



테니스화겔창과 테니스 스포츠바닥재간의 마찰관계상관 분석

김 정 태

국 문 요 약

마찰력(friction)은 급정지나 급출발, 또는 두 동작이 동시에 이루어질 때, 미끄럼방지는 효과적으로 이루어져야 하며, 특히 테니스, 농구, 배구 등 코트 스포츠에 있어서 최적의 마찰력은 필수적이다. 이러한 마찰력은 무게가 많이 나갈수록, 다른 물체와의 접촉면이 넓을수록, 장력이 클수록 커진다. 또한 표면이 매끄러울 때보다는 거칠수록 커지는 특성을 가지며, 본 연구의 목적은 테니스화겔창과 테니스코트에 설치되어 있는 스포츠바닥재사이에 마찰력을 대해서 고찰해 보고자 하였으며, 마찰력운동 및 이의 관련 선행 국외 연구활동이 어떻게 이루어졌는지를 종단적 국외문헌조사를 통해 어떤 상관관계가 있는지를 구명해 보고자 하였다. 국내 테니스화의 연구와 테니스스포츠바닥재간의 국외 연구활동의 종단적 연구지표로서 스포츠와 스포츠바닥재간의 마찰력 관련주요연구연표를 작성해 봄으로써 연구활동의 경과추이를 조사하였다. 테니스 바닥재 현황으로는 테니스코트의 표층재는 일반적으로 천연재료를 사용한 클레이계코트와 합성재료를 사용한 전·천후계 하드코트로 구별된다.

본 연구를 통하여 테니스화 겔창과 테니스 스포츠바닥재간의 마찰력의 국외선행연구현황 이해를 돕고, 향후 국내에서 스포츠화 겔창과 마찰력, 스포츠바닥재와 마찰력의 평가에 대한 연구시 국외에서 기 실시된 연구를 중복연구하는 시행착오 방지 및 국외 선행연구에 대한 기초자료 및 연구현황을 자세히 파악할 수 있을 것으로 사료된다.

주제어 : 테니스화, 겔창, 스포츠바닥재, 마찰력, 바닥표면상태

2002년 11월 2일(토) 접수

* Corresponding author, 교수, 641-773 경상남도 창원시 사림동 9번지 창원대학교 자연과학대학 체육학과
연락처 : jtkim@sarim.changwon.ac.kr

I. 서론

1. 연구의 필요성과 목적

테니스는 일정한 코트에서 라켓을 이용하여 상대방 코트로 볼을 넘기는 경기로서, 경기시 스포츠화는 신체의 운동특성을 충분히 성능을 반영하며, 여러 스포츠 종목중에서 다양한 운동요소가 복합적으로 작용하는 운동종목이다. 고도의 반사신경, 조정력, 지구력, 균형감각, 순발력등이 종합적으로 발휘되며, 이러한 이유로 신체 하지에 많은 영향을 끼친다.

경기장의 바닥요소는 경기와 상해에 큰 영향을 미치는데, 테니스 경기에서 중요한 요소중의 하나가 테니스코트로서 종류는 케미칼, 클레이, 아스팔트, 잔디등이 있다. 테니스는 육상경기, 축구등 다른 구기 종목과 비교할 때 도약적 움직임에서 정지나 스트로크에 의한 신체회전등 수평방향의 충격 완화기능이 특히 요구된다. 테니스경기에서 바닥뿐만 아니라 선수들의 신발, 볼등도 중요한 요소가 되므로 코트에 따라 신발의 종류가 달라져야 하며, 볼의 선택도 달라져야 한다. 표면종류에 따라서 볼의 바운드가 달라지기 때문에 지면의 재질을 파악하고 마찰의 정도를 알 수 있다면 선수는 좀 더 빨리 코트에 적응을 할 수 있을 것이며, 게임의 전술과 기술을 변경하여 승리를 할 수 있고, 상해를 덜 입게 된다(Goodstein, 1999).

인체에 미치는 부하는 운동형태, 속도, 근활동, 반복수, 지면상태, 신발, 개인적 특성에 따라 다르게 나타나며(Unold, 1974;Nigg, Neukomm & Unold, 1974;Denoth,1977), 인체에 미치는 부하가 너무 크거나 반복적으로 지속될 때 우리 인체가 이들을 조절할 수 없게 되어 잠재적인 부상 발생 가능성이 제기되는 것이다. Nigg, Neukomm과 Denoth(1981)는 이러한 잠재적인 부상 발생 가능성이 스포츠활동중에 존재한다면 이들 외력을 측정하여 그 영향에 대하여 평가해야 한다고 하였다. Simpson(1992)은 운동수행의 특성을 형태학적 특성, 환경적인 특성, 동작 특성,운동역학적 특성으로 나누어 설명하였다. 그는 형태적인 특성을 질량, 회내의 구조적 한계, 상해 경험, 심리적인 요인, 경험으로 분류하였고, 환경적 특성을 운동화 종류 운동장 마찰력, 규칙, 날씨 경험으로, 동작특성은 방향, 동작 속도, 착지 방법으로 나누었으며, 운동역학적 특성을 힘, 회전력, 작용점, 시간적인 요인으로 나누어 세부적으로 설명하였다. 환경적 요인에 관한 연구로 Radin등(1973)은 양을 대상으로하여 일정기간동안 콘크리트 바닥과 자연적인 땅위를 걷게 한 후 골격을 조사하였으며, 그 결과 콘크리트 바닥에서 걸은 양에게서 퇴행성 골관절염이 발생하였음을 밝혀 바닥 표면이 상해의 주 요인으로 작용한다고 보고하였다. 콘크리트와 같은 무변형의 바닥은 충격을 능률적으로 흡수할 수 없어 발과 정강이, 무릎에 더 큰 자극을 주게 되는 것이다. 국내 테니스에 대한 선행연구는 주로 경기에 영향을 미치는 각 경기장면의 3차원영상분석, 기술분석 및 지면반력, 근전도에 관한 연구가 주류를 이루어 왔으나 경기력, 기술등 이외에 경기용품과 관련된 연구는 1990년대 중반이후부터 활발하여왔다. 국

내 본 연구와 관련된 선행연구는 서국웅등(1998)은 테니스 경기장 바닥재의 지면반력효과에 관한 운동역학적 분석, 박승범등(2001)은 클레이코트용 고기능성 테니스화 개발을 위한 생체역학적 연구, 강영택등(2001)은 테니스 코트에 따른 마찰에 관한 고찰 I 등이 연구되고 있다. 본 연구와 관련된 국외 선행연구는 Hreljac(1998), Gasteyer등(2000), Llana등(2002)이 테니스 경기시 테니스화의 스포츠바닥재에 있어서 다양한 생체역학적 효과 및 영향등에 관하여 연구한 바 있다. 현재까지 스포츠바닥재의 마찰특성에 관해서는 1980년대 초창기 연구(Prokop, 1973; Morehouse, 1975; Nigg, 1980)보다는 많이 진전과 연구결과가 이루어져 왔으며, 미끄러짐과 스포츠화 결찰과의 마찰간의 상관관계에 대해서 더욱 더 많은 연구가 이루어져 왔다. 1998년 이후 Thomson R.D등(2001)은 비선형 런닝 스포츠바닥재의 모델링화에 연구한 바 있다. 특히 DIN 18035, DIN 18032 측정방식이 테니스화 결찰과 테니스 바닥재간의 연구에 많은 도움을 주고 있다. 본 연구는 서로 다른 테니스바닥재에 있어서 테니스화 결찰과의 사이에 마찰이 어떤 영향을 미치는지를 연구하는 데 그 목적이 있다.

II. 연구 결과

1. 마찰력

마찰력(friction)은 급정지나 급출발, 또는 두 동작이 동시에 이루어질 때, 미끄러움방지는 효과적으로 이루어져야 하며, 특히 테니스, 농구, 배구 등 코트 스포츠에 있어서 최적의 마찰력은 필수적이다. 이러한 마찰력은 무게가 많이 나갈수록, 다른 물체와의 접촉면이 넓을수록, 장력이 클수록 커진다. 또한 표면이 매끄러울 때보다는 거칠수록 커지는 특성을 가진다. 마찰력은 접촉면에서 생기는 운동을 방해하는 힘(반대 방향으로 작용)으로서 수직 항력에 비례하며, 마찰력은 접촉면을 수직으로 누르는 힘에 비례한다. 또한 접촉면의 성질에 따라 마찰 계수가 달라진다. 마찰계수는 접촉면에서 마찰이 일어나는 정도를 상수로 나타낸 값으로서 마찰계수가 작을수록 마찰력이 작으므로 잘 미끄러진다.

1950년에 보우덴 (F.P. Bowden)과 타보(D. Tabor)는 마찰력을 결정하는 주된 요인이 '표면 달라붙기 현상'이라는 것을 밝혀냈습니다. 아무리 매끄러운 금속 표면이라도 이들 표면들이 순간적으로 접촉되면 접합점들이 만들어집니다. 미끄러지는 동안 이러한 결합들이 계속 만들어지고 잘려 나갑니다. 마찰은 이러한 접합된 부분이 잘려 나가는 과정에서 생깁니다. 접해있는 두 종류의 금속 중 더 부드러운 금속 내부에서 이러한 잘림이 생겨서 작은 부스러기들이 튀어나옵니다. 이것을 '접착이론'이라고 부릅니다. 진공상태에서 매우 깨끗한 표면에 아무런 압력을 가하지 않아도 이러한 접합이 일어난다는 것을 확인했습니다. 또한 방사성 동위원소 측정방법에 의해서도 이러한 현상이 드러났습니다. 수직 항력은 접촉면의 수직 방향으로 누르는 힘에 대항하는 힘으로서 항상 접촉한 면의 수직 방

항이다. 정지 마찰력은 정지해 있는 물체에 작용하는 마찰력을 나타내는 것이며, 최대 정지 마찰력은 물체가 움직이기 직전의 정지 마찰력을 나타내는 것으로서 정지 마찰력 중 가장 큰 값을 가진다.

$$\text{마찰력 } f = \mu \times N$$

$$\mu: \text{마찰계수 } (0 \leq \mu \leq 1)$$

$$N: \text{수직항력}(=mg(\text{평지}) \text{ 빗면에서는 } =mg \cdot \cos \theta)$$

1. 최대 정지 마찰력 = 최대 정지 마찰 계수 x 수직 항력
2. 운동 마찰력 = 운동 마찰 계수 x 수직 항력

운동 마찰력은 끌려가는 동안의 마찰력으로 운동하는 상태에서는 일정함을 나타내며, 등속 운동을 할 때의 마찰력이다. 마찰력에서 주의할 점들이 접촉한 면적에 관계없고 접촉면의 성질과 관계있는 것이며, 면의 거칠기를 나타내는 마찰계수와 수직항력 N의 곱과 같다. 마찰력은 접촉면의 넓이와는 무관하다. 마찰력을 크게 하는 도구로는 신발의 고무바닥, 축구화, 육상화의 스파이크, 골프 장갑, 테니스의 손잡이등이 있으며, 마찰력을 작게 하는 도구로는 스케이트 날, 스키 플레이트의 왁스칠 등이 있다. 급정지나 급출발, 또는 두 동작이 동시에 이루어질 때, 미끄럼 방지는 효과적으로 이루어져야 하며, 특히 테니스, 농구, 배구 등 코트 스포츠에 있어서 최적의 마찰력(optimal friction)은 필수적이다. 마찰력 크기에서 힘은 F로 표시하지만, 마찰력은 소문자 f로 표시하며, 마찰력 f보다 미는 힘 F가 더 크다면 물체는 움직일 수 있습니다. 마찰력 크기 f는 물체에 작용하는 수직 항력 N과 마찰계수 μ 에 비례하고, 접촉면의 넓이에는 관계가 없습니다.

신발에 따라 차이가 약간씩 나지만 대체로 마찰 계수는 0.6정도이다. 사람의 몸무게를 약 60kg이라고 하면 그 때 최대 정지 마찰력은 약 352.8N이다. 이것은 약 35kg의 물건의 무게와 동일한 힘으로 상당한 크기의 힘임을 알 수 있다. 이론적으로는 무게에 관계없이 마찰 계수는 일정해야 하지만, 대체로 무게가 증가함에 따라 마찰 계수도 증가하였다. 이것은 무게가 무거울수록 지면과의 접촉상태가 달라지기 때문일 것이다. 운동을 멈추게 하기 위해서는 또 다른 기계적인 힘이나 장치가 필요한데, 달리는 자동차를 멈추게 하기 위해 만든 브레이크 장치가 바로 그것이다. 제동력은 단위 면적당 작용하는 힘에 비례하고 단면적에 비례한다. 따라서, 마찰력이 단면적에 비례하므로 제동력은 마찰력에 비례한다고 볼 수 있다. 마찰력이 커질수록 제동력도 커지게 되는 것이다. 자동차에 있어 타이어 무게가 많이 나갈수록, 접촉 폭이 넓을수록, 표면이 거칠수록 마찰력이 커지고 제동력도 커진다고 볼 수 있다. 자동차에 있어 제동력을 향상시키기 위해 마찰력을 무한히 향상시킬 수는 없을 것이다. 제동력과 마찰력은 비례 관계에 있으므로 제동력을 향상시키기 위해 마찰력을 향상시키다 보면 자동차가 더 이상 달릴 수 없는 상태에까지 이를 수 있기 때문이다. 자동차에 있어 속도의 효율성과 안전성을 높일 수 있는 적정 수준의 마찰력과 제동력이 작용되도록 해야 할 것이다.

2. 테니스화겔창과 마찰력

1) 테니스화

테니스화는 테니스 경기에 가장 적합하게 밑창이 설계되어 있기 때문에 경기력향상과 부상 방지를 위해 착용되며, 테니스화가 아닌 다른 종류의 운동화를 신었을 경우, 너무 쉽게 미끄러지거나 혹은 미끄러지지 않아 경기력에 저하를 가져온다.

테니스화 바닥부분은 겔창, 중창, 안창의 3부분으로 구성되며, 테니스화는 바닥설계가 운동수행능력과 관련하여 중요한 부분을 차지하기 때문에 발의 충격을 최소화하고 피로를 방지하여 주행기능을 최대한 상승시키는 합리적인 겔창구조가 요구된다. 테니스화 겔창의 마찰력(traction)은 테니스와 같은 코트경기나 차고 나가는 힘이 필요한 트랙경기, 그리고 순간적인 방향 전환이 많이 필요한 축구호 같은 종목에서 요구되는 기능이다. 테니스화에는 접지능력이 좋게 하기 위해 마찰계수나 특히 높은 밑창이 사용되며, 트랙경기화나 축구화에는 플라스틱이나 기타 경도가 높은 재질의 못을 박은 스파이크가 사용된다. 테니스 코트의 발전을 보면 과거의 우레탄 표면 바닥재에서 현재는 합성섬유를 포함한 폭넓고 다양한 과학적 바닥재를 만들고 있다. 합성섬유 바닥재는 실용적이고 내구성이 강한 것이 입증되었고, 천연잔디보다 훨씬 더 내구성이 강하며 그리고 닳아짐이 적어 지속적인 사용에도 견딜 수 있는 것으로 증명되었다.

테니스화에서 가장 중요한 부분은 코트 표면과 신발이 직접 닿는 부분인 겔창인데 코트 표면에 따라 겔창 기능은 달라지며, 충격을 흡수할 수 있는 기능 역시 중요하다. 국내에 가장 많이 설치되는 클레이코트 특성은 마찰계수가 적고 잘 미끄러지기 때문에 보다 높은 그립성이 요구된다. 따라서 밑창의 무늬 간격이 하드코트용 보다는 넓어야 하며, 하드 코트는 마찰계수가 높고 코트 자체가 스톱성을 가지고 있어 적당히 미끄러질 수 있는 밑창 무늬의 간격이 좁은 것이 좋다. 코트에서의 충격에 대하여 발을 보호하는 충격 흡수성과 신발 자체의 내구성도 갖춰져 있어야 한다.

테니스 코트 표면은 여러가지 특징을 가지고 있고 테니스화도 거기에 적합한 여러가지 모델이 있기 때문이다. 달리다 미끄러지기 쉬운 클레이코트와 모래가 섞인 인조잔디코트라면 요철이 많이 있는 것을 하드 코트와 카펫 코트, 인조 잔디 등 정지하기 쉬운 코트라면 그 반대 타입이 적합하다.

테니스는 다른 스포츠에 비해 민첩한 횡적 운동과 체중 이동이 많이 요구된다. 따라서 운동화 안과 밖에서 발을 잘 지지해줄 수 있는 안정된 구조의 스포츠화를 선택하는 것이 중요하다. 또한 앞발바닥 쪽이 잘 구부러지는 것이 네트로 순간적으로 민첩하게 전진하는데 유리하다. 코트 자체의 쿠션이 있기 때문에 다른 스포츠화에 비해 충격 흡수 기능은 약간 적어도 무방하다. 부드러운 코트에서는 마찰이 큰 부드러운 소재의 밑창을 가진 신발을 신어야하고, 딱딱한 코트에서는 접지면이 많은 밑창을 선택하는 것이 우수하다.

인체의 발가락 뼈는 엄지를 제외하곤 3개의 뼈로 구성되어 있다. 엄지는 2개의 뼈로 구성되어 있으며, 공을 따라 순간적으로 이동하여 하는 테니스 경기는 운동특성상 전족 부위에 굴곡이 자주 일

어나게 되는데 전족의 굴곡은 엄지의 두 번째 뼈 끝부분과 나머지 발가락의 세 번째 뼈 끝부분을 연결한 선상으로 나타나게 된다. 이들 끝부분을 연결한 선은 사람에 따라 약간의 차이가 나타날 수가 있지만 약 20° 정도의 기울기를 갖게 되고, 인체 굴곡은 약 10° 이상의 타원형 굴곡을 보인다. 그러므로 테니스 전족 부위의 굴곡성을 높이기 위해서 전족부위의 중창과 겹창에 기울기 10° 정도의 홈을 파 굴곡성을 높여야 한다. 이러한 원칙을 무시하면 운동의 효율성을 높여주지 못할 뿐만 아니라 부상의 원인이 되기도 한다.

테니스화에서 가장 먼저 점검해야 할 것은 겹창으로서, 테니스화는 코트면에 따라 겹창의 패턴이 다르다. 겹창설계패턴은 자동차 타이어처럼 홈의 형태나 깊이에 따라 특성이 다르다. 예를 들어, 세로 홈이 많은 타입은 옆 방향의 스톱성이 높으며, 가로 홈이 많은 타입은 그 반대이다.

겹창 패턴은 크게 클레이 코트용, 하드 코트용, 올라운드용 등 3가지로 나뉘어지며, 미끄러지기 쉬운 클레이코트용은 홈이 깊고, 재질이 부드러우며, 하드코트용은 홈이 얇고 잘 마모되지 않는 단단한 재질, 그리고 올라운드용은 양자의 중간이다. 이 용도를 무시한 테니스화는 테니스 선수 및 테니스 동호인들에게 제대로 된 플레이를 할 수 없게 할뿐만 아니라 종종 부상의 원인이 되기도 한다.

클레이코트용 테니스화는 하드 코트에 비하여 미끄러운 특징이 있으므로 미끄럼 방지를 위한 겹창의 개발이 필요하다. 미끄러지기 쉬운 코트에서 경기를 해야 하므로 스톱성이 높아야 하며, 홈이 열고 잘 마모되지 않는 단단한 재질을 쓰는 것이 좋다. 압력이 가해지지 않은 상태에서 홈을 움켜지지 않았다가 신발에 압력이 가해지게 되면 홈을 움켜주는 역할을 나타내어 미끄럼을 최소화하는 겹창의 개발이 이상적이다. 홈을 움켜주는 역할을 하는 조각은 산을 뒤집어 놓은 듯한 직각 삼각형과 유사한 구조를 하고 있어서 직각부분이 안쪽으로 휘어 들어가 홈을 움켜쥐기 편한 구조를 하고 있어야 효과적이다. 각 조각의 간격은 3mm 이내의 조밀한 구조를 하고 있는 것이 통상적인 테니스화의 조각 간격이다. 이러한 조각은 많은 경험과 연구의 결과 가장 우수한 마찰력을 갖고 있는 것으로 나타난 청어가시무니 디자인에 근거한 것이다(Valiant, 1990).

테니스경기시 테니스화, 테니스바닥재 등의 용품사용과 관련해서 발생하는 상해요소를 살펴보면, 관절염좌, 발저근막염등이 있다. 테니스경기시 가장 빈번하게 발생하는 관절염좌는 포사이드와 백사이드를 오고 가는 가로방향의 스톱과대시(stop & dash)의 운동이 빈번히 일어난다. 여기에서 생기기 쉬운 것이 발관절 염좌이다. 가로 방향으로 운동을 반복하면 아킬레스건처럼 풋워크의 안정을 돕는 건이나 인대에 상당히 큰 운동 부하가 걸리기 때문에 발 관절이 불안정해져 상해를 일으키기 쉽다. 발 관절의 염좌에는 내회전에 의한 내반염좌와 외회전에 의한 외반염좌가 있으며, 내반염좌는 밖을 둘러싼 주위의 외측인대에 통증이 있으며 또 외반 염좌는 안쪽 주위의 내측인대를 손상시킨다. 전체적으로는 내반 염좌 발생이 많다. 테니스 이외의 스포츠에서도 발관절 염좌는 급격한 스톱이나 방향 전환을 할 때 발생된다. 테니스의 경우는 코트 표면(playing surface)의 차이도 있기 때문에 코트 조건에 따라서도 그 빈도가 달라진다. 발관절 염좌의 방지를 위해서는 운동화의 그립력을 높여 정지 성능뿐만이 아니라 적당한 유연성도 필요로 한다.

발저근막염은 단단한 지면(hard surface)에서의 러닝때 일어나기 쉽다. 발저근막이란 발 아치를 형성하는 두꺼운 막으로 발꿈치부터 앞발바닥 부분까지 부채형으로 퍼져있다. 이 근육의 긴장으로 아치를 보호하지 못하기 때문에 심한 운동으로 그 부분을 혹사하면 염증이 생기게 된다. 스포츠뿐만 아니라 무리해서 서거나 걷기를 반복하는 평소 생활 가운데에도 염증이 생길수 있으며 특히 평발인 경우 더욱 심하다. 원인은 발을 지나치게 사용하였거나 발 형태 (평발염증을 일으키는 부위 나발등이 솟은 발)나 하퇴삼두근, 아킬레스건의 유연성 저하 발근력 저하, 신발의 잘못된 선택과 운동화가 발에 맞지 않는 경우 등이다. 발저근막염의 증상은 발바닥에 압통이 있고 발저근막을 따라 긴장된 상태가 되어 착지시에 뒷꿈치 가까이가 아프다.

테니스 동작과 동작에 따른 신체의 발과 하지부분에 힘의 전이, 테니스화와 테니스 바닥재간의 상화작용, 테니스화가 테니스운동수행에 대해 사용된 기술에 대해서 알아보면, 런닝시 상해형태와 테니스, 농구처럼 코트스포츠의 상해형태가 서로 다르다는 놀랄만한 일이 아니다.

테니스 신발과 바닥재는 신체 하지에 대한 힘의 충격을 감소하는데 중요하다.

뉴턴의 제3법칙인 작용-반작용은 모든 작용력에는 크기가 같고 방향이 반대인 반작용력이 존재한다고 알려져 있는 것처럼 신체 하지 또는 테니스화가 테니스코트에 닿았을 때, 신체는 바닥재에 힘을 가하게 된다. 테니스화와 스포츠바닥재 상호작용시 테니스 코트의 바닥은 힘을 감소시키는 역할을 할 뿐만 아니라 보폭과도 관련이 있다. 실험실 테스트는 콘크리트에 충격과 비교할 때 힘이 감소되는 것을 보여준다. 잔디코트는 약55%의 힘을 감소시키고, 클레이코트와 인조합성코트는 약 25%의 힘을 감소시킨다. 하드코트는 단지 약 5-10%을 감소시킬 뿐이다. 이것은 테니스상해와 스포츠바닥재경도사이에 상화관계가 있음을 보여준다.




Table 1. foot motion in tennis movement

	테니스 동작	
	국문	영문
1	전진, 후진 동작	forward and backward motions
2	좌우 측면 발을 끄는 동작	side-to-side shuffling
3	스프린팅 동작	sprinting
4	피벗(한 발로 돌기)동작	pivoting
5	점프동작	jumping
6	빠른 동작	quick movements
7	출발, 정지 동작	starting and stopping
8	스트레칭 동작	stretching
9	바깥쪽, 중앙쪽 발 롤링동작	lateral to the outside and medial -towards the middle, center or inside- foot rolling
10	신체중심 조정 동작	center of gravity adjustment (the body's center of gravity needs to be adjusted in any direction quickly and in a controlled manner)

코트 바닥재 타입의 다양성과 더불어, 테니스화 요구사항은 코트의 형태에 따라서 변화한다. 주요 차이점은 테니스화겔창의 밑바닥부분의 패턴이 기존적으로 다르게 나타난다. 테니스선수의 테니스화를 측정해 보고, 겔창의 다양한 특정 패턴들을 조사해보면, 테니스화 겔창의 패턴은 운동수행시 선수의 발 동작의 부분들이 다양한 역할을 반영한 것이다. 테니스화의 겔창은 그 같은 역할과 기능을 디자인하여 반영한 것이다. 거기에는 테니스화의 솔에 있어서 마찰력과 견인력패턴의 다양함이 같이 나타난다. 스포츠화 기능특성중의 하나인 마찰력은 스포츠의 균형성을 나타내는데 있어서 중요하며, 테니스화에 있어서 가장 대중화되어 있는 패턴들중의 몇 개는 table 2와 같이 청어가시무늬형태, 회오리 무늬형태, 피벗무늬형태, 잔물결무늬형태 등이 있다(Cheskin, 1987).

테니스에 있어서 마찰력은 출발, 정지, 사이드 측면 동작이 강조된다. 그러나 테니스화 겔창의 마찰력은 발이 지면과의 정상적인 동작시 방해로 받을 뿐만 아니라 점프동작 또는 상해의 직, 간접적인 유발요인이 되는 지면에 발이 닿는 동작으로부터 무릎과 발목에 큰 충격을 주게 되는 요인으로 작용한다. 청어무늬형태 테니스화 겔창은 코트스포츠와 스포츠바닥재에 가장 잘 운동수행에 도움이 되는 표준화된 설계형태로 자리잡았다. Pillar형태의 테니스화 겔창은 2가지 기능을 가지는데 하나는 발이 바닥에 닿을 때 견인하는데 우수한 기능을 발휘하고, 한 발로 지지하는데 도움을 준다.

Table 2. pattern in tennis shoes

	A type	B type	C type
	Herringbone With Suction Dimple	Ribbed With Flat Sections	Pillared With Flex Patterns
outsole pattern			

(Source : Cheskin, 1987)

테니스화는 선수의 운동수행능력과 관련된 신발과 신발을 결정짓는 기술을 가지고 개발된다. 여기에는 3가지 분석방법이 사용되는데, 신발의 구조적인 스트레스를 분석하는 방법이 있다. 각 특성을 분석하며, 테니스화의 끄는 동작(drag)처럼 특정 조건을 시뮬레이션하여 설계된다. 초창기 실험실 테스트결과들은 하지의 의수족보행동작분석등을 위해 사용되어져 왔으나 오늘날에는 각종 전문화된 스포츠화 연구개발에 사용되어 있는 실정이다. 서로다른 신발들은 서로간에 비교되어진 결과치와 각종장치들을 사용하게 된다. 대학교 보행분석 실험실과 운동역학실험실들은 지면반력기, 동작분석기 등을 사용하여 분석하기 시작하였으며, 지면반력기들을 사용하여 발에 가해지는 압력을 측정하였다.

Table 3. 스포츠화(테니스화)와 스포츠바닥재 마찰력 관련 주요연구연표

연도	연구자	연구주제	국가
1975	Morehoues, C.A.등	인조잔디 스토리	미국
1975	DIN-Norm 18032	스포츠에 있어서 스포츠바닥재	독일
1976	Prokop등	인조스포츠바닥재가 원인된 의학적 스포츠문제점	독일
1980	Cavanagh, P.R.	런닝화 저서출간	미국
1980	Nigg등	스포츠바닥재	스위스
1981	Nigg등	스포츠신발과 스포츠바닥재분석의 방법론적 경향	캐나다
1983	Nigg	스포츠화와 스포츠바닥재간의 의력측정	캐나다
1983	Schlaepfher등	테니스화의 마찰특성	캐나다
1984	Kolitzus	스포츠바닥재의 기능표준 설정	독일
1984	Stucke,H등	스포츠바닥재의 마찰특성에 관하여	미국
1984	Federick	"스포츠화와 스포츠바닥재" 저서 발간	미국
1985	Valiant등	샘플용 스테드(stud)겔창의 정적 마찰특성	미국
1986	Valiant	농구화 마찰력에 있어서 겔창패턴의 효과	미국
1986	Canaway, P.M.등	천연&인조 스포츠바닥재에 있어서 견인력과 마찰력 측정에 관한 장비	미국
1987	Nigg등	스포츠바닥재의 생체역학적 경향	캐나다
1987	Cheskin등	운동화의 백과사전	미국
1988	Hreljac	다양한 중창경도를 이용한 테니스화에 있어 착지시의 생체역학적 변인에 관한 개인적 효과	미국
1988	Valiant	개발된 인조잔디에서의 지면반력	미국
1990	Milner	인조잔디바닥재 선정, ASTM STP1073	미국
1990	Wilson, M등	스포츠화의 운동수행능력 요구사항	영국
1990	Valiant	인조스포츠바닥재에 사용된 겔창 마찰특성	미국
1990	Schmidt Roger	천연&인조 스포츠바닥재 :특성과 안정성, ASTM	미국
1992	Gheluwe,B.V.등	실험실, 필드에서의 테니스 마찰측정	미국
1993	Stuessi E.	테니스화와 인도어신발의 생체역학적, 정형외과적 문제점	스위스
1993	Andreasson, G등	스포츠화와 인조잔디간 시뮬레이션된 미끄러짐에 있어서 개발된 토크	미국
1993	Fredrick, E.C.	스포츠화와 스포츠바닥재에 대한 최적의 마찰특성	미국
1996	Torg, J.S.등	신발-바닥재간의 상관계수에 있어서 주변온도효과	미국
1997	Craig Wojcieszak	2가지 마찰력 측정방법의 비교	미국
1997	ASTM	인조잔디스포츠바닥재와 물성의 특성에 대한 표준조사방법 (ASTM F-1551-94) 발간	미국
1999	Baroud, G	스포츠바닥재에 있어서 에너지저장과 반환	미국
1999	Juan V. Dura	전환동작시 스포츠바닥재에 미치는 마찰력 영향	스페인
1999	Dura등	전환움직임에 있어서 스포츠바닥재의 마찰의 영향	
1999	D. Boisnard	스포츠바닥재와 발사이의 측정을 위한 기구재 개발 (마찰계수측정가능, LABOSPORT연구소)	프랑스
2000	Miller등	스포츠바닥재물성의 탄성측정	미국
2000	Gasteyer	테니스화의 ppm측정	미국
2001	Segresser,B	스포츠화디자인과 상해(희망과 진실)	미국
2002	Llana등	테니스화와 관련된 불평함에 관한 연구	미국

Novel사의 E-Med, Pedar 등의 시스템은 발에 가해지는 압력분포를 측정하였다. 테니스화는 테니스 경기장비중 중요한 구성요소중의 하나이다. 이것은 선수의 운동수행과 편안함에 손실을 입힐 수도 있으며, 강력한 도움이 될 수 있도록 도와주기도 한다. 테니스와 농구처럼 코트스포츠에서 신발의 안정성은 발과 발목에 발생하는 모든 하지부분 상해의 약 45%이상을 차지하고 있는만큼 매우 중요하다 할 수 있다. 또한 이 안정성의 문제는 신발, 스포츠바닥재간의 마찰력과 매우 밀접한 관계를 형성하고 있다. 테니스화의 곁창은 마찰력과 내구성을 제공하는데 오늘날 곁창은 스포츠의 특정 움직임시와 스포츠바닥재의 형태에 따라서 다르게 설계되며 선수들의 상해유발성과 매우 밀접한 관계를 가지고 있다. 견인력(traction)은 테니스화의 곁창과 코트표면에 그립력을 가지는 바닥재간의 마찰력에 의해 생긴다. 스포츠바닥재, 조건, 선수의 움직임 변화, 견인력등은 매우 다양하게 변할 수 있다.

2) 테니스화곁창설계와 마찰실험

미국 ASTM F13위원회는 안전과 신발마찰력(Safety and Footwear Traction)에 관한 위원회로서 신발 마찰력 매개체의 발전을 위한 주요한 역할을 하고 있으나, 지난 수십년간 신발에 대한 다양한 오염요소에 대하여 신발을 제대로 시험할 만족스런 장비가 없어서 실제 환경에서 오차없이 다양한 신발 시험이 불가능했다고 보고하고 있다(ASTM, 1997). 기존의 Slip test는 있지만 직접적인 마찰력을 필드에서 테스트할 수 있는 장비는 없으며, 오늘날 신발제조업체는 각자의 개발 제품에 대하여, 어떠한 미끄러운 오염요소가 보행시 있더라도, 신발의 미끄럼 저항성 즉 마찰력이 높다고 광고하고 있으나, 실제 시험을 해보면 그렇지 않은 경우도 많이 볼 수 있다고 보고하고 있다. 보행자 안전 환경을 더 어렵게 만드는 것은, 연구소에서 시험시 신발바닥의 설계와 재료등의 너무 많은 요소를 평가하여, 실제 중요한 요소를 간과하고 있는 경우가 많으며, 미국 및 유명 표준시험규격도 마찬가지이다. 미국표준규격 ASTM F13은 JAMES MACHINE과 수평방향당김 미끄럼계측기에 바탕을 두고 신발식이 동적바닥의 실험을 하는 것인데, 신발에 오염을 주는 요소들 중에서 마찰력(Traction)을 측정할 수 없으며 ASTM시험자체도 그 것을 인정하고 있다.

1995년 7월 11일 미국 ASTM의 F13회의는 처음으로 새로운 시험방식을 선보인바 있으며, 이러한 특별한 실험방식은 실제 발목 연결부위가 신발이 바닥위 평평한 위치에 닿게하여, 측정기자재의 발목연결 부위는 공압식으로 사람이 보행 중 발목에 힘줄이 동작하는 바와 같이 평평한 바닥에 회전 에 저항하는 방식으로 하중을 싣는다.

이것은 XST라고 명명된 바 있다. XST의 또 다른 특성은 시험 표면의 신발의 적용과 관련하여, 평행하지 않은 제어방으로 가능하다. 하중적용은 압력조절에 의하며, 신발과 표면의 충력 속도는 Flow rate를 조절한다. 발목의 움직임에 적용되는 저장하중은 실험기의 중요한 Stroke 실린더와 별도로, 두 번 제 공압실린더를 통하여 독립적으로 조절하며, 부가적으로 주기동 각도 조절의 다양성 확보를 위하여, 바닥 표면과의 신발 접촉각은 기계역학적으로 조절되어진다. ASTM 혹은 ANSI 표준 실험의 보호아래에 아직까지 적합한 신발 실험이 없음에도 불구하고, 여러 신발제조업체는 경쟁업

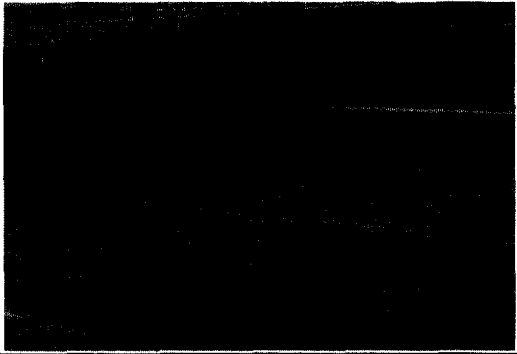

체의 신발제품에 대한 실험에 대하여 자사들의 신발제품을 위탁실험을 하고 있으며, 또한 많은 업체가 XST 실험 결과를 그들의 재료 광고에 이용하고 있다. 특별한 표준시험 방식이 없음에도 불구하고, XST는 신발 머리와 오염된 바닥표면과 비교하여 Traction 실험을 적절히 수행한다. 안전관리 엔지니어가, 특별히 위험한 환경의 작업조건에서 가정 미끄럼 저항성이 큰 물질을 선택하기 원한다면, XST는 연구실이든 야외에서든 그러한 환경을 가장 적합히 만들어 실험 가능하게 한다. 미국과 유럽의 신발 산업은 다양한 오염물질에 대하여, 신발의 Traction 특성을 우선시하는 실질적인 마찰 마모윤활 특성에 대한 표준실험에 관심이 적다. 그들은 오랜 기간 존속된 대세적인 시험 방식인 건식 습식조건에서 신발의 안전성을 시험하는 방식을 선호 한다. 미국신발산업무역협회도 SATRA 시험기와 같은 실질적이니 못한 비싼 시험방식을 도입하고 있다(ASTM,1997).

3. 테니스 바닥재와 마찰력 측정

테니스코트의 종류는 천연재료를 사용하는 클레이계와 합성재료를 사용하는 케미칼계등 많은 종류가 있고 근래에 연구개발로 인해 다양한 종류의 코트가 만들어지고 있다. 코트의 종류를 하드코트와 소프트코트로 분류해서 부르는 경우가 있는데, 예를 들면 론-코트를 소프트라 하면 클레이코트를 하드코트라 부르는 경우, 클레이코트를 소프트라 하면 케미칼계 코트를 하드라 부르는 경우, 케미칼계 코트에 있어 폴리우레탄계를 소프트라 하면 에멀전계를 하드라 부르는 경우 등 그 구별은 명확하지 않다(Miller, 2000)으며, table 3은 현재 국내에 설치되어 있는 클레이계 테니스코트와 케미컬계 테니스코트가 나타나 있다.

하드코트 종류중 세미하드나 세미소프트 등으로 불리우기도 하나, 코트의 실제강도가 하드, 소프트라는 언어적 의미와 일치하지 않을 경우도 대부분이다. 따라서 table 3과 같이 테니스코트는 클레이계와 케미칼계로 분류하는게 바람직하며, 테니스코트 분류는 사용하는 재료에 따르는 것이 일반적이다. 국내에서 가장 사용이 많은 클레이계 테니스코트는 표면층모래가 테니스화와 함께 움직임에 따라 수평방향 충격이 완화되고, 미끄러져도 표면의 미끄럼 저항 때문에 심하게 미끄러워 넘어짐도 없기 때문이다. 케미칼계 테니스코트는 카페트형이나, 모래를 넣은 인조잔디 폴리에틸렌계 표층재의 일부에 수평방향 충격완화기능을 가지며, 코트면의 미끄러움은 기대치에 못 미치고 케미칼코트에서 경계하는 사람의 스텝은 클레이계코트보다 슬라이딩 값이 떨어진다. 수직방향 충격완화는 코트의 탄력성에 따라 평가되지만, 테니스코트의 경우는 탄력성이 없는 코트에서도 신발이 가진 쿠션에서 충격이 완화되고 신체에 미치는 영향은 작다. 코트 성능은 재질의 촉감에 따라 판단되는 것도 있지만 촉감만으로 실제 코트의 기능을 판단할 수는 없다. 테니스는 육상경기, 축구 등 다른 구기종목과 비교할 때 도약적 움직임에서 정지나 스트로크에 의한 신체회전등 수평방향의 충격 완화기능이 특히 요구되는데, 수평방향 충격은 코트표면의 미끄러움에 따라 달라지지만 논-슬립 표층도 미끄러지면서 미끄러움 저항치가 증가되는 것이 요구된다.

Table 4. count type in tennis

A type 클레이계(clay)		B type 케미칼계(chemical)	
			
클레이코트(Clay court)		창원종합시립테니스코트(hard court)	
단일토	점성토(Cohensive soil) 사질토(Sandy clay)	에멀전계코트	아스팔트타입 EVA타입
혼합토	점성토, 마사토, 석회, 소금 황목전, 로옴, 함유사	폴리우레탄계	
개량토	슈퍼클레이(Super clay) 내추럴 샌드(Natural sand)	인조잔디	인조잔디(모래삽입)
인공토	앙투카(En-tour-cas)	카페트계	카페트타입(선진국) 고무칩(CHIP)카페트
룬(천연잔디)		고무칩(CHIP)우레탄계	투수타입, 비투수타입
		폴리에틸렌계(PE)	
		시리카계	

자동차의 타이어가 매끄러운 고무가 아닌 흠이 있는 고무로 만들어지는 것은 바로 이러한 이유 때문이며, 흠이 있는 고무는 표면이 거칠기 때문에 마찰력이 커지게 된다. 자동차 바퀴의 표면을 거칠게 만들어 마찰력을 높이려는 것을 통해 마찰력이 자동차의 제동력과 관계가 있음을 알 수 있다. 제동력은 기계적인 운동을 하고 있을 때, 그 운동 에너지를 흡수하여 운동을 멈추게 하려는 힘이다. 코트의 표층재 선정에 있어서 계획하고 있는 코트가 경기용인지, 일반경기용, 레저용 인지 등 사용목적이나 지역적 특성 혹은 주변 여건 등의 입지조건을 고려하고 먼저 언급한 코트의 성능 외에 다음과 같은 조건의 점검이 필요하다. 이에 국내에서는 현재 테니스코트에 사용되는 스포츠바닥재와 테니스화사이의 마찰력을 필드에서 정확히 측정할 수 있는 측정기자체가 많이 부족한 관계로 마찰력 측정에 많은 애로사항을 겪고 있다. 신발 마찰력 측정기는 현재까지 전세계적으로 50년간 100여가지의 마찰특성 장비가 만들어졌으나, 대부분의 계측기는 보행로 표면의 미끄럼을 측정하기 위해 설계되었다. 그러나, 이러한 장비는 신발바닥의 재료와 표면처리의 마찰력특성 평가하는 요소로 두 번째로 중요한 요소입니다. 거의 대부분의 결과가 실험실 테스트에 의존하고 있다.

Table 5. playing coruscates measurement system

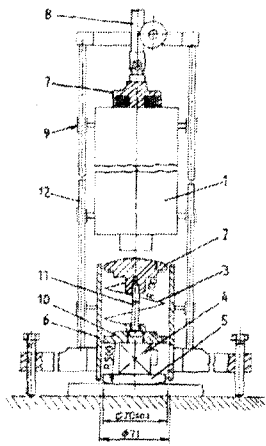
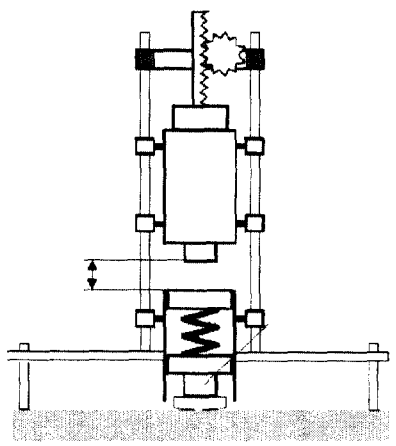

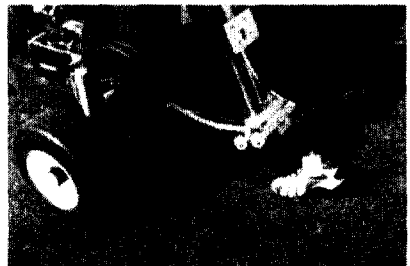
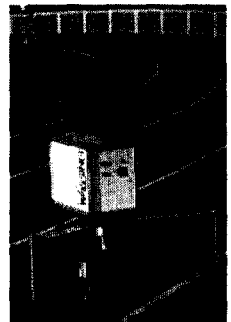
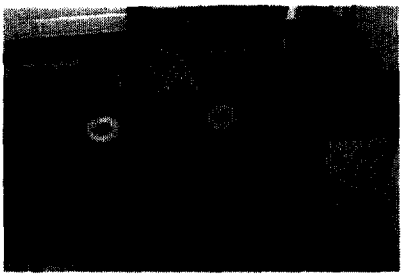
	
<p>playing coruscates measurement system(1986)</p>	<p>playing coruscates measurement system(1999)</p>
<p>Shoe/Surface Testing machine</p>	
	
<p>XST playing coruscates measurement system(1)</p>	<p>XST playing coruscates measurement system(2)</p>
	
<p>The Securitest (Technical Forum in Mallorca, ISSS, 1999)</p>	<p>Artificial Berlin Athlete (ISSS, 1999)</p>

Table 6. Coefficient of friction for three surfaces during turning

Author	motion	friction	cinder ground		
			outdoor	indoor	cinder ground
Nigg(1980)	translation	static dynamic	0.95-1.05	1.0-1.2	0.4-0.6
			1.05-1.15	1.0-1.1	0.5-0.6
Prokop(1973)	translation	static dynamic	2.5	2.2	2.0
			2.4	2.2	1.9
Koln(1981)	starting	static	0.86	0.54	0.65
	stopping	static	0.82	0.67	0.76
	turning	static	2.22	1.47	1.72

(Source : H.Stucke etc, 1984)

자동차 타이어의 경우, 타이어가 미끄러짐이나, 급회전등을 막기위해 타이어 자체는 도로를 짊어주려고 하는 특성을 가지는데, 이것이 Traction이며, 특히 가속시 발생하며, 마찰력과 밀접한 관련이 있다.

테니스 바닥재 현황으로는 테니스코트의 표층재는 일반적으로 천연재료를 사용한 클레이계코트와 합성재료를 사용한 전·천후계 하드코트로 구별된다. 국내초기 테니스코트는 대부분 클레이계열이었으며 하드코트는 1986년 아시안게임을 계기로 세계적 추세에 맞춰 케미칼 코트로 시공하였으나 국내 테니스코트 전용 표층재가 전무한 상태에서 폴리우레탄으로 대체시공 하였으나 여러가지 문제점으로 하자발생이 빈번하여 현재는 아크릴계 표층재로 바뀌고 있는 실정이다.

테니스 바닥재 추세로는 폴리우레탄은 건축도장용 도료로서 해외에서는 이미 케미칼코트는 아크릴계로만 시공되었으며 국내에도 아크릴 표층재로 바뀌고 있는 상황이다. 국내 생산업체가 없는 상태에서 그 동안 몇몇 해외제품이 들어왔으며, 아크릴계 표층재도 사용되고 상황이다. 아크릴계 테니스 스포츠바닥재는 통기성으로 인하여 우레탄과 같이 부풀어오르는 현상이 없으며 표면거칠기는 클레이코트와 유사하여 입사각과 반사각이 비슷하다. 인조 스포츠바닥재에서 다양한 실험용 신발을 착용시킨 선수의 운동수행능력에 대한 견인력의 측정하는 방법으로 Gordon Valiant는 전자 지면반력을 사용함으로써 트랙션 수준을 측정한다고 밝히고 있다. 이런 종류의 실험은 현재 국내에서는 이루어진 바가 없으며, 스포츠와 스포츠바닥재의 마찰력에 대한 실험적 실험의 난이도가 아직은 그리 높지 않은 편이다. 미국내에서 스포츠 사용자에 대한 최고수준의 테니스화를 개발하기 위해서는 이런 종류의 실험요소가 매우 중요하게 인식되어져 있다.

Table 7에서와 같이 서로다른 축구화 스포츠바닥재 A, B, C형태에서 3가지 서로 다른 걸창간의 마찰실험결과 정적마찰계수결과를 나타낸 것이다. 국외 문헌중 서로다른 테니스스포츠바닥재에서 테니스화 걸창과의 연구결과를 상세히 소개한 것이 없어 축구화의 예를 들었다. 평균적으로 신발의 마찰계수는 0.6으로 소개되고 있으나, 이는 바닥재를 일반화한 경우이며, table 7에서와 같이 서로다른 바닥재형태와 서로다른 신발걸창의 마찰력 경우의 들면 9개의 서로 다른 마찰력이 나타난다. 이 실험에서 마른 상태에서 C 형태 스포츠바닥재가 3가지 서로다른 스포츠화의 걸창과의 정적마찰력에서

Table 7. Shoe Traction F-1551 Coefficient Static Friction

Product Comparison	A type	B type	C type
1. Shoe Traction(Dry) F-1551 Coefficient Static Friction			
1 type outsole	1.09	1.04	0.94
2 type outsole	2.19	1.57	1.61
3 type outsole	1.02	1.57	1.14
2. Shoe Traction(Wet) F-1551 Coefficient Static Friction			
1 type outsole	1.37	1.12	1.14
2 type outsole	1.45	1.57	1.42
3 type outsole	0.92	1.61	1.00

Playing Surfaces - A : AstroTurf 12, B: AstroPlay, C: NeXturf

Sports Shoes Outsole - 1 : Nike Air pro turf, 2 : Adidas eqt onsit lo, 3 : Adidas screw on cleat

(Source : ASPG, 2002)

가장 낮은 마찰력을 나타내어 가장우수한 것으로 나타났으며, 또한 1 type 겔창이 C 형태 스포츠 바닥재에서 0.94의 정적마찰계수를 나타내어 경기시 가장 우수한 마찰력을 나타내어 경기력에 우수한 스포츠화임을 알 수 있다. Valiant는 ASTM Symposium on natural and synthetic sports surfaces 에서 최소 회전 견인력(minimal rotational traction) 또는 토크(torque)를 지닌 최고 전이 견인력을 가진 스포츠화를 연구중이라고 밝힌 바 있다. 축구화 겔창의 직선이동견인력(트랙션, 접지력;traction)은 피험자가 빠른 스톱동작동안 전진방향에서 높은 전단력(shear forces)을 발휘할 때 더 크게 나타난다. 수직이동견인상수 최대치 0.8은 피험자가 스톱동작을 취하거나 전방진행방향으로 피벗동작을 취하기 위해 정지하거나 컷 동작을 정지하기 위한 것과 상관없이 동일하다. 광폭타이어도 면적과 마찰력이 무관하지 않은 사례 중의 하나이다. 광폭타이어도 마찰 계수가 달라지는 현상으로 인하여 면적이 클수록 마찰력이 커진다. 타이어의 폭이 넓으므로 받는 압력이 작고, 마찰력에 의해 고무가 녹는 현상이 줄어들다. 고무가 녹는 현상이 줄면, 마찰 계수가 줄어들는 현상 역시 줄일 수가 있는 것이다. 이처럼 테니스 바닥재에 있어서 실질적으로 접촉면적을 가지는 테니스화의 설계시 테니스화의 전후축 테니스화의 설계부분이 넓게 된 것은 이같은 원인이 기인한다.

Ⅲ. 결론 및 제언

본 연구는 테니스화 걸창과 스포츠바닥재간의 마찰력에 관한 특성에 따라 테니스화 걸창 설계 요소 및 테니스코트의 평가방법 및 기자재현황을 나타내었으며, 테니스코트 스포츠바닥재의 특성에 따라 테니스화걸창이 어떻게 변화되는지를 운동역학연구분야에서 선행 연구현황을 지표화하여 확인하였으며, 마찰력요소가 테니스화걸창과 스포츠바닥재의 설계요인연구에 대한 기초자료를 제공하므로써 도움을 주고자 한다.

1. 본 연구는 스포츠현장에서 마찰력에 대해 설명하였다.
2. 테니스화걸창과 마찰력간의 관계를 설명하였다.
3. 테니스 스포츠바닥재와 마찰력간의 관계를 설명하였다.

이처럼 테니스 바닥재에 있어서 실질적으로 접촉면적을 가지는 테니스화의 설계시 테니스화의 전후측 테니스화의 설계부분이 넓게 된 것은 이같은 원인이 기인한다. 이러한 테니스화걸창과 테니스코트 스포츠바닥재간의 특징을 선행연구를 통해 제시함으로써 이 분야에 관한 국내의 연구를 촉진함과 더불어 차후 국내에서 연구시 좀 더 정확하고 연구시 방법론적인 면에서 과학적이고 실증적인 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 강영택, 서국용, 박영훈(2001), 테니스 코트에 따른 마찰에 관한 고찰 I, 한국운동역학회지 제11권 2호. pp. 201- 215.
- 김두만, 주만, 신동엽(1997), 마찰을 고려한 타이어 접지면의 접지압 분포에 관한 연구, 한국항공대학교 항공산업기술연구소 연구지, Vol.7 No.1 pp. 141-151
- 김지연(1993), Jogging시 발의 착지 유형에 따른 지면반력의 효과, 이화여자대학교 대학원 석사학위 논문.
- 문봉호 김현태 양경옥(1999), 日本 老人療養施設内の 바닥재에 있어서 미끄러짐에 관한 연구, 여수대학교 논문집, Vol.14 No.2 pp. 507-513
- 박승범, 서국용, 이중숙, 김용재(2001), 클레이코트용 고기능성 테니스화 개발을 위한 생체역학적 연구, 한국운동역학회지 제10권 2호. pp. 19-33.
- 박영식(2001), 스포츠화 디자인 개발에 관한 연구(테니스화를 중심으로), 경성대학교 멀티미디어정보 예술대학원 석사학위논문.
- 윤재원(1986). 테니스 상해 조사 -전국 남녀 테니스 동호인을 중심으로-, 강원대학교 부설 체육과학연구소논문집, Vol. No.11 pp. 111-120
- ASTM E-648-97(1997), ASTM 1997 Annual Book of Standards, Section 4, Vol. 04-07, pp. 512-525
- ASTM F-1551-94(1997), "Standard Test Methods for Comprehensive Characterization of Synthetic Turf Playing Surfaces and Materials", ASTM 1997 Annual Book of Standards, Vol. 15.07, pp. 1003-1015,
- Baroud, G.(1999), Energy storage and return in sport surfaces, Sports Engineering, Vol.2 No.3 pp. 173-180
- Canaway, P.M. & Bell, M.J.(1986), Technical note: an apparatus measuring traction and friction on natural and artificial playing surfaces. Journal of the Sport Research Institute, 62, pp. 211-214.
- Cheskin, M. Sherkin, K. and Bates, B.(1987), The Complete Handbook Of Athletic Footwear, Fairchild Publications, New York
- Cooke, A. and Dixon, S.(2002), Sports Science and Engineering in Education: Sport Shoe Design
- Crawshaw, G. H(1989), Textile sports surfaces and artifical grass, Elsevier Advanced Technology
- De Koning, J. J.(1997), Assessment of the mechanical properties of area-elastic sport surfaces with video analysis, Medicine and science in sports and exercise, Vol.29 No.12, Williams & Wilkins pp. 1664-1668
- DIN(1991) DIN 18032-2: Sport halls; halls for gymnastics and games; floors for sporting activities,

- requirements, testing. Deutsches Institut für Normung.
- Dura, Hoyos, Martinez, Lozano(1999), The influence of friction on sports surfaces in turning movements, *Sports Engineering*, Vol. 2, Issue 2, p. 97-
- Frederick, E. C.(1984), Sport shoes and playing surfaces : biomechanical properties / *Human Kinetics*
- Frederick, E.C.(1993), Optimal Frictional Properties for Sport Shoes and Sport Surfaces. *Biomechanics in Sports XI (International Soc. of Biomech. In Sports)* 11: pp. 15-22,
- Gasteyer, S.(2000), Measuring ppm With Tennis Shoes: Science and Locally Meaningful Indications of Environmental Quality, *Society And Natural Resources*, Vol.13 No.6, Taylor & Francis Ltd, pp. 589-598
- Gheluwe, B.V.; Deporte, E.; (1992) Friction measurement in tennis on the field and in the laboratory. *International Journal of Sport Biomechanics*, 8, pp. 48-61.
- Hreljac, A(1988), Individual effects on biomechanical variables during landing in tennis shoes with varying midsole density, *Journal of sports sciences*, Vol.16 No.6, E & F N SPON, pp. 531-537
- Kolitzus, H.J.(1984), Functional standards for playing surfaces In: Sport shoes and playing surfaces, ed. Frederick, E. *Human Kinetics*, Champaign, Illinois.
- Llana, Brizuela1, Dura(2002), A study of the discomfort associated with tennis shoes, *Journal of Sports Sciences* 20, no. 9 pp. 671-679
- McNitt, Andrew Scott(2000), The effects of soil inclusions on soil physical properties and athletic field playing surface quality. The Pennsylvania State University Doctoral thesis
- Miller, Baroud, Nigg(2000), Elastic behaviour of sport surface materials, *Sports Engineering*, Vol. 3, Issue 3, p. 177,
- Miller, J. E.(2000), Elastic behaviour of sport surface materials, *Sports Engineering*, Vol.3 No.3
- Milner, EM(1990), Selecting a Synthetic Turf Surface, *Natural and Artificial Playing Fields: Characteristics and Safety Features*, ASTM STP 1073, RC Shmidt, EF Hoerner, EM Milner, and CA Morehouse, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 183-187.
- Nigg, B.M. & Yeadon, M.R.(1987), Biomechanical aspects of playing surfaces. *Journal of Sport Sciences*, 5, pp. 117-145.
- Nigg, B.M.(1983), External force measurements with sport shoes and playing surfaces. In : *Biomechanical aspects of sports shoes and playing surfaces*. Nigg, B.M. and B.A.Kerr(Eds.), University Printing, Calgary, pp. 11-23
- Schimdt, Roger C.(1990), *Natural and artificial playing fields : characteristics and safety features* ,

ASTM

- Schimdt, Roger C.(1990), Symposium on the Characteristics and Safety of Playing Surfaces (Artificial and Natural) for Field Sports ASTM Subcommittee F08.52 on Playing Surfaces and Facilities. , Pennsylvania
- Schlaephfer, F., (1983), The friction characteristics of tennis shoes. In : Biomechanical aspects of sport shoes and playing surfaces, Nigg, B.M. and Kerr, B.A.(Eds.), University Printing, Calgary, pp. 153-160
- Segresser, B.(2001), Injuries And Sport Shoe Design: Wish And Reality, 2001 Footwear Symposium, Zurich, Switzerland
- Senatore, J. R.(1996), Functional Components of a Sport Shoe, Orthopaedic Nursing, Vol.15 No.3, A J Jannetti Inc, pp. 19-22
- 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.
- Stuessi, E.(1993), Biomechanical and orthopaedic problems of the tennis shoe and the indoor shoe, Sportverletzung Sportschaden, Vol.7 No.4, GEORG Thieme Verlag, pp. 187
- Thomson, Birkbeck, Tan, McCafferty, Grant, Wilson(1999), The modelling and performance of training shoe cushioning systems, Sports Engineering, Vol. 2, Issue 2, p. 109-
- Thomson, R. D. Birkbeck, A. E. Lucas T. D.(2001), Hyperelastic modelling of nonlinear running surfaces, Sport Engineering pp.
- Tillman M.D., Fiolkowski P., Bauer J.A. & Reisinger, K.D.(2002), In-shoe plantar measurements during running on different surfaces: changes in temporal and kinetic parameters, Sports Engineering, Vol. 5 Issue 3 p. 121-128
- Valiant G.A. (1986), The effect of outsole pattern on basketball shoe traction. Pp 29-37 in J. Terauds (Ed) Biomechanics in Sports III & IV. DelMar, CA, Academic Publishers
- Valiant, G A.(1990), Traction Characteristics of Outsoles for Use on Artificial Playing Surfaces, Natural and Artificial Playing Fields: Characteristics and Safety Features, ASTM STP 1073. Eds; R.C. Schmidt, E.F. Hoerner, E.M. Milner and C.A. Morehouse, Eds., ASTM(The American Society for Testing and Materials), Philadelphia, pp. 61-68
- Valiant, G.A.(1988), ground reaction forces developed on artificial turf. In: Science and football, T. Reilly, A. Lees, K. Davids, & W.J. Murphy, eds., pp.406-415. E. & F.N. Spon, London
- Valiant, G.A., T. McGuirk, T.A. McMahon and E.C. Frederick(1985)., Static friction characteristics of cleated outsole samples. Med. Sci. Sports and Exercise 17(2): pp. 156, A

ABSTRACT

A analysis of friction relation between tennis outsole and tennis playing surfaces

Jung-Tae Kim

The purposes of this study were to a analysis of friction relation between tennis outsole and tennis playing surfaces. Tennis footwear is an important component of tennis game equipment. It can support or damage players performance and comfort. Most importantly athletic shoes protect the foot preventing abrasions and injuries. Footwear stability in court sports like tennis is incredibly important since it is estimated that as many as 45% of all lower extremity injuries occur in the foot and ankle. The friction force is the force exerted by a surface as an object moves across it or makes an effort to move across it. The friction force opposes the motion of the object. Friction results when two surfaces are pressed together closely, causing attractive intermolecular forces between the molecules of the two different surfaces. The outsole provides traction and reduces wear on the midsole. Today's outsoles address sport specific movements (running versus pivoting) and playing surface types. Different areas of the outsole are designed for the distinct frictional needs of specific movements. Traction created by the friction between the outsole and the surface allows the shoe to grip the surface. As surfaces, conditions and player motion change, traction may need to vary. An athletic shoe needs to grip well when running but not when pivoting. Laboratory tests have demonstrated force reductions compared to impact on concrete. There is a correlation between pain, injury and surface hardness. There are a variety of traction patterns on the soles of athletic shoes. Traction like any other shoe characteristic must be commensurate and balanced with the sport. The equal and opposite force does not necessarily travel back up your leg. The surface itself absorbs a portion of the force converting it to other forms of energy. Subsequently, tennis court surfaces are rated not only for pace but also for the percentage of force reduction.

key words : sliding friction tester, friction forces, floor surface condition

Received in final form 2 November 2002

* Corresponding author, Professor, Dept. of Physical Education, College of National Science, Changwon National University, 9 Sarim-dong, Changwon, Kyongnam, 641-773, Korea
Email : jtkim@sarim.changwon.ac.kr