

하중운반체계의 동역학적 연구

서국용 · 이창민 · 김정태
(부산대) (동의대) (창원대)

ABSTRACT

본 연구는 하중운반 보행시 지면반력에 미치는 하중운반체계의 효과에 관한 생체역학적 연구로써 지면반력기, EMG system등을 이용하여 동역학적인 분석을 하였다.

피실험자는 2명이며, 무부하시와 하중운반시 지면반력의 동역학적인 변화, 근육의 활동전위를 분석하였다. 분석한 결과는 아래와 같다.

1. 20kgw, 30kgw의 하중운반체계에서 비효율적인 보행동작으로 나타났으며, 30kgw의 운반체계는 지면에 큰 충격을 주는 것으로 나타났다.
2. 비복근, 전경골근, 내측광근, 외측광근의 활동전위는 부하의 증가에 따라 크게 나타났으며, 전경골근의 경우는 20kgw의 등 뒤쪽 부하시 활동전위가 감소되었다

1.서론

많은 Biomechanics 과학자들은 사람이 걸을 때 신체에 작용하는 하중이 어느 정도인가 또는 신체 이동 때 동역학적으로 어떤 요소가 발생하는가를 Forceplatform, Highspeed Camera등의 기자재를 사용하여 연구하였다.

군사 과학자나 산업 공학자의 몇몇 사람들은 하중 운반 체계를 과학적으로 고안하려고 노력하고 있으며 Force platform을 이용하거나 생리적인 에너지 소모에 대하여 몇몇 연구가 있으나, Force platform, Highspeed Camera, Electromyograph를 이용한 종합적 연구는 없는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 보행시 지면반력에 미치는 하중 운반 체계의 효율을 Force platform, Electromyograph의 기자재를 이용하여 동역학적 요인을 분석하므로써 하중 운반에 관한 정보와 신체의 상해 예방을 규명하는데 그 목적을 두고 연구하였다.

II. 실험 및 방법

1. 연구대상 선정

연구대상은 Table 1과 같이 20대 및 30대의 신체적 조건이 양호하고 건장한 청년을 선택하여 비교연구하였다. 더 다양한 연구 대상을 선정하여 비교 연구하는 것이 바람직하나 본 실험에서는 2명으로 제한하여 실험했다.

Table 1. Physical characteristics of subjects

Item Subject	Age (yrs)	Weight (kgw)	Height (cm)	Leg length (cm)	Thigh length (cm)	Lower length (cm)	Foot Length (cm)	Foot arc (cm)
A	26.0	73.1	175.3	88.0	52.2	50.2	270.2	3.2
B	34.0	78.5	169.5	86.5	48.2	48.4	265.3	2.8

2. 측정장비

본 연구에서 사용된 측정장비는 Forceplatform, EMG 등이 이용되었으며, 본 실험에 사용된 실험장비들은 Table 2와 같다.

Table 2. Experimental equipments

Equipments	Size type	Manufacturer	Nationality
Forceplatform system	9285	Kistler Co.	U S A
E.M.G. Datagraph system	76102-B	Lafayette Ins. Co.	U S A
Highspeed camera	16 mm	Hitachi Co.	Japan
Film	A. S. A. 400	Kodak Co.	U S A
Analyzer	106 B. 350 E	Nac Co.	Japan
Board of measurement	10*100 Cm	Made Self.	Korea
AMP	8-channel amp.	Kistler Co.	U S A
Signal Conditioner	SGA-6-3	Hitachi Co.	Japan
A/D Converter	Pcl-818 Board	Advantech Co.	Taiwan
Digital Metronome	DM-20	Seiko	Japan
Computer	386 DX	Trigem	Korea
Printer	LQ 1550 OH	Epson	Korea
Video Camera	RCA	Camcorder	U S A
Plotter	HP 7470 A	Packard CO	U S A
Video Monitor	CNR 842 K	Gold Star	Korea

Ⅲ. 실험 결과 및 논의

1. 부하유형별 지면반력

1) 부하없는 보행동작시 지면반력

부하없는 보행동작시 왼발 및 오른발의 지면반력 변화곡선에서 왼발의 경우는 Table 2, Fig. 1과 같으며, 오른발의 경우는 Table 2, Fig. 2와 같다.

수직지면반력(F_z) 곡선의 변화에서, 왼발의 경우 Subject A는 제 1정점에서 1.35 BW, 제 2정점에서 1.29 BW, 지지시간은 0.87 sec로 나타났고, Subject B는 제 1정점에서 1.14 BW, 제 2정점에서 1.05 BW, 지지시간은 약 0.88 sec로 나타났으며, 오른발의 경우 Subject A는 제 1정점에서 1.08 BW, 제 2정점에서 1.00 BW, 지지시간은 0.82 sec로 나타났고, Subject B는 제 1정점에서 1.11 BW, 제 2정점에서 1.03 BW, 지지시간은 0.78 sec로 나타났다.

이러한 결과를 선행연구와 비교하면, 선행연구 결과에서는 제 1정점에서의 평균이 1.08 BW, 제 2정점에서의 평균이 1.07 BW, 지지시간은 평균 0.87 sec를 나타낸 것으로 보고되었다. 선행연구와 Subject A의 결과를 비교하면 왼발의 경우 제 1정점에서 0.30 BW, 제 2정점에서 0.20 BW, 지지시간은 0.01 sec의 차이를 나타냈다. 그리고 오른발의 경우 제 1정점에서 거의 편차가 없고, 제 2정점에서는 오히려 선행연구 보다 0.05 BW 적게 나타났으며, 지지시간은 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

전후지면반력(F_x) 곡선의 변화에서, 왼발의 경우 Subject A는 제 1정점에서 0.07 BW, 제 2정점에서 -0.26 BW, 지지시간은 0.87 sec로 나타났다. Subject B는 제 1정점에서 0.04 BW, 제 2정점에서 -0.25 BW, 지지시간은 0.88 sec로 나타났다. 오른발의 경우 Subject A는 제 1정점에서 0.05 BW, 제 2정점에서 -0.23 BW, 지지시간은 0.82 sec로 나타났다. Subject B는 제 1정점에서 0.03 BW, 제 2정점에서 -0.23 BW, 지지시간은 0.78 sec로 나타났다.

Table 3. Change of the GRF of left foot in walking(no load)

Subject	Item	1st peak force			2nd peak force			Max peak force			Support time (sec)
		Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	
A	Newton	50.7	-79.1	940.4	-181.0	-74.0	908.1	-181.0	-79.1	940.4	0.87
	B.W.	0.07	-0.11	1.35	-0.26	-0.001	1.29	-0.26	-0.11	1.35	
B	Newton	28.1	-82.0	875.7	-188	-82.4	805	-188	-824	875.7	0.88
	B.W.	0.04	-0.11	1.14	-0.25	-0.11	1.05	-0.25	-0.11	1.14	

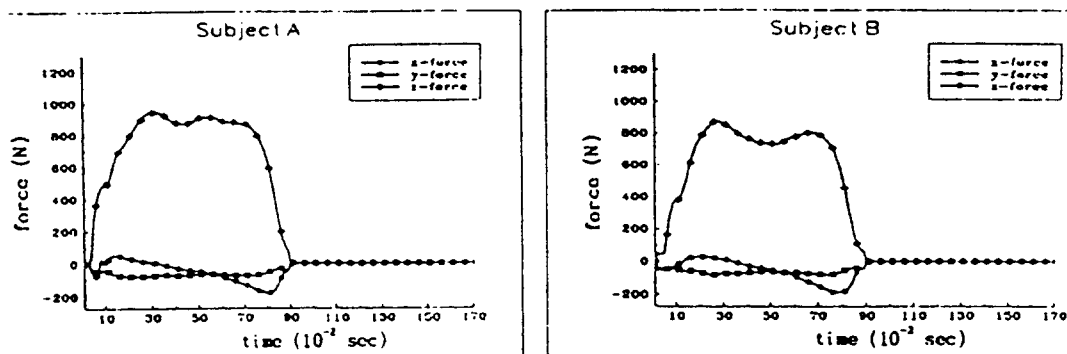


Fig.1. Change of the GRF of left foot in walking(no load)

Table 4. Change of the GRF of right foot in walking(no load)

Subject	Item	1st peak force			2nd peak force			Max peak force			Support time (sec)
		Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	
A	Newton	32.0	-65.0	765.0	-166.0	-52.0	705.0	-166.0	-65.0	765.0	0.82
	B.W.	0.05	-0.09	1.08	-0.23	-0.07	1.00	-0.23	-0.09	1.08	
B	Newton	23.0	-35.0	848.0	-177.0	-56.0	786.0	-177.0	-56.0	848.0	0.78
	B.W.	0.03	-0.05	1.11	-0.23	-0.07	1.03	-0.23	-0.07	1.11	

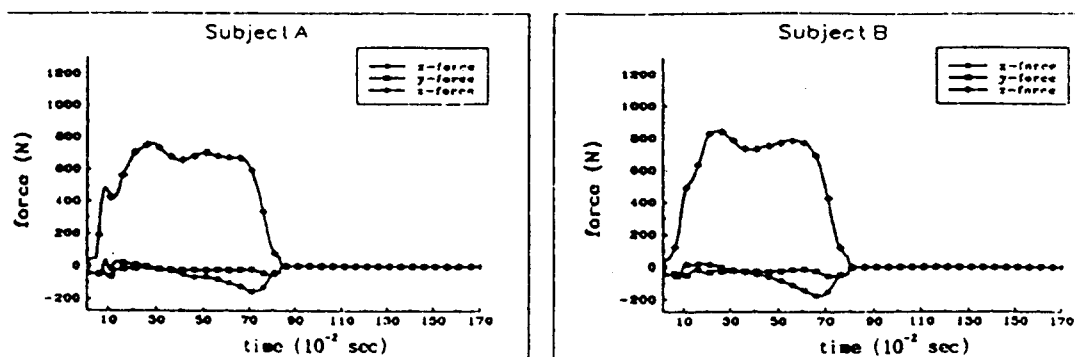


Fig. 2. Change of the GRF of right foot in walking(no load)

2. 부하 유형별 EMG

1) 비복근의 활동전위 분석

EMG 측정 결과는 Table 8과 Fig. 5와 같으며, 비복근의 활동전위는 Subject A의 경우 무부하시 0.28 mV, 신체 전후에 10 kgw 부하시 0.76 mV, 등에 20 kgw 부하시 0.52 mV, 신체 전후에 각각 15 kgw 부하시 1.12 mV, 등에 30 kgw 부하시 1.40 mV를 나타낸 것으로 분석되었으며, Subject B의 경우 무부하시 0.84 mV, 신체 전후에 10 kgw 부하시 1.00 mV, 등에 20 kgw 부하시 0.80 mV, 신체 전후에 각각 15 kgw 부하시 0.32 mV, 등에 30 kgw 부하시 1.40 mV를 나타낸 것으로 분석되었다.

Table 9. Change of the EMG of Gastrocnemius in walking of each load
(Unit : mV)

Subject \ Load(kgw)	NO-Load	10 A.P.	20 B.	15 A.P.	30 B.
A	0.28	0.76	0.52	1.12	1.40
B	0.84	1.00	0.80	0.32	1.40

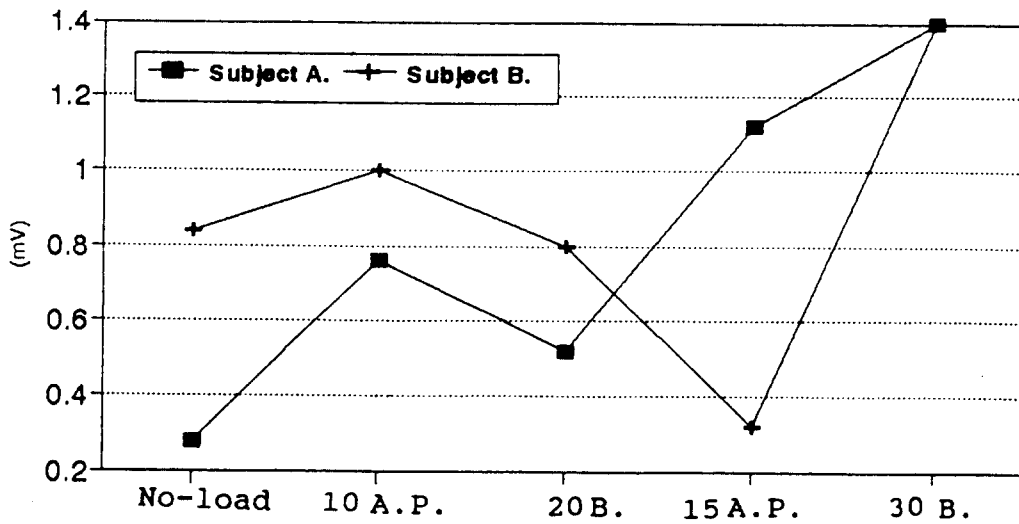


Fig.7. Change of the EMG of Gastrocnemius in walking of each load

IV. 결 론

본 연구는 보행시 지면반력에 미치는 하중 운반 체계의 효과에 관한 생체역학적 연구로서 Forceplatform, EMG system을 이용하여, Kinetics적인 분석을 하였다.

피실험자는 2명이며, 지면반력의 역학적 변인, 근육의 활동전위 변화를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 신체 전후에 각각 10 kgw, 15 kgw, 등뒷쪽에 20 kgw, 30 kgw의 하중운반 체계에서 왼발과 오른발의 수직지면반력(F_z)은 모두 제 1정점의 수치가 크게 나타나므로 비효율적인 보행동작으로 나타났으며 30 kgw의 운반체계는 지면에 큰 충격력을 주는 것으로 나타났다.
- 2) 신체 전후에 각각 10 kgw, 15 kgw, 등뒷쪽에 20 kgw, 30 kgw의 하중운반 체계에서 왼발과 오른발의 전후지면반력(F_x)은 신체 전후에 각각 10 kgw, 15 kgw의 하중운반 체계는 비효율적으로 나타났으며, 등뒷쪽에 20 kgw, 30 kgw의 하중운반 체계는 효율적인 보행동작으로 나타났다.
- 3) 신체 전후에 각각 10 kgw, 15 kgw의 하중운반 체계에서 내외지면반력(F_y)은 내외로 힘의 분력이 생기지 않았으므로, 내외로 힘의 분력이 생기는 등뒷쪽에 20 kgw, 30 kgw의 하중운반 체계의 착지동작과 이지동작 보다 모두 효율적으로 나타났다.
- 4) EMG system을 이용한 비복근, 전경골근, 내측광근 및 외측광근의 활동전위의 분석 결과는 부하의 증가에 따라 활동전위도 증가하는 것으로 나타났으나, 전경골근의 경우 오히려 20 kgw의 등뒤쪽 부하시는 활동전위가 감소하였으며, 외측광근은 등뒷쪽에 20 kgw, 30 kgw의 하중운반 체계에서 활동전위가 감소하는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- (1) T.A. Mahon, Ballistic walking, *Journal of Biomechanics*, 13, 49 (1978)
- (2) K. Son, Dissertation of doctor, The University of Michigan, 3-7 (1988)
- (3) A. Grieco, The ergonomics society, *ergonomics*, 29, 345-362 (1986)
- (4) H. Ohimichi, M. Miyasita, *Journal of Biomechanics*, VIII-A, 480-484 (1983)
- (5) 朴成淳, 서울대학교 博士學位論文, 7-22 (1986)
- (6) 李仲淑,釜山大學校 博士學位論文, 5-20 (1993)
- (7) H. Rohrole, *Journal of Biomechanics*, 17, 409-424 (1984)
- (8) P. Luthanen, P.V. Komi, *biomechanics*, V-6, 23-29 (1978)
- (9) C.J. Dillman, *Exercise and Sport Science Review*, 3, 193-218 (1975)
- (10) M.P. Murry, *Journal of Physical and Medicine*, 46, 290-333 (1967)
- (11) S.R. Datta, N.L. Ranathan, *Ergonomics*, 14, 30-37 (1971)
- (12) K.R. Williams, P.R. Cavanagh, *J. Biomechanics*, Vol.1 6, 115-128 (1981)
- (13) A. Cappozzo, F. Figura, M. Marchetti, *Journal of Biomechanics*, 9, 35-43 (1976)
- (14) Verne T. Inman, *Human Walking* (William & Wilkins, New York, 1988)
- (15) A.H. Payne, *Biomechanics*, VIII-B, 746-753 (1983)
- (16) E.C. Jansen, K.F. Janses, *Biomechanics*, 4-A, 267-271 (1978)
- (17) 金子 公有, *Introduction to Sports Biomechanics* (明善印刷, 東京, 1982)
- (18) H. Kinoshita, B.T. Bates, *Economic and medical*, 574-576 (1982)
- (19) B.R. Brandell, *Biomechanics*, 3, 279-287 (1973)
- (20) 徐國雄,釜山大學校 體育科學研究所, 7, 65-94 (1989)
- (21) A.J. Vander, *Human Physiology* (McGraw-Hill, New York, 1975)
- (22) H.E. Huxley, *Science American*, 213, 18-27 (1965)
- (23) D.B. Chaffin, M. Lee, *Science in sports and Exercise*, 12, 205-211 (1980)
- (24) D.A. Winter, *Journal of Biomechanics*, 16, 91-97 (1983)
- (25) Kistler Co., *Multicomponent measuring platforms* (winterthur, Switzerland, 1985)
- (26) NAC. Co., *Films motion analyzer* (Tokyo, Japan, 1990)
- (27) 윤종일, 부산대학교 대학원 석사논문, 18-19 (1993)