



태권도 돌려차기와 몸돌려 후려차기시 태권도화 착용에 따른 기계적 마찰력과 태권도 수행력 연구

Research about the Effect that Taekwondo Shoes have on the Performance and Friction during the Turing and Turning Back Kick

박승범* · 이정호(부산신발산업진흥센터)

Park, Seung-Bum* · Lee, Jung-Ho(Busan Footwear International Promotion Center)

국문요약

본 연구는 개발된 태권도화에 따른 태권도 돌려차기와 몸돌려 후려차기시 기계적 마찰력과 태권도 수행력에 대하여 연구하는데 목적이 있다. 본 연구를 위하여 A.F.T.S(Automated Footwear Testing System)과 태권도 수행력 테스트를 실시하였으며 착화감에 대한 설문은 조사하였다. 본 실험의 결과 태권도화 종류에 따라 기계적 마찰력은 유의한 차이를 보였으며, 돌려차기시 최대 자유모멘트의 통계 결과값은 $p=.011$ 이었고, 최대 족저압에 있어서 타입 A 태권도화와 타입 B 태권도화 사이에서 유의한 차이를 보였다. 착화감 설문 결과 5가지 항목에 있어 타입 A와 타입 B 태권도 사이에 있어 유의한 차이를 보였지만 타입 B와 타입 C 태권도화에 있어서는 모든 항목에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 태권도화별 기계적 마찰력에서 유의한 차이를 보인 반면 수행력에 있어서는 영향을 미치지 못하는 것으로 판단되며, 설문 결과와 수행력 사이에 있어도 관계가 없는 것으로 나타났다. 본 연구를 통하여 임상 실험 결과와 기계적 마찰력 정도가 태권도 수행에 영향을 주는지 여부와 훈련 시 부상 방지 및 수행력을 향상시키는 태권도화의 생체역학적 설계 및 현 개발 시제품에 대한 후속제품개발에 도움을 주고자 한다.

ABSTRACT

S. B. PARK, and J. H. LEE, Research about the Effect that Taekwondo Shoes have on the Performance and Friction during the Turing and Turning Back Kick. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 18, No. 1, pp. 117-127, 2008. The purpose of this study was to investigate the relationship between research of mechanical friction and Taekwondo kick performance. For this a Taekwondo kick performance test, A.F.T.S.(Automated Footwear Testing System) and survey about fitting was used. There was a statistically significant difference between all the Taekwondo shoe types. While performing the roundhouse kick there were statistically significant differences in the peak free moment($p=.01$) and peak plantar pressure between type A and B. Comfort testing revealed that there were statistically significant difference between type A and B in the five comfort variables tested but not between type B and Type C. There was statistically significant differences between each of the Taekwondo shoes but there was no relationship between the performance and the results of the survey.

KEYWORDS : TAEKWONDO SHOES, FRICTION, PERFORMANCE TURNING BACK KICK

I. 서론

태권도는 우리나라가 주체가 되어 세계화된 스포츠 종목이며(장기준, 1985), 현재 올림픽 정식 종목으로 채택되어 전 세계적으로 인정을 받는 경기적인 특성을 갖는 무도 스포츠로 발돋움하게 되면서 현재 국내외적으로 태권도 인구는 급격하게 증가하는 추세를 보이고 있으며, 외국선수들의 기량 또한 급속히 발전하고 있으며, 태권도화의 수요 또한 보급이 확산될 수 있는 유망한 품목이다. 태권도 훈련시 좋은 태권도화는 훈련 능력을 향상시킬 뿐만 아니라 경기력 향상에도 기여한다(구희성, 1999; 진영완, 꺾이섭, 2007).

다양한 전문 스포츠화 러닝화와 관련된 여러 연구들이 있었다(Clarke, Frederick & Cooper, 1983; Nigg, Luethi, Stacoff, & Segesser, 1981). 축구화에 있어서 스타드 형태 변화에 따라 회전 마찰력에 어떠한 영향을 주는지에 대하여 연구되었으며(이중숙과 박상균, 2004), 이러한 연구는 ACL 손상등 부상과 매우 밀접한 관련 있다고 보고되고 있다(Torg, Quedenfeld, & Landau, 1974). 신발의 정량적인 분석을 위하여 자동화된 신발 평가 시스템들이 개발되어 왔으며, 인체의 움직임 동안 신발과 지면의 접촉에서 발생하는 마찰력에 미치는 일정한 부하를 로봇 시스템으로 설계개발 및 연구되었다(Gregory, Ojenie, Kent, Jisun, Xiao, James, Rex & Sarah, 2005; Monckto & Chrystall, 2002).

태권도 동작에 있어 여러 가지 동작과 수행력을 증진시키기 위한 여러 연구들이 있었다(강성철, 1998; 김승재, 1993; 김장축, 1991; 배영상, 1984; 윤동섭, 1996; 윤창진, 1997). 태권도 연습 및 전문 스포츠화는 경기력 향상 및 선수 보호를 위해 개발된 이후 현재까지 그 기능과 역할에 따라 광범위하게 이용되고 있다. 이제는 전문 스포츠화 없이는 선수의 경기력 향상에 커다란 제한을 가져올 정도로 그 용도와 비중이 상당히 크다. 특히 올림픽대회의 활성화 이후 급속히 전 세계적으로 스포츠 대중화에 크게 기여하는 역할을 했으며 계속된 발전에 의해 기본적인 신발의 수단으로써, 경기력 향상을 위한 훌륭한 도구으로써, 유행을 주도하는 패션으로써의 역할로 발전하여 왔다.

태권도에 대한 국내 선행 연구에 있어서 태권도 동작에 대한 동작분석이 주 연구대상이었다(김현덕, 1992; 성낙준, 1984; 양동영, 1986; 이상연과 윤창진, 1998; 장기준, 1985; 조동희, 2003). 여러 요인에 의하여 태권도 동작과 수행력에 영향을 줄 수 있다. 국외의 태권도 연구는 부상과 관련한 연구(Beis, Tsaklis, Pieter & Abatzides, 2001; Feehan & Waller, 1995; Mohsen, Heatehr & Young Su Choung, 2005; Mohsen & Willy, 2004; Pieter & Zemper, 1999)들이 주를 이루었으며, 킥 동작에 대한 운동역학적 분석이 이루어지고 있다(Lee, Ho & Chen, 2006; Roosen, 2006; Seogyoun Lee & Sally, 1993). 태권도화의 기계적 마찰력과 관련하여 마찰력의 차이가 태권도 수행에 영향을 미치는지에 대한 연구는 미비한 상태이다. 이기광(2005)은 태권도 훈련을 통하여 일반인과는 발 형태가 다를 것으로 예상하여 태권도 선수의 좌우 발의 치수를 측정하여 그 결과 차이를 검정하여 태권도 선수 족부의 형태적 특성을 연구하였다. 이러한 스포츠 종목에 따른 족부의 형태적 특성을 고려하여 전문 스포츠화가 개발 및 제작되고 있다.

전문 스포츠화와 마찰력과 관련된 연구에 있어서는 테니스화, 농구화등 바닥재 사이에 있어 많은 연구들이 있었다(Gheluwe, & Deporte, 1992; Nigg, 1983; Valiant 1986). 마찰력은 급정지나 급출발 또는 두 동작이 동시에 이루어질 때, 미끄럼 방지는 효과적으로 이루어져야 하며, 특히 테니스 농구, 배구 등 코트 스포츠에 있어서 최적의 마찰력은 필수이며 이러한 마찰력은 무게가 많이 나갈수록, 다른 물체와의 접촉면이 넓을수록 장력이 클수록 커지며, 테니스화 걸창과 마찰력간의 관계를 설명하였다(김정태, 2002).

이러한 긍정적인 용도와 역할에 반해 태권도라는 스포츠 종목에서는 태권도화라는 점이 부정적 측면에서 바라보았다. 그 이유는 실제 경기 시 태권도화를 착용하지 않는다는 것과 태권도의 훈련 특징상 태권도화의 필요성을 느끼지 못했던 것이다. 그러나 태권도가 전 세계적 대중 스포츠로 자리 잡으면서 전문 스포츠업체에서 태권도화에 대한 제품 개발이 이루어지고 있다. 현재 세계최고의 신발 개발, 생산국인 우리나라 신발 기술과 국기인 태권도의 스포츠 대중성과 과학화라는

점에서 태권도화 개발에 많은 노력에서 개발 가능성이 큰 분야이기도 하다. 기존의 태권도화는 전문 기능성의 스포츠화가 아닌 일반적인 신발의 특징인 발의 보호라는 일차적인 특징의 스포츠화 형태로 되어있다. 그러나 태권도의 과학적인 연구와 정립으로 태권도화의 개발이 전문 스포츠화라는 중요한 사안으로서 새로운 기술과 방법이 연구, 실용화 되고 있다. 현재 태권도화는 기능성, 디자인, 품질 면에서 다른 스포츠화 보다 개발이 많이 뒤쳐져 있다. 특히 국내 태권도의 비과학적인 훈련 및 고정 관념으로 국외 태권도화 개발에 비해 상당한 수준 차이를 보이고 있다. 그러나 체계적인 태권도의 과학적인 분석과 지속적인 연구와 개발을 통해 국외 태권도화 제품보다 우수한 태권도화를 개발할 수 있다고 본다.

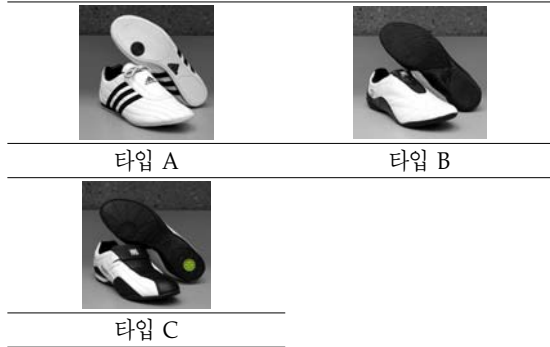
이에 본 연구는 태권도 돌려차기와 몸돌려 후려차기에 있어서 태권도화 착용에 따른 기계적 마찰력과 태권도 수행력을 비교 및 평가하는데 목적이 있다. 본 연구를 통하여 임상 실험 결과와 기계적 마찰력 정도가 태권도 수행에 영향을 주는지 여부와 훈련 시 부상 방지 및 수행력을 향상시키는 태권도화의 생체역학적 설계 및 현 개발 시제품에 대한 후속제품개발에 도움을 주고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구에 있어 최소 1년 이상의 경력을 갖춘 8명의 전문 태권도 선수로 구성하였으며, 하지에 상해, 통증이 없는 자이며 모든 피험자는 캐나다 C대학교 소속의 태권도선수들로 윤리 위원회에서 규정한 동의서에 서명한 후 실험에 참가하였다. 피험자의 평균 연령은 23.3 ± 7.0 세, 평균 신장 1.76 ± 0.07 m, 평균 체중 67.4 ± 11.8 kg, 평균 경험 기간은 10.5 ± 7.4 년 이었다. 태권도화의 경우 독일의 해외 브랜드인 태권도화를 타입 A라 칭하고, 국내 동일 브랜드 제품에서 판매중인 구 모델, 개발중인 신모델 각 1종을 선택하여 각각 타입

표 1. 실험에 사용된 태권도화 및 아웃솔
태권도화 타입 및 모델



B, 타입 C로 명명하였다. 각 태권도화의 신발 사이즈 275mm에 해당하는 한 족당 무게는 타입 A의 경우 218g, B의 경우 219g, C의 경우 269g으로 다소 무게가 있는 제품이었다. A타입은 겔창이 일체형으로 된 형태이며, B타입은 겔창이 3개로 설계되어 전족부, 중족부, 후족부의 형태로 분리된 설계형태, C타입은 후족부에 충격흡수기능이 삽입된 설계로 구성된 제품으로 실험을 수행하였다.

2. 실험도구 및 분석 장비

본 실험에 사용된 도구는 기계적 마찰력 측정 시스템인 AFTS(Automated Footwear Testing System) 캐나

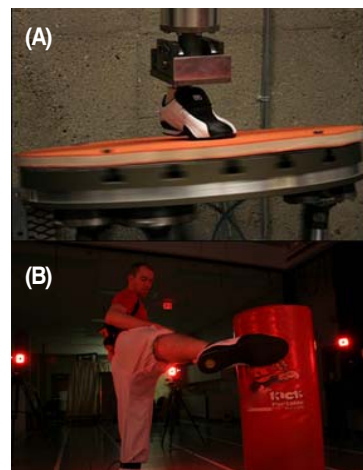


그림 1. AFTS(Automated Footwear Testing System) 적용 실험 장면(A) 및 3차원 동작분석 장면(B)



그림 2. 실험에 사용된 태권도화

다 Precarn사에서 제작한 시스템 장비를 사용하였다.

본 장비는 실제 부하 조건을 실현할 수 있으며, 지면에 대한 신발의 상대적 움직임에 대해 확인 할 수 있다. 이 시스템은 Stewart Platform으로 구성되어 있으며 고정된 신발에 대하여 6개의 자유도를 가진 지면의 움직임을 통해 데이터를 수집할 수 있다.

신체 실험 측정을 위한 도구로써는 족저압을 측정할 수 있는 Novel GmbH사의 Pedar-X Mobile System으로 블루투스 형식의 데이터 전송이 가능하며, 스위스 Kistler사 model 9865 제품의 지면반력기를 사용하였으며, 3차원 영상 분석 장비로써 미국 모션 어널리시스사(Motion Analysis Co.) 이글 광학 디지털 카메라(Eagle digital camera)를 사용하였다. 또한 VAS(Visual Analogue Scales) 설문지를 사용하여 착화감에 대하여 조사하였다.

3. 실험절차 및 방법

실험에 참가한 태권도 선수들에게 실험에 대한 충분한 설명과 실험 참가에 대한 동의서를 작성 후 실험 대상인 태권도화 타입별로 돌려차기와 몸돌려후려차기를 각각 10회 실시하였다. 태권도화와 차기의 종류는 무작위로 선택하여 실시하였다. 피험자에게 최상의 수행력을 나타낼 수 있게 요청하였으며, 피로를 방지하기 위하여 발차기시 수행 동안 충분한 휴식을 할 수 있게 하였다.

기계적 마찰력 테스트 시스템을 통한 신발의 견인력 측정시 태권도 훈련 상황인 경쟁 상황과 유사한 동작

을 구현하기 위하여 앞발 부위가 지면에 닿은 상태에서 지면과 신발의 각도는 12도로 하였다.

신체 실험시 발차기의 수행력은 차기 속도와 평균 가속도를 사용하여 정의하였으며, 발차기 동작을 분석하기 위하여 8대의 모션 어널리시스 하이스피드 카메라를 사용하였으며 샘플링 레이트(sampling rate)는 240Hz로 하였다. 태권도화의 뒤꿈치부위에 마커를 부착하여 마커의 위치를 추적하여 발차기의 속도와 가속도를 계산하였다. 태권도화의 지면에 대한 자유 모멘트를 측정하기 위하여 지면반력기로부터 샘플링 레이트 2400Hz로 데이터를 수집하였으며 영상 데이터와 지면반력의 데이터는 4 low-pass Butterworth 필터에 의하여 필터링이 되었으며, cutoff frequency는 영상의 경우 10Hz, 지면반력의 경우 100Hz로 하였다.

족저압분석은 신체를 지탱하고 있는 발의 압력분포를 99개의 센서를 사용하여 200Hz로 데이터를 수집하여 태권도화별 충격의 특징을 알고자 하였다.

착화감 설문 조사에 참여한 대상자는 본 실험에 참여한 대상자를 포함하여 총 10명을 대상으로 하였고, 태권도화의 각 타입별로 최소한 15분 착용한 후 훈련을 하였으며, 태권도화의 착화 순서는 무작위로 하였으며 태권도화를 교체하는 동안 설문지 작성을 하였다.

착화감 설문 내용은 <표 2>와 같으며, 1부터 10까지의 범위 안에서 VAS설문에 표시하게 하여 cm단위로 환산하였다.

4. 자료 처리 및 용어 정의

병진 테스트(Translational testing)시, 수직 부하는

표 2. 착화감 설문 내용

항목	정 의
착화감	태권도화 착용에 있어 전체적인 착화감 정도
전족쿠션	발 앞부분 바닥의 충격흡수 정도
감피쿠션	발 뒷부분을 감싸는 감피의 안락함 정도
안정성	태권도 수행에 있어 균형 및 안전성에 대한 정도
견인력	민첩성 및 슬립과 관련한 마찰력 정도

470N으로 세팅하였고, 지면에 대하여 전방으로 50mm 미끄러지게 하였다. 회전 테스트(Rotational testing)시, 수직 부하는 500N, 돌려차기 상황과 유사한 안쪽 방향으로 45도 회전하게 하였다. 태권도에서 빠른 발 전환과 회전 운동의 빈번한 발생은 중요하며, 신발과 표면 사이의 충분한 마찰력은 움직임 컨트롤을 위해 중요하며 이것이 수행도 증대이다. 태권도화의 최적의 마찰력은 공격과 상대편을 피하기 위하여 감속과 가속 반응을 위한 변수로 사용되어진다. 병진 견인력 계수는 수평부하에 대하여 수직 부하로 나눈 값으로 정의하였으며, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\mu_{tr} = \frac{F_{hor}^w}{F_{vert}^w}$$

여기서 F_{hor}^w 는 아웃솔과 지면사이의 수평힘을 말하며, F_{vert}^w 는 아웃솔과 지면사이의 수직힘을 나타낸다. 회전 견인력의 경우 회전에 의한 자유 모멘트 값을 정량화한 값으로 정의하였다.

발차기 동작의 최대속도는 발의 위치에 대하여 시간을 일차 미분한 최대값으로 단위는 m/s이며, 평균가속도는 발차기 동작시 최대 속도를 보일 때 발차기 시작 시점부터 발차기 마지막 동작까지인 발차기 전구간에 있어 시간에 대한 속도의 기울기로 정의하였다. 최대 자유모멘트는 지면반력기에서 산출되는 최대 수직 지면반력값으로 하였다. 마지막으로 최대 압력의 경우 단위면적당 최대힘의 값으로 산출된 최대 족저압력값을 의미한다.

표 3. 실험변수 및 정의

변수	정의
최대 속도 (m/s)	발차기시 발 위치에서 첫 번째 미분계수의 최대값
평균 가속도 (m/s ²)	발차기동안 오른쪽발이 발차기 시작 전과 도착하였을 때 끝에서 최대 속도
최대자유모멘트 (Nm)	힘판위에서 신발의 수직축에 대한 최대 모멘트
최대 압력 (kPa)	접촉면적에 의해 분할된 힘으로 계산된 최대 압력값

5. 통계

태권도화 종류에 따라 기계적 마찰력 변인, 신체 실험 변인, 설문 변인들을 분석하기 위하여 해외 브랜드인 타입 A와 국내 구제품인 타입 B를 비교하였으며, 국내 구제품과 동일한 브랜드인 신제품 타입 C를 비교하였다. 통계는 SPSS 12.0을 사용하여 종속 T-test 를 실시하였으며, 유의수준은 p<.05로 하였다. 실험 시 피험자 1명의 타입 C 데이터 손실로 인하여 동일한 국내 브랜드의 경우 피험자 한명을 제외한 총 7명의 데이터를 사용하여 분석하였다.

III. 연구결과

1. 운동학적(Kinematic) 분석 결과

3종류의 태권도 유형에 있어 돌려차기와 몸돌려후려차기의 2가지 동작 시 발차기 최대 속도는 타입 A와 타입 B사이에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 타입 B와 타입 C사이에서도 역시 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

2가지 동작 중 발차기의 평균가속도에 있어 태권도 3가지 타입 A, B, C에 있어서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 타입 C의 경우 타입 A와 타입 B제품에 비해 상대적으로 낮은 값을 보이는 결과를 보였다. <표 4>에서 볼 수 있듯이 돌려차기와 몸돌려후려차기에 있어서 발차기의 최대속도는 거의 일정한 수준을 보이는 것을 볼 수 있으며 태권도화에 따라 태권도

표 4. 발차기 최대속도 (m/s)

	발차기 최대속도					
	돌려차기			몸돌려후려차기		
	타입 A	타입 B	타입 C	타입 A	타입 B	타입 C
평균	13.01	12.94	12.65	12.38	12.29	12.47
표준 편차	2.16	1.51	2.83	2.01	2.05	2.51

표 5. 발차기 평균 가속도 (m/s²)

	발차기 가속도					
	돌려차기			몸돌려후려차기		
	타입 A	타입 B	타입 C	타입 A	타입 B	타입 C
평균	42.68	42.23	38.87	43.22	44.37	41.44
표준 편차	10.63	8.96	13.28	10.67	10.89	10.92

표 6. 돌려차기 동작시 태권도화 타입 A, B, C의 최대 자유모멘트와 최대족저압

	돌려차기					
	자유모멘트(Nm)			최대족저압(kPa)		
	타입 A	타입 B	타입 C	타입 A	타입 B	타입 C
평균	9.03	7.86	10.01	485.4	439.3	490.8
표준 편차	2.91	3.48	3.59	34.1	25.8	64.9

수행력을 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

최대 속도와 달리 평균 가속도는 <표 5>에서 볼 수 있듯이 두 가지 발차기 동작에 있어서 타입 C의 경우 타입 A와 B 에 상대적으로 낮은 평균가속도 값을 나타나는 것을 볼 수 있는데 이는 타입 C의 경우 다른 타입에 비하여 약 40g정도 무겁기 때문에 나타나는 결과로 볼 수 있으며 이는 충격력에 영향을 다소 미칠 것으로 판단된다.

2. 운동역학적(Kinetic) 분석 결과

돌려차기 동작 중 타입 A와 타입 B사이에서 최대 자유 모멘트는 통계적으로 유의한 차이를(p<.05) 보였으며 통계 값은 t=2.58, p=.011 이었다. 다른 타입에 있어서는 유의한 결과를 보이지 않았다. 최대 자유 모멘트는 신발과 지면사이에 작용하는 수직 반력 사이에 있어 마찰력으로 인한 비틀림 힘이다. 이러한 자유모멘트는 피로 골절과 같은 스트레스 역할을 하여 피로 및 부상에 악영향을 미친다. 일시적인 동작에 있어 민첩한 동작을 요하는 태권도 동작에서 태권도 수행력을 증대시킬 수 있는 요인으로 볼 수 있지만 장시간의 훈련 시 자유 모멘트 스트레스는 부상의 위험성에 노출될 수 있다.

최대 족저압에 있어서 타입 A와 타입 B사이에서 돌려차기 동작에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만 몸돌려후려차기 동작에 있어서는 통계적으로 유의한(p<.05) 차이가 나타났다. 최대 족저압은 면적에 대한 부하량을 나타내는 수치로써 차기 동작의 형태가 다르기 때문에 나온 결과로 판단되어 진다. 자유모멘트와 족저압에 있어서 돌려차기, 몸돌려후려차기 두 동작에서 차이를 보이지 않고 각각 한 동작에서만

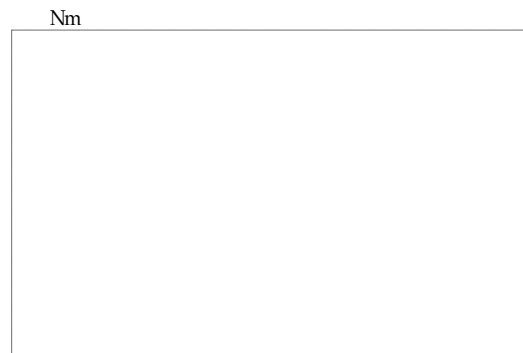


그림 3. 돌려차기 동작시 태권도화 타입 A, B의 최대자유모멘트

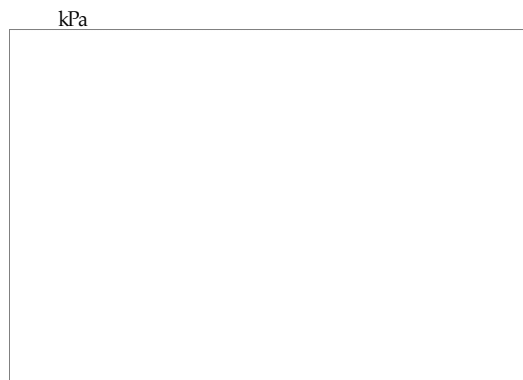


그림 4. 돌려차기 동작시 태권도화 타입 A, B의 최대 족저압

유의한 차이를 보이는 것 역시 돌려차기와 몸돌려후려차기의 동작 형태와 발차기 형태가 다르기 때문에 나온 결과로 사료된다.

3. 기계적 마찰력 테스트 결과

타입 A태권도화와 타입 B태권도화 사이에 병진 견

인력과 회전 견인력 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 병진 견인력 계수에 있어서 타입 B태권도화는 타입 A태권도화에 비하여 11.1% 낮은 값을 보였다. 회전 견인력에 있어서는 타입 B 태권도화가 5.3%의 낮은 견인력을 보였다.

국내 브랜드인 구제품 타입 B 태권도화와 개발품 타입 C의 태권도화 사이에 있어 기계적 마찰력 테스트 결과 병진 견인력과 회전 견인력에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 타입 A태권도화와 달리 두 형태 모두 매우 유사한 결과 값을 보였다.

타입 A인 해외 브랜드와 타입 B, C인 국내 브랜드의 경우 기계적 마찰력 테스트의 경우 해외 브랜드 제품인 타입 A제품이 우수한 것으로 나타났으며, 이는 아웃솔의 디자인과 소재가 다르기 때문인 것으로 판단된다. 이러한 특징으로 인하여 신체 실험 시 운동학적, 운동역학적 변인의 차이가 나타나는 요인으로 판단된다.

4. 착화감 설문 결과

5가지 항목에 대한 착화감 테스트 결과 타입 A와 타입 B사이에 있어 모든 항목에서 통계적으로 유의한 차이를(p<.05) 보였으며, 타입 B와 타입 C사이에서는

표 7. 태권도화 타입 A, B, C에 대한 착화감 테스트 설문 결과 (점)

		착화감	전족쿠션	갑피쿠션	안정성	견인력
타입 A	평균	7.06	6.56	6.53	6.25	6.46
	표준편차	2.04	1.65	1.77	1.70	1.59
타입 B	평균	4.74	4.57	4.91	4.43	4.06
	표준편차	1.61	1.59	2.00	1.93	2.23
타입 C	평균	5.21	5.66	5.34	4.63	5.52
	표준편차	1.92	2.22	2.32	1.68	2.27

통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 통계 결과값에서 전체적 착화감은 t=3.08, p=.006, 전족쿠션은 t=3.01, p=.007, 갑피쿠션은 t=2.10, p=.048, 안정성은 t=2.46, p=.023, 견인력은 t=3.04, p=.007로 나타났다.

전체적으로 해외 브랜드인 타입 A 태권도화가 좋은 평가를 받았으며 국내 브랜드인 타입 B와 타입 C 태권도화는 전체적으로 낮은 결과를 보였다. 국내 제품에 있어 신제품 타입 C의 경우 구제품 타입 B보다 무게가 다소 증가함에도 불구하고 상대적으로 전 영역에서 다소 높은 착화감을 보였다.

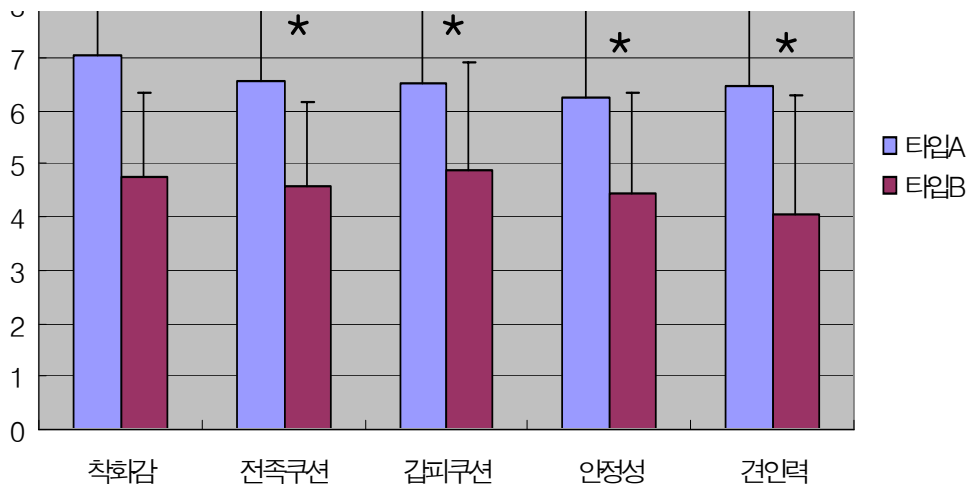


그림 5. 태권도화 타입 A, B의 착화감 항목 설문 결과

IV. 논 의

Pearson(1997)은 남성 전문가 태권도 선수들에게 있어서 돌려차기 동작의 최대 속도는 13.4m/s 결과를 보였고, Pieter와 Pieter(1995)는 엘리트 남성 선수에 있어 15.5m/s, Serina와 Lieu(1992)는 15.9m/s 속도를 보였으며, Conkel, Braucht, Wilson, Piter, Taaffe와 Fleck(1998)은 남성과 여성 엘리트 태권도 선수들에 있어 14.6m/s속도를 보였다. 본 연구에 있어서 최소 경력 1년 이상의 검은 벨트인 남성 태권도 선수의 돌려차기 동작 중 태권도화 타입 A는 13.01m/s, 타입 B는 12.94m/s, 타입 C는 12.65m/s의 최대 속도를 보였다. 발차기에 있어 발의 최대속도는 선행연구와 비슷한 결과를 보이는 것을 볼 수 있다. 태권도화에 따라 최대속도의 평균값이 다소 차이가 있으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았기에 본 실험에 사용된 태권도화에 있어 발차기의 최대속도에는 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다

발차기 연구에 있어 발 분절의 최대 속도 이외에 발차기에 있어 주요한 관절인 발목, 무릎, 엉덩이 관절의 속도 및 각속도에 대한 연구들(Sidthilaw, 1997; Putnam, 1991)에서 볼 수 있듯이 발의 최대속도가 다른 관절에 비해 상대적으로 높고, 충격력과 발의 속도와의 상관 계수에 있어 0.68로 통계적으로 유의한 차이로 조사되어, 태권도 수행력을 대표하는 변인으로 판단되어지며 각 관절의 협응력을 통하여 충격력과 관련이 있을 것으로 판단되어진다.

발차기 속도, 발차기 가속도와 같은 운동현상학(Kinematic)적인 변인들 이외에 지면과 태권도화 사이에 작용하는 자유 모멘트와 발바닥에 작용하는 족저압력 즉 운동역학적(Kinetic)현상들을 일으키는 요인이라 할 수 있다. 운동현상학적인 변인들에 있어 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았지만 운동역학적인 변인에 있어서는 통계적으로 유의한 차이를 보인 것으로 나타났다.

기계적 마찰력에 있어서는 타입에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 돌려차기 동작에 있어 자유 모멘트 역시 타입 A와 타입 B에서 유의한 차이를 보

였다. 또한 몸돌려 후려차기에 있어 최대 족저압력의 경우 타입 A와 타입 B사이에 있어서 유의한 차이를 보였다.

기계적 마찰력의 유의한 차이는 아웃솔의 소재의 특성으로 인하여 나타나는 결과로 판단되며, 이러한 기계적 마찰력의 차이가 차기 동작에 있어서 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않지만 다소 높은 차기 속도와 가속도를 보이는 것으로 판단되어 진다. 또한 같은 브랜드 제품인 타입 B와 타입 C에 있어서는 운동 수행과 관련한 발차기 속도에서 유의한 결과를 보이지 않았다. 이는 43g의 무게 차이가 태권도화 발차기 속도에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단되어 진다.

자유모멘트, 최대 족저압과 기계적 마찰력에 있어서 신발에 따라 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났지만 발차기 속도 및 가속도에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이는 태권도 선수에게 있어 반응 속도 및 차기 기술에 있어 태권도화 자체가 가지고 있는 마찰력 및 자유모멘트의 차이를 극복한다고 할 수 있으며 일정한 한계를 벗어났을 때에는 운동 수행에 영향을 미칠 것으로 판단되어진다.

Clare, Irene와 Joseph(2006)은 자유 모멘트는 신발과 지면사이에 있어서 수직축에 대하여 토크를 측정함으로써 장거리 육상 선수들에게 있어 하지에 있어 피로골절의 원인이라고 하였다. Milner, Ferber, Pollard, Hamill와 Davis(2005) 역시 하지의 높은 부하율과 관련하여 경골의 피로골절과 관련성이 있을 것이라 하였다. 이와 같은 최근 연구를 통하여 자유모멘트는 피로골절 같은 상해와 관련성이 깊다고 할 수 있다. 태권도 동작에서도 반복되는 지면과의 상호 작용시 자유모멘트는 빈번히 발생할 수 있으며, 이는 연습 훈련 상황에서 피로 및 상해와 영향을 있다고 판단된다. 본 연구에 있어 타입 A 태권도화의 경우 통계적으로 유의한 차이를 보이며 높은 자유모멘트 값을 보였다. 자유 모멘트의 높은 값은 상해의 위험에 노출 되었다고 볼 수 있으며 발차기 속도에서 유의한 차이를 보이지 않은 것으로 보아 태권도 수행력에는 영향을 미치지 못하면서 상해와 관련 있는 자유 모멘트 변인에서 높은 값을 보인 것은 부상 및 피로에 위험 요소가 내재되어 있다고 판단된다. 자유 모멘트의 높은 값이 설문

효과에 있어 착화감에 있어 높은 점수를 받게 하는 요인으로 보인다. 태권도 동작의 특성상 민첩성을 요하는데 있어 자유 모멘트는 착화감을 증대시키지만 부상 및 피로의 위험성을 가지고 있다고 볼 수 있다.

전족부에서 최대 족저압의 경우 타입 A와 타입 C 태권도화는 높은 족저압을 보였으며, 타입 B 제품과는 통계적으로 유의한 차이를 보였으며 이는 전족부위에 발생하는 충격 흡수 기능과 관련하여 타입 B 태권도화가 안전할 것으로 판단되어진다. 이는 부하 면적과 관련하여 타입 B 태권도화가 높은 면적 부위를 보이기 때문이라고 판단되어진다.

착화감 설문결과에 있어서 해외 브랜드 제품인 타입 A 태권도화가 가장 높은 착화감을 보였고, 국내 제품 중 신제품인 타입 C 태권도화, 마지막으로 타입 B 태권도화 순으로 나타났다. 태권도화의 종류에 대하여 피험자에게 노출되지 않도록 하였지만 피험자 경험에 있어 타입 A 태권도화에 익숙하였고 타입 B, C의 경우 착화 경험이 없기 때문에 다소 낮은 착화감을 보인 반면, 다소 중량이 있는 타입 C 태권도화의 경우 타입 B 보다 다소 높은 착화감을 보인 것으로 볼 때 태권도화의 제작시 일편적인 경량화에서 벗어날 필요가 있다고 사료된다.

V. 결론 및 제언

태권도화에 대한 본 연구에 있어 다음과 같은 결론을 보였다.

타입 B 태권도화는 타입 A 태권도화에 비하여 낮은 견인력을 보였으며 피험자들은 낮은 견인력과 동시에 견인력의 중요성을 지적하였다. 태권도화에 따라 기계적 마찰력 테스트에 있어서 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

태권도 발차기 수행력에 있어서 타입 A와 타입 B, 타입 C는 같은 수행력을 보였다. 전족부 발에 있어서 최대 압력은 타입 B 태권도화가 낮게 나타났으며 이는 타입 B 태권도화에 비해 좋은 쿠션을 보여준다고 할 수 있다.

착화감에 있어서 타입 A 태권도화가 높은 착화감을 보였으며, 특히 타입 B, C제품에 있어 갑피 부분에 대하여 다소 불안정하여 피팅이 좋지 않다고 하였다. 최대 자유모멘트에 있어서 타입 A 태권도화가 타입 B 태권도화에 비하여 다소 높은 값을 산출하였으며 이는 부상 및 피로와 관련 있을 것으로 사료된다.

유리토크, 속도, 가속도 변인에 있어서 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타난 반면, 착화감에 있어서는 실험 결과 발차기 수행력과는 다르게 차이를 보였다. 태권도화 개발에 있어 고객의 착화감을 고려한 제작 및 디자인이 필요하다고 판단되며, 부상과 관련한 변인을 고려하여 제작할 필요가 있다고 사료된다. 또한 일정한 기계적 마찰력의 차이가 있어도 실제 수행력에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되어진다.

감사의 글

본 연구에 도움을 주신 부산광역시, 보스산업(주), (주)컬처메이커, 캐나다 캘거리대학교 HPL, 캐나다 Sport Insight Co.에 감사드립니다.

참고 문헌

- 강성철(1998). 태권도 차기동작의 분류에 따른 운동역학적 특성 분석. 미간행 박사학위논문, 성균관대학교 대학원.
- 구희성(1999). 태권도 내려차기 동작의 운동역학적 분석. 미간행 박사학위논문. 성균관대학교 대학원.
- 국기원(1995). 태권도 교본. 서울. 오성출판사.
- 김승재(1993). 태권도 차기기술의 운동학적 동작형태 분류. 미간행 박사학위논문, 연세대학교 대학원.
- 김장축(1991). 태권도 돌려차기 동작의 운동역학적 분석. 미간행 박사학위논문, 고려대학교 대학원.
- 김정태(2002). 테니스화걸창과 테니스 스포츠바닥재간의 마찰관계상관 분석. 한국운동역학회지, 12(2), 361-380.
- 김현덕(1992). 태권도 뒷차기의 운동역학적 분석. 한국

- 체육학회지, 31(1), 505-512.
- 배영상(1984). 태권도 돌려차기의 생체역학적 연구. **한국체육학회지**, 29(1), 271-287.
- 성낙준(1984). 태권도 찍어차기의 역학적 분석. 미간행 석사학위논문, 서울대학교 대학원.
- 양동영(1986). 태권도 차기동작의 역학적 에너지 변화에 관한 생체역학적 분석. 미간행 박사학위논문, 서울대학교 대학원.
- 이상연, 윤창진(1998). 태권도 발차기 동작의 역학적 분석. **순천향대학교 자연과학연구논문집**, 4(2), 293-399.
- 윤동섭(1996). 태권도 앞돌려차고 돌개차기의 연속동작에 대한 운동역학적 분석. 미간행 박사학위 논문, 성균관대학교 대학원.
- 이기광, 권선옥(2005). 태권도 선수들의 발 계측치에 의한 발 형태 연구. **한국사회체육학회지**, 24, 305-312.
- 이중숙, 박상균(2004). 축구화 스티드의 형태변화에 따른 회전마찰력. **한국운동역학회지**, 14(2), 121-138.
- 장기준(1985). 태권도 앞차기와 찍어차기의 운동학적 분석. 미간행 석사학위논문, 연세대학교 대학원.
- 조동희(2003). 태권도 대학선수들의 찍어차기에 대한 운동학적 특성 분석. 미간행 석사학위논문, 용인대학교 대학원.
- 진영완, 광이섭(2007). 태권도화 운동역학적 분석. **한국운동역학회지**, 17(3), 105-114.
- Beis, K., Tsaklis, P., Pieter, W., & Abatzides, G.(2001). Taekwondo competition injuries in Greek young and adult athletes. *European Journal Sports Trauma*, 23(3), 130-136.
- Clare, E. M., Irene, S. D., & Joseph, H.(2006). Free moment as a predictor of tibial stress fracture in distance runners. *Journal of Biomechanics*, 39, 2819-2825.
- Clarke, T. E., Frederick, E. C., & Cooper, L. P.(1983). Effects of shoe cushioning upon ground reaction forces in running. *International Journal Sports Medicine*, 4.
- Conkel, B. S., Braucht, J., Wilson, W., Piter, W., Taaffe, D., & Fleck, S. J.(1998). Isokinetic torque, kick velocity and force in taekwondo. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(2), S5.
- Feehan, M., & Waller, A. E.(1995). Precompetition injury and subsequent tournament performance in full-contact taekwondo. *British Journal of Sports Medicine*, 29(4), 258-262.
- Gheluwe, B. V., & Deporte, E.(1992). Friction measurement in tennis on the field and in the laboratory. *International Journal of Sport Biomechanics*, 8, 48-61.
- Gregory, L., Ojenie, A., Kent, G., Jisun, L., Xiao, P. L., James, O, Rex, W., & Sarah, W.(2005). Force-control for the automated footwear testing system. *Canadian Applied Mathematics Quarterly*, 13(3). 249-264.
- Lee, C. J., Ho, W. H. & Chen, A. B.(2006). The new design of movable target dummy device for taekwondo. *Journal of Biomechanics*, 39(1).
- Milner, C. E., Ferber, R., Pollard, C. D., Hamill, J., & Davis, I. S.(2005). Biomechanical factors associated with tibial stress fracture in female runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, in review.
- Mohsen, K., Heather, S., & Youngsu, C.(2005). Pre-competition habits and injuries in Taekwondo athletes. *Musculoskeletal Disorders*, 6:26.
- Mohsen, K., & Willy, P.(2004). Injuries at a canadian national Taekwondo championship. *Musculoskeletal Disorders*, 5:22.
- Monckto, S. P., & Chrystall, K.(2002). Design and Development of an Automated Footwear System. *IEEE International Conference on Robotics Automation*, 4, 3684-3689.
- Nigg, B.M.(1983). External force measurements with sport shoes and playing surfaces. Nigg, B.M and B.A.Kerr(Eds), University Printing, Calgary, 11-23.
- Nigg, B.M., Luethi, S., Stacoff, A., & Segesser, B.

- (1980). Biomechanical effects of pain and sport shoe corrections. *Australian Sports Biomechanics Lecture Tour*.
- Pieter, F., & Pieter, W.(1995). Speed and force in selected taekwondo techniques. *Biology of Sport*, 12(4), 257-266.
- Pieter, W. & Zemper E. D.(1999). Injuries in adult American Taekwondo athletes. *In Proceedings of fifth IOC World Congress on Sports Sciences*.
- Putnam, C. A.(1991). A segment interaction analysis of proximal-to-distal sequential segment motion patterns. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(1), 130-144.
- Roosen, A., & Pain, M. T. G.(2006). Impact timing and stretch in relation to foot velocity in a taekwondo kicking combination. *Journal of Biomechanics*, 39(1), S562.
- Seogyong, L., & Sally, J. P.(1993). Biomechanical analysis of expert Taekwondo Ax kicking. *Journal of Biomechanics*, 26(3), 317.
- Serina, E. R., & Lieu, D. k.(1992). Thoracic injury potential of basic competition taekwondo kicks. *Journal of Biomechanics*, 24(10), 951-960.
- Sidthilaw, S.(1997). Kinetic and Kinematic Analysis of Thai Boxing Roundhouse Kicks. *Unpublished Doctoral Thesis*, University of Oregon.
- Stucke, H., Baudzus W., & Baumann, W.(1984). On friction characteristic of playing surfaces, In: Sport shoes and playing surfaces, ed. Frederick, E. Human Kinetics, Champaign, Illinois.
- Torg, J. S., Qeudenfeld, T. C., & Landau, S.(1974). The shoe-surface interface and its relationship to football knee injuries. *Journal of Sports Medicine*, 2, 261-269.

투 고 일 : 1월 31일

심 사 일 : 2월 4일

심사완료일 : 3월 19일