.38\%BW/s$ 이며, 달리기시 힘부하율은 속도 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s에 따라 각각 $40.5 \pm 16.1\%BW/s$, $44.2 \pm 15.5\%BW/s$, $60.8 \pm 23.0\%BW/s$ 로 속도가 증가할수록 사후검증결과 제 1정점 힘부하율은 증가하였다.

본 연구에서는 걷기시(1.25m/s)의 힘부하율이 $5.37 \pm 2.76\% \text{BW/s}$ 로 나타났으며, 또한 달리기시에는 속도 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s에 따라 각각 $17.26 \pm 2.28\% \text{BW/s}$, $22.22 \pm 1.01\% \text{BW/s}$, $28.89 \pm 1.60\% \text{BW/s}$ 로서 속도가 증가할수록 힘부하율은 유의하게($p < .001$) 증가하였고, 속도에 따른 사후검증결과 속도가 증가할수록 제 1정점의 힘부하율은 증가하였다. 이러한 결과는 선행연구의 보행보다도 힘부하율이 적게 나타났으며, 본 연구의 피험자들이 더욱 효율적으로 보행을 한다는 것을 의미한다.

효율적이고 경제적인 보행을 위해서는 이러한 제 1정점의 힘부하율을 줄일 수 있는 보행동작을 익히거나, 보완장치를 착용하는 방법이 필요할 것으로 사료된다.

VI. 결론 및 제언

1. 결 론

본 연구는 지면반력기가 장착된 트레드밀을 이용하여 20대 정상 남자 6명을 대상으로 속도에 따른 수직지면반력을 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 충격력 크기의 차이는 속도 1.25m/s, 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s에서 각각 $1.10 \pm 0.09\%BW$, $1.07 \pm 0.25\%BW$, $1.20 \pm 0.31\%BW$, $1.30 \pm 0.38\%BW$ 로 1.25m/s와 2.0m/s는 유의한 차이가 없었다. 2m/s이상의 속도에서는 통계적으로 유의하게($p < .001$) 증가하였다.
- 2) 충격력 발생시간은 속도 1.25m/s, 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s에서 각각 $0.205 \pm 0.04s$, $0.062 \pm 0.006s$, $0.054 \pm 0.007s$, $0.045 \pm 0.005s$ 로 빨라졌으며, 입각기시 %발생시간 또한 각각 $28.98 \pm 5.65\%$, $14.85 \pm 1.44\%$, $15.09 \pm 1.96\%$, $15.21 \pm 1.69\%$ 로 발생시간이 빨라졌다. 속도의 증가에 따라 통계적으로 유의하게($p < .001$) 빨라졌다.
- 3) 추진력 크기의 차이는 속도 1.25m/s, 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s에서 각각 $1.03 \pm 0.09\%BW$, $1.91 \pm 0.34\%BW$, $2.16 \pm 0.15\%BW$, $2.33 \pm 0.17\%BW$ 로 증가하였으며, 속도의 증가에 따라 통계적으로 유의하게($p < .001$) 증가하

였다.

4) 추진력 발생시간은 속도 1.25m/s, 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s에서 각각 $0.510 \pm 0.07s$, $0.135 \pm 0.011s$, $0.133 \pm 0.027s$, $0.120 \pm 0.005s$ 로 빨라졌다. 하지만 보행동작인 1.25m/s를 제외한 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s의 달리기 속도에서는 입각기시 %발생시간이 각각 $32.34 \pm 2.64\%$, $37.16 \pm 7.54\%$, $40.55 \pm 1.69\%$ 로 낮게 나타났다. 속도 증가에 따라 통계적으로 유의하게($p < .001$) 빨라졌다.

5) 힘부하율은 속도 1.25m/s, 2.0m/s, 2.5m/s, 3.0m/s에서 각각 $5.37 \pm 2.76\%BW/s$, $17.26 \pm 2.28\%BW/s$, $22.22 \pm 1.01\%BW/s$, $28.89 \pm 1.60\%BW/s$ 로 증가하였으며, 속도의 증가에 따라 통계적으로 유의하게($p < .001$) 증가하였다.

2. 제 언

현재 병원이나 재활센터, 헬스 센터에서의 운동 처방 시 운동강도의 결정은 심박수나 주관적 자각 증상에 의존하는 경향이 있는데 하지근력이 약한 사람의 경우는 건강을 위해서 실시하는 운동이 오히려 건강을 해치는 결과를 초래할 수도 있다. 따라서 트레드밀 운동을 실시하기 전 트레드밀을 이용하는 사람이나 관리하는 사람은 하지의 근력과 여러 가지 생리적 현상을 점검한 후에 체력수준에 맞도록 속도와 경사도를 조절하여 이용하

도록 하여야 할 것이다.

그러나 본 연구에서는 트레드밀의 속도의 변화에만 한정된 변인으로 보행의 운동역학적 특성을 알아보았을 뿐 경사도나 그 밖의 복합적인 요인들을 측정, 분석하지 못하였다. 그러므로 앞으로 이러한 생리적 측면의 변인, 운동역학적 변인과 운동학적 변인이 함께 고려된 복합적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 곽창수(1993). 운동화 중저의 경도가 주행시 발바닥의 압력 분포와 충격 흡수에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 박사학위논문, 80~89.
- 김로빈, 김승재(2001). 보행시 보폭에 따른 지면반력의 변화. 한국운동역학회지, 10(2), 71, 74.
- 김로빈, 이성철, 진영완(2001). 보행시 속도변화에 따른 하지관절의 운동역학적 분석. 한국체육학회지, 39(4), 675~681.
- 김영호, 양길태, 문무성(1997). Treadmill에서의 경사로 정상보행에 관한 동작분석. 의공학회지, 18(1), 75.
- 김유신(2002). 트레드밀 보행시 경사도와 속도에 따른 보행형태의 운동학적 분석. 강릉대학교 교육대학원 석사학위논문, 1~2.
- 김지연(2000). 경사도와 속도에 따른 트레드밀 보행의 운동역학적 분석. 이화여자대학교 대학원 박사학위논문, 2~36, 133~145.
- 권도윤(1997). 3차원 동작분석기를 이용한 한국 정상 성인의 보행분석. 울산대학교 석사 학위논문. 1~2.
- 박해동(1992). 보행시 정상인과 비정상인의 지면반력에 관한 연구. 국민대학교 대학원 석사학위논문, 6, 19, 32.
- 윤남식, 이경옥, 김지연(2001). 트레드밀 운동시 속도와 경사도에 따른 운동역학적 변인의 특성 분석. 한국유산소운동과학회지, 5(1), 49.
- 이경옥, 김지연(2001). 경사도와 속도에 따른 트레드밀 보행의 운동역학적 분석. 한국체육학회지, 40(3), 912~918.

- 이영태(1982). 보행동작의 기능학적 분석. 한양대학교 대학원 석사학위논문, 1~2.
- 은선덕(2001). 트레드밀의 속도 변화에 따른 노년기 성인의 보행패턴 연구. 체육연구소논집, 22(1), 101.
- 조병준, 이민형(2001). 달리기 속도 변화에 따른 지면반력 비교 분석. 한국운동학회지, 11(1), 31, 37.
- 조병준(2002). 달리기에서 하지 분절각과 지면반력의 비교 분석. 한국체육학회지, 41(2), 793.
- 장은지(1991). 보행속도별 보행동작의 운동역학적 분석. 동덕여자대학교 교육대학원 석사학위논문, 1, 10, 35.
- 정남주, 윤희중(2001). 남자 비만어린이 보행주기의 생체역학적 분석. 한국운동역학회지, 10(2), 189~190.
- 정철수, 신인식, 서정석, 은선덕, 인권(2001). 연령과 속도에 따른 보행 형태와 역학적 효율성 분석. 한국운동역학회지, 10(2), 206.
- 최규정, 권희자(2003). 보행용 전문 신발과 일반 운동화의 운동역학적 비교 분석. 한국운동역학회지, 13(2), 171~172.
- Alton, F., Baldey, L., Caplan, S & Morrissey, M. C.(1998). A kinematic comparison of overground and treadmill walking. Clinical Biomechanics, 13(6), 434.
- Cavanagh, P. R., & LaFortune, M. A.(1980). Ground reaction forces in distance running. J. Biomechanics, 13, 397~406.
- Elliott, B. C., & Blanksby, B. A.(1976). A cinematic graphic analysis of overground and treadmill running by males and females. Medicine and Science In Sports. 8(2), 84~87.

- Scott, S. H., & winter, D. A.(1990). Internal forces at chronic running injury sites. *Medicine and Science In Sports and Exercise*, 22(3), 357~369.
- williams, K. R.(1985). Biomechanics of running. *Exercise and Sports Science Reviews*, 13, 389~395.