고령자의 태권도 앞굽이서기 운동과 보행의 지면반력 특성비교

배영상¹ · 김기만²

¹ 계명대학교 체육대학 태권도학과 · ² 대구산업정보대학 생활체육레저과

Characteristic Comparison of Ground Reaction Force of the Taekwondo's Apkubi Motion and the Walking on Older Persons

Young-Sang Bae¹ · Ki-Man Kim²

¹Department of Taekwondo, College of Physical Education, Keimyung University, Daegu, Korea

²Department of Sports & leisure, Daegu Polytechnic College University, Daegu, Korea

Received 26 July 2011; Received in revised form 11 August 2011; Accepted 26 September 2011

ABSTRACT

The purpose of this study was to quantify the biomechanical characteristics of the ground reaction force(GRF) during the Taekwondo's Apkubi, one of the basic movement in Taekwondo and the walking. The GRF profiles under the stance foot of Apkubi movement and walking were directly measured in sample of 20 healthy older persons. In the anterior-posterior and vertical direction, the GRF of the Apkubi movement reached to the peak braking force at 10% of the normalized stance time percent and the peak driving force at 90% of stance time, but that of the walking reached to the peak braking force at 20% of stance time and the peak driving force at 80% of stance time. In vertical force, the GRF of the walking showed two peak values, but that of the Apkubi movement seemed three peak values. Moreover the first peak vertical force was significantly($t=6.085$, $p<.001$) greater in the walking(about 1.8 times of body weight) than the Apkubi(about 1.4 times of body weight). The walking velocity was affected significantly(over $p<.05$) by the braking impulse, the peak braking force and the first peak vertical force. Furthermore the peak braking force in the Apkubi showed a significant effect on the Apkubi's stride length($p<.01$). So, we concluded that the braking force after the right touch down, the stance foot on the ground contributed to move the leg forward.

Keywords : Ground Reaction Force, Apkubi, Walking, Braking Force, Driving Force, Impulse

I. 서론

고령자의 보행속도가 전도 및 근력저하와 유의한 관련이 있음을 나타내는 선행연구(Eun & Lee, 2004; Kuno & Sakato, 2004; Nakamura, 2001; Watanabe, 2001)에 근거를 두고 고령자에게는 신체기능측정만이 아니라 운동프로그램의 개입효과도 함께 고려한다는 점에서 고령자의 일상생활 동작능력으로서 평

성, 근력, 지구성, 유연성 등의 신체기능을 유지, 향상시키는 방안으로 보행운동이 추천되어 왔다.

Kobayashi(2003)는 고령이 되어도 생활기능을 유지증진하기 위해서는, 생활기능과 밀접한 관계가 있는 보행능력이 저하되지 않도록 하는 것이 중요하며, 이를 위해서 고령자에게는 고관절과 대퇴부 특히 대요근을 증대시킬 수 있는 무릎굴반동축 동작운동이 필요하다고 주장하였다. 한편, Kuno et al.(2004)은 보행은 생활 습관병을 예방하는 등 여러 가지 좋은 효과를 가지고 있지만 연령증가에 따른 근육량의 저하를 억제한다는 점에서는 적절하지 않으므로 고관절 및 대퇴부를 자극하는 근력 트레이닝이 필요하다고 제안하였다.

태권도의 앞굽이서기운동이 무릎굴반동축동작인 점에 착안

Corresponding Author : Young-Sang Bae
Department of Taekwondo, College of Physical Education, Keimyung University, 1095 Dalgubeol main street, Dalseo-gu, Daegu, Korea
Tel : +82-53-580-5518 / Fax : +82-53-580-5314
E-mail : ysb146@kmu.ac.kr

한 Kim과 Bae(2009)는 대요근의 크기와 앞굽이서기운동의 보폭이 높은 관련성을 가지고 있음을 보고하였다. 또한, 태극권을 고령자의 운동프로그램에 도입한 효과로써 Wolf et al.(2003)과 Wu(2002)는 장기간의 무도수련이 근력저하의 억제와 전도 예방 효과가 인정됨을 보고하고 있다. 그리고 하지근력의 저하, 신경계의 기능, 밸런스기능의 저하에 태극권의 운동프로그램이 효과적임을 보고하는 연구도 많이 이루어지고 있다(Esch, Duckstein, Welke, Stefano & Braun, 2007; Li et al., 2004; Lu & Kuo, 2003; Ko, Tsang & Chan, 2006; Wolf, Barnhart, Coogler & FICSIT Group, 1997; Wolf et al., 2003; Yan & Downing, 1998; Zhang, Takata, Yamazaki, Morita & Ohta, 2006).

한국의 전통무도스포츠로서 특유의 기술과 수련방식을 확보하고 있는 태권도 품새는 태극권과 유사한 서기방법을 이용하여 체중을 이동시키면서 품새를 진행하고 있다. 특히, 앞굽이서기 자세는 태권도 품새의 가장 기본적인 서기동작으로서, 준비국면에서 체중이 뒷발(오른 발)로 이동하지만, 주요 국면에서 앞발(왼 발)로 체중이동이 이루어지면서, 앞굽이서기 자세를 완성한다. 태권도 동작의 숙련도는 중심이동, 속도의 완급, 호흡, 힘의 장악, 기의 집중을 중심으로 평가하며, 체크포인트의 핵심은 체중의 지지와 이동을 담당하는 지지다리의 서기동작이 된다(Bae & Choi, 2005). 이와 같은 일련의 동작을 고려한다면, 이 앞굽이서기 운동은 자기 체중을 부하로 하는 하지근력운동인 런지((lunge)와 비슷한 자세로서 힘의 발현을 위한 동작임과 동시에 근력, 평형성, 유연성을 필요로 하는 동작임을 인식할 수 있다.

최근에 보행이 중·고령층을 중심으로 보급되고 있지만, 보행이 근력저하의 억제에 적절하지 못하다고 Kuno et al.(2004)이 문제제기하고 있듯이, 보행운동을 보완하는 한편, 무릎골반동작 동작으로서 신체의 대표적 근육인 대요근의 강화에 유익하면서 고령자의 근력증대에 도움을 줄 수 있는 앞굽이서기운동에 주목할 필요가 있다고 생각한다. 더욱이 앞굽이서기운동은 이동운동 유형으로서 하지근력증대에 기여할 수 있을 뿐만 아니라 트레이닝수단으로서 활용이 가능하여 보행능력과 체력의 유지를 도모할 수 있는 운동양식이라는 점에서 운동역학적 측면에서의 이해가 필요하다고 생각된다. 그러나 지금까지 보행을 대상으로 지면반력 계측을 이용한 역학적 해석은 이루어지고 있지만(Kim et al., 2011; Lee et al., 2011; Park, Lee, Kim, Yoo & Kim, 2011; Wu & Watanabe, 2005; Yi, 2011), 앞굽이서기에 대한 역학적 해석은 거의 이루어지지 않고 있다(Oh & Ryu, 2010).

따라서 본 연구의 목적은 고령자의 앞굽이서기운동 시의 지면반력의 역학적 특성을 구명하여, 고령자의 보행능력과 체력유지에 활용할 수 있는 기초적 자료를 얻고자, 앞굽이서기운동과 보행의 지면반력의 해석에 나타나는 역학적 요인의 관련성을 바탕으로 고령자의 앞굽이서기의 특징을 검토하는데 두었다.

II. 연구방법

1. 연구대상

피험자는 본 연구의 목적 및 연구방법(측정방법)을 사전에 설명하고, 동의를 얻은 남성고령자였다. 연구대상이 된 남성고령자는 D광역시에 거주하면서 일상생활에 특별한 구애를 받지 않고 스포츠클럽활동에 적극적으로 참여하고 있는 20명의 남성고령자였다. 연령은 73.2 ± 3.5 years, 신장 1.65 ± 0.05 m, 체중 64.5 ± 7.7 kg 이었다.

2. 실험방법

실험은 K대학교 운동역학 실험실에서 실시하였다. 피험자는 짧은 반바지를 착용하고 맨발로 보행과 앞굽이서기(3보) 운동을 실시했다. 보행은 전체거리를 11 m로 하여 최대속보(약 7 km/h)로 걷도록 하였으며, 이때의 보행속도는 3 m지점과 8 m지점에 광전관을 설치하여 평균속도를 측정하였고, 지면반력은 5 m지점에 설치된 지면반력계(Kistler제품, 9281B모델)를 자연스러운 보행동작으로 왼발로 지면반력계를 밟고 통과하도록 하여 측정하였다. 그리고 앞굽이서기 운동은 준비서기에서 연속3회 앞굽이 몸통반대지르기 동작을 실시하도록 하여 1보째 지지발(왼발)이 지면반력계를 밟도록 지시하였으며, 연속3회 앞굽이서기 운동을 실시했을 때의 보폭을 측정하였다.

지면반력 데이터는 컴퓨터에 전송되도록 하여, 다음 항목에서 서술하는 측정항목이 계산되었다. 샘플링시간은 보행 5 ms, 앞굽이서기운동 10 ms로 하였다. 각 피험자는 3회씩 보행 및 앞굽이서기운동을 실시하여, 가장 자연스럽다고 판단된 시기의 원발에 대한 데이터만을 이용하여 분석하였다.

3. 자료분석

분석은 지면반력의 정량적 항목과 함께 보행에서는 속도, 앞굽이서기운동에서는 보폭에 대해서 이루어졌다. 지면반력의 정량적 측정은 9개 항목이다. 즉, ①좌우방향분력의 내측방향의 역적으로서, 지면반력 파형에 나타난 면적을 체중(W)과 접지시간(t)의 곱으로 기준화한 값($\int F_{xdt}/Wt$), 즉 체중역적 당 좌우방향 역적, ②전후방향분력 피크제동력을 체중으로 기준화한 값($-F_{y\max}/W$), 즉 체중당 피크제동력, ③전후방향분력 피크추진력을 체중으로 기준화한 값($F_{y\max}/W$), 즉 체중당 피크추진력, ④전후방향분력 제동파형에 나타난 면적을 체중과 접지시간의 곱으로 기준화 한 역적($-\int F_{ydt}/Wt$), 즉 체중역적 당 제동역적, ⑤전후방향분력 추진파형에 나타난 면적을 체중과 접지시간의 곱으로 기준화 한 역적($\int F_{ydt}/Wt$), 즉 체중역적 당 추진역적, ⑥상

Table 1. Correlation between performance factors(walking velocity, Apkubi stride length) and force parameters (%BW of peak force, %BWsec)

Items	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Walking velocity	***0.732	0.029	***0.727	0.090	*0.489	0.105	0.413
Apkubi stride length	0.012	0.305	**0.609	0.029	0.272	0.284	0.063
Note.	① $\int Fydt/WT$ *** $p<.001$	② $\int Fydt/WT$ ** $p<.01$	③ $F_{y\max}/W$ * $p<.05$	④ $-F_{y\max}/W$	⑤ $Fz1p/W$	⑥ $Fz2p/W$	⑦ $\int Fzdt/WT$

하방향분력 제1피크를 체중으로 기준화한 값($Fz1p/W$), 즉 체중 당 제1피크연직력, ⑦상하방향분력 제2피크를 체중으로 기준화한 값($Fz2p/W$), 즉 체중 당 제2피크연직력, ⑧상하방향분력 제3피크를 체중으로 기준화한 값($Fz3p/W$), 즉 체중 당 제3피크연직력, ⑨상하방향분력 파형에 나타난 면적을 체중과 접지시간의 곱으로 기준화한 역적($\int Fzdt/WT$), 즉 체중역적 당 연직역적이었다.

보행의 속도는 11 m 보행로의 3 m와 8 m지점에 설치한 광전관을 이용하여 측정한 시간을 이용하여 측정하였으며, 앞굽이서기운동의 보폭은 발바닥에 파우더를 묻혀 제자리 준비서기로부터 앞굽이몸통반대지르기를 3회 연속 실시했을 때의 발자국으로부터 측정하였다.

4. 통계처리

측정된 각 항목의 기초통계량을 산출하고, 각 측정치간의 t검정과 일원배치분산분석에 의한 각 항목간의 차가 유의한 것을 확인한 다음, Bonferroni법의 다중비교를 실시하여, $p<.05$ 를 유의차 있다고 판정하였다. 또한 앞굽이서기운동의 보폭 및 보행의 속도와 지면반력의 정량적 항목과의 상관계수를 산출하였다.

III. 결 과

1. 앞굽이서기운동과 보행의 지면반력의 비교

<Figure 1>의 a, b는 앞굽이서기운동과 보행 시에 나타나는 지면반력의 분력(좌우, 전후, 상하)을 피험자 별로 접지시간을 100%로 기준화하여 평균과 표준편차의 파형을 나타낸 것이다. 그림에서 나타난 것처럼 좌우방향에서는 보행과 앞굽이서기운동 모두 내측방향의 역적이 중점을 이루었다. 그리고 전후방향에 있어서는 전반부는 제동역적이, 후반부는 추진역적이 중점을 이루었지만, 보행운동은 제동기와 추진기가 약 45%대 55%의 비율을, 앞굽이서기운동은 약30%대 70%의 비율로 추진기가 차지하는 비율이 높게 나타났다. 또한 상하방향(연직)의 분력에

있어서는 보행의 경우는 2개의 피크가, 앞굽이서기 운동에서는 3개의 피크를 보였다.

<Figure 2>는 앞굽이서기와 보행의 체중 당 피크제동력, 체중 당 피크추진력, 체중역적 당 제동역적과 추진역적의 비교를 나타낸 것이다. <Figure 2>에 나타난 것처럼 체중역적 당 제동역적과 추진역적에 있어서는 앞굽이서기운동과 보행 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 체중 당 피크제동력에서는 앞굽이서기운동 $47\pm16.2\%BW$, 보행 $32\pm12.8\%BW$ 로서 통계적($t=2.919$, $p<.05$)으로 유의한 차이를 나타냈다.

<Figure 3>은 앞굽이서기와 보행의 체중 당 피크연직력, 체중역적 당 연직역적을 비교한 것이다. 체중 당 제1피크연직력에서 보행 $182\pm17.7\%BW$, 앞굽이서기운동 $144\pm23.7\%BW$ 로서 통계적($t=6.085$, $p<.001$)으로 유의한 차이를 나타냈다. 또한 체중역적 당 연직역적에서는 보행 $92\pm4.2\%BWsec$, 앞굽이서기 $85\pm10.1\%BWsec$ 로서 통계적($t=3.375$, $p<.01$)으로 유의한 차이를 나타내었다. 그리고 보행의 제2피크연직력과 앞굽이서기의 제2 및 제3피크연직력에 대한 체중 당 피크연직력의 일원배치분산분석 결과 통계적($F=5.267$, $p<.01$)으로 유의한 차이를 나타내었다.

2. 보행속도 및 앞굽이서기운동의 보폭과 지면반력과의 관련

<Table 1>은 보행속도와 지면반력의 체중 당 피크치 및 체중역적당 각 방향 역적치와의 관련성과 앞굽이서기운동의 지면반력의 체중 당 피크치 및 체중역적당 전후(제동 및 추진) 및 상하(연직) 방향의 역적과 관련성을 나타낸 것이다. <Table 1>에 나타난 것처럼, 보행속도와 체중역적 당 제동역적($r=0.732$, $p<.001$), 체중 당 제동력($r=0.727$, $p<.001$), 체중 당 제1피크연직력($r=0.489$, $p<.05$)에서 유의한 상관을 나타냈으며, 앞굽이서기운동의 보폭과 체중 당 제동역적($r=0.609$, $p<.01$)에서 유의한 상관을 나타내었다.

IV. 논 의

1. 앞굽이서기운동과 보행운동의 지면반력의 특성

Figure 1. Ensemble average (all subject) of normalized ground reaction force in Medial-Lateral, Anterior-Posterior and Vertical direction, during Taekwondo's Apkubi(a) and walking(b). Thick lines indicate the mean, and dot lines indicate the standard deviation.

Figure 2. Comparison of peak forces(%BW), impulse(%BW sec) parameters between Taekwondo's Apkubi and walking in anterior-posterior direction.

Figure 3. Comparison of peak forces(%BW), impulse(%BW sec) parameters between Taekwondo's Apkubi and walking in vertical direction.

Alex, Christian, Gerhard, Stussi와 Uervain(2005), Fomer-Cordero, Koopman과 Helm(2006), Zhang, Kurt과 Douglas(2006)은 지면반력에 관련된 연구에서 보행은 지면에 접한 하지가 힘을 발휘함으로써 신체를 전방으로 이동하는 운동이기 때문에 지면반력의 변화를 검토함으로써, 보폭을 획득하는데 필요한 하지의 운동능력을 구명할 수 있다고 서술하였는바, 앞굽이서기운동과 보행에 나타나는 지면반력의 파형을 먼저 검토하기로 하였다. <Figure 1>은 앞굽이서기운동과 보행운동 시의 지면반력 분력에 대해 지지시간을 100%로 기준화했을 때의 평균과 표준편차를 나타낸 것이다. 좌우방향에서는 보행과 앞굽이서기운동 모두 내측방향의 역적이 중점을 이루지만, 보행운동은 지지기 초반에 외측에서 내측으로 역적이 작용하여 지지발이 떨어질 때까지 일정한 힘이 작용하고, 앞굽이서기운동에서는 지지기 초기부터 내측방향의 힘이 작용하며, 특히 중반부에는 더 큰 힘이 작용하면서 지지기를 마무리하는 파형을 나타냈다. 이것은 일반적으로 보행운동의 진행방향은 직선적인데 대해, 앞굽이서기운동의 진행방향은 약 30°정도 비스듬히 전방으로 진행하기 때문에 앞굽이서기운동의 보폭(양발사이의 간격)이 보행보다 큰 것에 근거한다고 생각된다.

그리고 전후방향에 있어서는 전반부는 제동역적이, 후반부는 추진역적이 중점을 이루었지만, 보행운동은 제동기와 추진기가 지지기의 약 45%대 55%의 비율을 보이면서 제동기에서 추진기로의 전환이 스무드한 대칭 커브를 이루는 반면, 앞굽이서기 운동은 지지기의 약 30%대 70%의 비율로 추진기가 차지하는 비율이 커면서 제동기에서 추진기로의 전환이 비대칭 꺾을 이루는 것으로 나타났다. 즉 앞굽이서기의 피크제동력은 지지기의 약 10% 시점에서, 그리고 피크추진력은 지지기의 약 90% 시점에서 나타난 반면 보행운동은 보다 늦은 약 20% 시점에서 피크제동력이 나타나고, 피크추진력은 보다 빠른 약 80% 시점에서 나타났다.

상하방향(연직)의 분력에 있어서는 보행의 경우는 2개의 피크를 보였지만, 앞굽이서기 운동에서는 3개의 피크를 보였으며, 보행운동은 완만한 경사로 지지기 초반 약 20% 시점에서 제1피크연직력(체중의 약 1.8배)에 이른 반면, 앞굽이서기운동은 급격한 경사로 지지기 초반 약 10% 시점에서 제1피크연직력(체중의 약 1.4배)에 이르는 것으로 나타났다. 또한 보행에서는 지지시간의 약 80% 시점에서 제2피크연직력을 보인 반면 앞굽이서기 운동은 지지기의 약 50% 시점에서 제2피크연직력, 약 90% 시점에서 제3피크연직력을 나타냈다.

이것은 보행이 연속적인 주기운동인 것에 대해, 앞굽이서기 운동은 단속적인 주기운동이기 때문으로 생각된다. 즉 보행운동의 경우 준비국면과 주운동국면 그리고 정리국면으로 이어지는 1주기의 운동구조에서 정리국면과 준비국면이 합해지면서 주운동국면과 중간국면의 연속적인 주기운동의 구조를 보였다. 그러나 앞굽이서기운동은 정리국면과 준비국면이 합쳐지지 않

은 단속적인 형태의 주기운동을 보였다. 따라서 보행운동은 리드미컬한 주기운동이 연속되면서 지지기에 체중이 앞으로 이동한 결과 제동기에서 보다 큰 피크연직력이 나타났다고 생각된다. 하지만 앞굽이서기운동은 단속적인 주기운동으로 이어지면서, 보폭을 크게 하기 위해 체중을 뒤에 두고 지지하는 다리의 하지가 접지직후부터 전방으로 접지 발을 축으로 크게 회전하였기 때문에 피크연직력은 약하지만, 보다 큰 제동력으로 착지하는 것으로 생각된다. 즉 앞굽이서기운동이 지지기 전반 약 10% 시점에서 전후방향에 피크제동력과 상하방향에 제1피크의 연직력을 보이는 것은 하지가 접지와 동시에 크게 회전한 것을 나타내었기 때문으로 생각된다.

Wu와 Hitt(2005)에 따르면 보행에서의 상하방향의 제1피크 및 제2피크연직력은 양발지지국면에서 일어나며, 태극권의 이동법에 있어 제1피크, 제3피크는 양발지지, 제2피크는 한발지지시에 일어나는 것으로 보고하고 있다. 본 연구의 앞굽이서기운동에서도 세 가지 피크연직력을 나타낸다는 점에서 태극권의 이동법과 동일한 현상으로 추찰된다. 즉 앞굽이서기운동의 제2피크연직력은 한발지지에서 체중을 이동 중에 일어나게 되며, 제3피크연직력은 피크추진력과도 발현시점이 일치한다는 점에서 체중을 앞으로 밀어내는 역할을 한다고 생각된다.

2. 앞굽이서기운동과 보행운동의 지면반력의 피크치 및 관련성

<Figure 2>에서처럼 체중역적 당 제동역적과 추진역적에 있어서는 앞굽이서기운동과 보행 사이에 유의한 차이를 보이지 않았지만, 체중 당 피크제동력에서 앞굽이서기운동과 보행이 통계적($t=2.919$, $p<.05$)으로 유의한 차이를 나타냈다. 이것은 지면반력 보폭을 획득하는데 필요한 하지의 회전운동에 크게 영향을 미친다는 Alex et al.(2005), Fomer-Cordero et al.(2006), Zhang et al.(2006)등의 보고와 일치한다. 즉 지지기 전반의 착지 직후에 가해지는 제동력은 하지를 전방으로 이동시키는데 기여하게 되는데, 보다 큰 보폭으로의 이동을 요구하는 앞굽이서기운동의 제동력이 유의하게 크다는 것이 이것을 잘 증명하고 있다고 생각된다.

<Figure 3>에 나타난바와 같이 보행의 2개의 피크값과 앞굽이서기의 3개의 피크값에 대한 체중 당 피크연직력의 t -test 및 일원배치분산분석 결과 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 보행의 제1피크연직력은 앞굽이서기운동의 제1피크연직력보다 통계적으로 유의($p<.001$)하게 큰 값을 나타냈으며, 두 가지 운동 모두에서 체중 당 제2피크연직력은 제3피크연직력보다 유의($p<.05$)하게 크게 나타났다. 이 결과를 <Table 1>의 보행속도와 체중역적 당 제동역적($p<.001$), 체중 당 제동력($p<.001$), 체중 당 제1피크 연직력($p<.05$)에서 유의한 상관을 나타냈다는 점과, 앞

굽이서기운동의 보폭과 체중 당 제동력($p < .01$)에서 유의한 상관을 나타냈다는 점을 연계하여 검토할 필요가 있다. 즉 보행의 경우는 보행속도가 클수록(보폭이 클수록) 제동력의 성분이 크고, 연직력의 성분이 크지만, 앞굽이서기운동의 경우는 보행과는 다른 양상을 보인다는 점이다. 이것은 앞굽이서기운동에서 보폭을 크게 하는데 기여한 제동력 성분이 연직력 성분의 크기로 이어지지 않은 것은 보행은 최고속도로 실시한 반면에 앞굽이서기운동은 느린동작으로 전방으로의 이동을 지연시켜 반대다리의 접지시의 충격을 감소시켰기 때문이라 추찰된다. 즉, 앞굽이서기운동은 큰 제동력으로 보폭을 크게 하는데 유리하지만 반면에 제1피크의 연직력은 상대적으로 적기 때문에 지지다리가 받는 충격력이 적은 만큼, 지지다리로 충격을 완화하면서 하지를 크게 굴곡시키기 때문에 하지굴곡에 따른 하지의 운동범위가 커지면서 지지다리의 하지근을 이용하는 능력을 향상시킨다고 생각된다. 뿐만 아니라 지지다리의 하지굴곡동작은 하지의 길이를 단축시키면서 관성모멘트를 적게 하기 때문에 전방회전을 용이하게 한다고 생각된다(Mitsui & Zushi, 2006a, 2006b).

그러나 보행속도와 체중역적 당 추진역적, 체중 당 추진력, 제2피크연직력에서는 유의한 상관을 나타내지 않았고, 또 앞굽이서기운동과 체중 당 제동력의 관련성을 제외한 나머지 항목과도 통계적으로 유의한 상관을 나타내지 않았다. 이것으로 미루어 볼 때, 지지기 후반(추진기)에는 보폭이 클수록 하지의 길이가 신전되면서 큰 지면반력이 발휘되고, 또 하지에 의한 전방으로의 큰 회전을 생성하기 위해서 회전축이 되는 지지다리가 큰 근력을 발휘하는 것이 중요하다고 생각되지만, Mitsui et al.(2006a, b)이 보고한 것처럼 고령자의 보행은 추진기의 분력의 파형이 약하면서도 제동기와 추진기가 스무드하게 전환하지 못하고, 연직분력의 제2피크치가 적은 점으로 미루어 볼 때, 지지기에서 전후방향 및 상하방향으로의 중심이동이 충분히 이루어지지 않은 것으로 생각된다.

V. 결론

태권도 앞굽이서기운동을 통하여 고령자의 보행능력과 체력유지에 활용할 수 있는 기초적 자료를 확보하고자 보행과 앞굽이서기운동의 지면반력의 해석에 나타나는 역학적 특성을 바탕으로 고령자의 앞굽이서기운동의 특징을 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 좌우방향에서는 보행과 앞굽이서기운동 모두 내측방향의 역적이 중점을 이루지만, 특히, 앞굽이서기운동은 지지기 초기부터 종반부까지 더 큰 힘이 작용하면서 지지기를 마무리하는 파형을 나타냈다.

2. 앞굽이서기운동의 피크제동력은 지지기의 약 10%, 피크추진력은 지지기의 약 90% 시점에서 나타난 반면, 보행운동은 보다 늦은 약 20% 시점에서 피크제동력, 보다 빠른 80% 시점에서 피크추진력을 나타냈다.
3. 상하방향(연직)의 분력에 있어서는 보행의 경우는 2개의 피크가, 앞굽이서기운동에서는 3개의 피크를 보였으며, 보행운동은 지지기 초반 약 20% 시점에서 제1피크연직력(체중의 약 1.8배)에 이른 반면, 앞굽이서기운동은 지지기 초반 약 10% 시점에서 제1피크연직력(체중의 약 1.4배)에 이르는 것으로 나타났다.
4. 큰 보폭으로의 이동을 요구하는 앞굽이서기운동의 제동력이 유의하게 크다는 것으로부터 지지기 전반의 착지 직후에 가해지는 제동력은 하지를 전방으로 이동시키는데 기여한다고 생각된다.
5. 앞굽이서기운동은 큰 제동력으로 보폭을 크게 하면서도 제1피크연직력(충격력)은 상대적으로 적다는 점에서 지지다리가 받는 충격력을 완화하는 만큼, 하지를 크게 굴곡시키기 때문에 지지다리의 하지근을 이용하는 능력을 향상시킨다고 생각된다.

참고문헌

- Alex, S., Christian, D., Gerhard, L., Edgar, S., Ines, A., & kramers-de, Q.(2005). Ground Reaction Forces on Stairs: Effects of Stair Inclination and Age, *Gait and Posture*, 21, 24-38.
- Bae, Y. S., & Choi, S. G.(2005). *Principle of Self-Defense*. Daegu : Keimyung University Press.
- Esch, T., Jorg, D., Justus, W., George, B., Stefano., & Vittoria, B.(2007). Mind/Body Techniques for Physiological and Psychological Stress Reduction: Stress Management via Tai Chi Training - A Pilot Study. *Medical Science Monitor*, 13(11), 488-497.
- Eun, S. D., & Lee, K. K.(2004). The Effect of the Speed Conditions on the Gait Pattern. *Korean Journal of Physical Education*, 43(5), 397-404.
- Fomer-Cordero, A. H. J., Koopman, F. M., & van der Helm, F. C. T.(2006). Inverse Dynamic Calculations during Gait with Restricted Ground Reaction Force Information from Pressure Insoles. *Gait and Posture*, 23, 189-199.

- Gary, T. C. K., Patrick, C. C., T., & Hamish, C. K., C.(2006). A 10-week Tai-Chi Program Improved the Blood Pressure, Lipid Profile and SF-36 Scores in Hong Kong Chinese Women. *Medical Science Monitor*, 12(5), 196-199.
- Kim, E. H., Kim, S. S., Kwon, M. S., Wi, U. R., Lim, J., & Chung, C. W.(2011). The Effect of Form and Hardness of Outsoles on the Motion of the Lower Extremity Joints and on Foot Pressure during Gait. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 21(2), 223-230.
- Kim, K. M., & Bae, Y. S.(2009). Effectiveness of Health Related to Muscle Strength Level of Older Men Taekwondo Apkubi Momtong Bandae Jireugi as Diagnostic Method. *Korean Journal of Growth and Development*, 17(4), 309-314.
- Kobayasi, K.(2003). Movement Balance for Running. *Taiikunokagaku*, 53(4), 268-273.
- Kuno, S., & Sakato, Y.(2004). Why are Older Persons Need the Muscle Training? *Taiikunokagaku*, 54(9), 712-719.
- Lee, K. D., Kim, D. W., Yoo, J. H., Kim, K. H., Lee, T. Y., Park, K. S., Chung, G. S., & Park, S. B.(2011). Comparative Analysis on Gait Patterns of the Elderly and the Young Regarding to Foot Pressure. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 21(1), 67-75.
- Li, F. K., Jhon, F., Peter, H., Dainis, I., Robert, G. T., & Cheryl, W.(2004). Tai Chi and Self-Rated Quality of Sleep and Sleepiness in Older Adults: A Randomized Controlled Trial, *Journal of American Geriatrics Society*, 52, 892-900.
- Lu, W. A., & Kuo, C. D.(2003). The Effect of Tai Chi Chuan on the Autonomic Nervous Modulation in Older Persons, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 1972-1976.
- Mitsui, T., & Zushi, K.(2006a). Development of Training Method in order to improve the walking ability of older person by used the stretch-shortening cycle. *Japanese Journal of Biomechanics in Sports and Exercise*, 10(1), 58-65.
- Mitsui, T., & Zushi, K.(2006b). Characteristics and Teaching of Walking Movement on Older Persons. *Taiikunokagaku*, 56(11), 890-894.
- Nakamura, K.(2001). Changing of Daily Life Movement in Older Persons. *Japanese Journal of Biomechanics in Sports and Exercise*, 5(3), 173-177.
- Oh, S. G., & Ryu, J. S.(2010). A Comparative Study on the Kinematic Factors and GRF with Poombaluki Type in Taekyon. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 20(1), 57-65.
- Park, S. B., Lee, K. D., Kim, D. W., Yoo, J. H., & Kim, K. H. (2011). Comparative Analysis of Foot Pressure Distribution by Functional Insole to be Transformed and Restored during Walking. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 21(2), 231-241.
- Watanabe, K.(2001). Biomechanics of Walking Movement in Older Persons. *Japanese Journal of Biomechanics in Sports and Exercise*, 5(3), 168-172.
- Wolf, S. L., Huiman, X. B., Nancy, G. K., Elizabeth, M., Carol, C., Tingsen, X., & the Atlanta FICSIT Group.(1996). Reducing Frailty and Fall in Older Persons: An Investigation of Tai Chi and Computerized Balance Training. *Journal of American Geriatrics Society*, 44, 489-497.
- Wolf, S. L., Huiman X Barnhart, Carol E Coogler, & Atlanta FICSIT Group(1997). The Effect of Tai Chi Quan and Computerized Balance Training on Postural Stability in Older Subjects. *Physical Therapy*, 77(4), 371-384.
- Wolf, S. L., Richard, W. S., Michael, K., Michael, O., Arlene, I. G., & Robert, J. Gregor.(2003). Intense Tai Chi exercise Training and Fall Occurrences in older, Transitionally Frail Adults: A Randomized, controlled Trial. *Journal of American Geriatrics Society*, 51, 1693-1701.
- Wu, T., & Kazuhiko, W.(2005). The Influence of instructions on the walking Motion in elderly Women: Focusing on Walking Speed, Plantar Pressure and Ankle Motion. *Japan Journal of Physical Education, Health and Sport Sciences*, 50, 651-661.
- Wu, G.(2002). Evaluation of the Effectiveness of Tai Chi for Improving Balance and Preventing Falls in the Older Population - A Review. *Journal of American Geriatrics Society*, 50, 746-754.
- Wu, G., & Juvena, H.(2005). Ground Contact Characteristics of Tai Chi Gait. *Gait and Posture*, 22, 32-39.
- Yan, J. H., & John, H. D.(1998). Tai Chi: An Alternative Exercise Form for Seniors, *Journal of Aging and Physical Activity*, 6, 350-362.
- Yi, K. O.(2011). The Effect of Shoe Type on Ground Reaction Force. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 21(1), 9-16.
- Zhang, J. G., Kazuko, I. T., Hideo, Y. T. M., & Toshiki, O.(2006). The Effects of Tai chi Chuan on Physiological Function and Fear of Falling in the Less Robust Elderly:

An Intervention Study for Preventing Falls, *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 42, 107-116.

Zhang, S., Kurt, G. C., & Douglas, P.(2006) Ground Reaction force and 3D Biomechanical Characteristics of Walking in Short-Leg Walkers. *Gait and Posture*, 24, 487-492.