대한정형외과초음파학회지 제 3 권 제 1 호 2010
J Korean Orthop US Soc 2010; 3: 32-37

종 설

족부 및 족관절의 해부학, 생역학 및 신체 검사

고려대학교 의과대학 정형외과학교실

허창룡 · 김학준

Anatomy, Biomechanics and Physical Examination of Foot and Ankle

Chang-Yong Hur, M.D., Hak Jun Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Korea University

Ultrasonographic diagnosis and treatment in Orthopaedic fields had been widely used. Sonographic diagnosis and treatment of foot and ankle is convenient because of anatomical characteristics. The knowledge of the anatomy and biomechanics in foot and ankle area can help to diagnose and treat the disease around foot and ankle. 28 bone and many tendons, ligaments and muscles are consist of ankle and foot joint and the coordinative relation among these structures can allow the dual function, weight bearing and locomotion of ankle and foot during gait cycle. Foot and ankle have small room for many structures, so systemically physical examination is essential for diagnosis. Accurate understanding of foot and ankle anatomy and biomechanics could be helpful to using ultrasonograph.

Key Words: Foot, Ankle, Anatomy, Biomechanics, Physical examination

서 론

최근에는 정형외과적 영역에서 초음파를 이용한 진단과 치료가 광범위하게 사용되고 있으며 특히 족부 및 족관절의 영역에서는 뼈, 인대, 건 등의 해부학적 구조물이 다른 신체 부위와 달리 비교적 얇은 연부 조직으로 덮여 있어서 초음파를 이용한 진단과 치료가 용이하다. 족관절 및 족부의 초음파를 시행하기 위해서는 족관절 및 족부의 해부학과 생역학에 대한 이해가 필요하며 초음파를 시행하기 전에 충분한 이학적 검사를 통해서 질환에 대한 이해 과정 또한 필수적이다. 그러므로 초음파를 통한 정확한 진단 및 치료를 위해서는 해부학적, 생역학적 지식이 가장 중요하다.

통신저자: 김 학 준
서울특별시 구로구 구로동 80
고려대학교 의과대학 정형외과학교실
Tel: 02-2626-8090, Fax: 02-2626-1164
E-mail: dakjul@korea.ac.kr

* 본 종설은 2009년 제 8차 대한정형외과 초음파학회 학술대회 및 심포지움에서 발표되었습니다.

1. 해부학

족부의 주된 기능이 신체를 지탱하기 위한 구조물로 알려져 있지만, 오래 서 있으면 발이 붓고 피곤하듯이 구조적으로 발은 이에 적합하지는 않다. 오히려, 족부 및 족관절의 주된 기능은 보행 시 지면 반발력(ground reaction force)을 이용하여 근육 수축에 의한 에너지 사용을 최대한으로 줄이기 위해 각 관절들이 조화롭게 움직이는 것이다. 그러므로, 족부 및 족관절은 몸을 지탱하는 정적 기능 과 추진력을 나타내는 동적 기능을 함께 가지고 있으므로 총 28개의 뼈와 각 뼈를 이어 주는 인대 및 기능과 역할을 이해하는 것이 중요하다[5-7].

1) 족부 및 족관절의 골격(Skeleton)

족부는 후족부(hindfoot), 중족부(midfoot) 전족부(forefoot)로 나누어진다(Fig. 1).

(1) 후족부(hindfoot)

후족부는 원위 경골(distal tibia)과 원위 비골(distal fibulae), 거골(talus), 종골(calcaneus)로 이루어지며 근위부로부터 내려오는 체중을 지탱하며 중족부로 전달하는 역할을 한다.

(2) 중족부(midfoot)

중족부는 후족부로부터 전달되는 체중 부하를 분산하여 전족부로 전달하는 역할을 한다. 주상골은 근위부로 거골과, 원위부로 설상골(cuneiform)과 관절면을 이루며 설상골과 이루는 관절면에는 세 개의 조면이 형성되어 있다.

입방골(cuboid)은 종골과 제4, 5 중족골 사이에 존재하는 가장 외측에 위치한 족근골로써 족저면에는 장비골건이 지나는 고랑이 존재한다.

설상골(cuneifrom)은 쐐기 모양의 세개의 뼈로 구성되어, 내측 중간, 외측 설상골로 불리어지며, 내측 설상골은 주상골 및 제1 중족골과 관면을 이루며, 중간 설상골은 주상골 및 제2 중족골 기저부와 관절을 이루며, 외측 설상골은 입방골, 주상골, 제3 중족골과 관절을 형성한다.

(3) 전족부(forefoot)

중족골은 족근골과 족지골을 연결하는 5개의 뼈로써 제1 및 제5 중족골을 제외하고 제2, 3, 4 중족골은 배부(dorsal)가 볼록하며 족저부(plantar)는 오목한 모양을 가지고 있으며 단면은 원위부로 갈수록 가늘어진다. 제1 중족골은 가장 작고 두껍다.

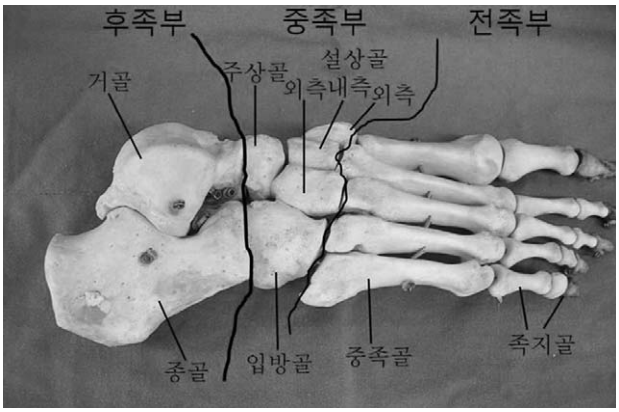


Fig. 1. Photograph of bony structure of foot

무지에는 2개, 다른 족지에는 3개의 족지골(phalange)로 구성된다. 제4, 5 족지에서 간혹 발달 단계에서 원위 족지골의 분화가 이루어지지 않아서 원위 족지 관절이 관찰되지 않아 족지골이 2개 만 보이는 경우가 있으나 이는 정상 소견으로 생각된다.

2) 족부 족관절 주위의 인대 및 건(ligament & tendon)

(1) 족관절의 인대

내측 인대(medial ligament complex)는 삼각인대(deltoid ligament)라고도 불리우며 삼각형 모양의 강력한 인대로써 내과에 전반적으로 부착되어 시작하며 표재 부분(superficial portion)의 전방부는 전하방으로 진행하여 족저 종주상 인대에 부착하고 중간부는 거의 수직방향으로 거골 지지대(sustantaculum tali)로 진행하여 부착하며, 후방부는 거골의 내측과에 부착한다. 심부(deep portion)는 내측 거골의 비관절면에 부착한다.

외측 인대(lateral liagament complex)는 전방의 전 거비 인대, 종비 인대 후방의 후 거비 인대로 구성되어 있으며 전거비 인대와 종비 인대는 약 90도(범위: 70~140도)의 각도로 정열되어 있어 족저굴곡이 진행되면 전거비 인대가, 족배굴곡 위치로 진행되면 종비 인대가 내반에 저항하는 위치가 된다.

족관절 주위에는 지대(retinaculum)가 발달되어 있는데 상 신근 지대(superior extensor retinaculum)는 근위부의 근막이 두꺼워져서 발달된 구조물로 외과의 앞쪽에서 시작하여 경골 내측에 부착하며 신전건의 돌출(bow-string)을 방지하는 역할을 한다. 하 신근 지대(inferior extensor retinaculum)는 Y 자 모양으로 형성되어 신전건 돌출 방지뿐만 아니라 거골하 관절의 안정성에도 기여한다. 비골 지대(peroneal retinaculum)는 비골의 후방에 형성되어 비골건의 돌출을 방지하는 역할을 수행한다.

내측에는 굴건 지대(flexor retinaculum)가 존재하여 순서대로 후 경골건, 장 족지 굴건, 후경골 정동맥, 경골 신경 및 장 족지 굴건은 보호하고 지지해주고 있다.

실제로는 족부 족관절의 관절에 해당하지 않지만 족관절의 상합성을 유지하는데 중요한 구조물인 원위 경비 관절은 원위 경비(syndemotic) 인대라고도 불리며 전방 경비인대, 두껍고 넓은 후방 경비 인대 및 골간 인대로 구성 되어 있다. 족관절의 의 과도한

외회전을 제한하는 구조물이다. 간혹 전방 경비인대의 변이가 발견되는데 이를 Bassett 씨 인대라 부르며, 전방 경비 인대의 가장아래쪽 주조물이 비골의 최하부에 부착함으로써 외측 거골개를 자극하기도 한다[1].

족저 근막은 후족부(종골돌기)에서 전족부(근위지골 기저부)까지 걸쳐서 있는 구조물로써 족부 세로궁(longitudinal arch)의 중요한 수동적 안정자 역할을 하며 두껍고 큰 중앙부(central portion)와 얇은 내측부와 외측부로 나뉜다. 중앙부는 가장 강력하고 두꺼운 조직으로 종골돌기의 내측 돌기에서 기시하여 중족골로 진행하여 중족골두 부위에서 5개의 밴드로 분리되며 중족지 관절부위에서 심부층과 천부층으로 나누어져 천부층은 족저 피부의 횡단골(transverse sulcus)에 부착하며, 심부층은 2개의 작은 분지로 나뉘어 족지의 굴곡건을 감싸며 건막에 부착한다. 외측부는 소족지 외전근의 표층으로 존재하며 종골돌기의 외측에서 기시하여 제5 중족골 기저부에 부착한다. 내측부는 무지 외전근의 표층에 위치하는 얇은 막의 형태로 존재한다.

족부에는 거골, 종골, 주상골 및 입방골 등을 이어주는 인대가 존재한다.

(2) 족부 족관절 주의의 근건

족부의 골 · 관절을 움직이는 근육은 기시부와 부착부 모두 족부골에 있는 내재근과 족부에 부착부만을 가지고 있는 외재근으로 분류된다. 관절의 회전축에 대한 외재근의 배열 상태에 따라 분류하면 족관절의 전방에 위치한 건의 근육을 신전근으로, 후방에 위치한 건의 근육을 굴곡근으로 분류하며 거골하 관절축 내측에 위치한 건의 근육을 내번근, 그 외측에 위치한 건의 근육을 외번근으로 분류할 수 있다[3,4,9,11].

ㄱ. 외재근

족관절의 전방에 위치하며 족배 굴곡을 담당한다. 외측으로부터 장 족지 신건(extensor digitorum longus tendon), 장 무지 신건(extensor hallucis longus tendon), 전 경골건(tibialis anterior tendon)이 존재한다. 굴곡건으로는 내측에 후 경골건(tibialis posterior tendon), 장 족지 굴건(flexor digitorum longus tendon), 장 무지 굴건(flexor hallucis longus tendon)이 존재하며 외측으로는 장 비골건(preoneus longus tendon)과 단 비골건(peroneus brevis tendon)이 존재한다. 족관절의 중앙에는 족관절로 가는 가장 큰 근육인 아킬레스건이 존재한다.

ㄴ. 내재근

족배의 내재근으로 단족지 신건이 존재한다. 족저에 존하는 내재근은 굴곡건으로써 해부학적 순서에 따라 4개의 층으로 나뉘어 분포한다. 제1층의 내재근은 족무지 외전근, 단 족지 굴근 및 소 족지 외전근의 순서대로 존재한다. 제2층에는 족저 방형근(quatratus plantae muscle), 충양근이 존재한다. 제 2층에는 장 족지 굴건 및 장 족무지 굴건이 주상골 하방에서 교차를 하여 지나간다. 제3층에는 족무지 내전근, 단 족무지 굴근, 소 족지 굴근이 포함되어 있다. 제4층에는 7개의 배부 및 족저 골간근이 존재하며, 외재근 중에서 장 비골건 및 후 경골건이 존재한다.

(3) 족부 족관절의 혈관과 신경

족관절 전방에서 전방 종골 동맥의 말단이 장 무지 신건과 장 족지 신건 사이를 주행하며 이름이 족배동맥(dorsalis pedis artery)으로 바뀌게 되어 제1 중족간 으로 진행한후 제1 족배 중족동맥 및 심부 족저동맥으로 분지한다. 족관절 후방의 후경동맥(posterior tibial artery)으로 굴건 지대를 통과한 후 족무지 외전근 깊은 곳에서 외측 족저 동맥과 내측 족저 동맥으로 분지하여 원위부로 진행하며 외측 족저 동맥은 제5 중족골의 기저부에서 내측으로 진행하여 족저 동맥궁을 형성한다.

심부 비골신경(deep peroneal nerve)은 근육 분지, 관절 분지, 외측 말단 분지 및 내측 말단 분지가 있다. 외측 말단 분지는 단 족지신근의 아래로 주행하여 근육 분지를 내어 단족지 신근의 운동을 지배하고 원위부에서 3개의 골간 분지를 내어 제1, 2, 3, 배부 골간근의 운동을 지배한다. 내측 분지는 족배 동맥과 주행을 같이하여 제1 골간 공간에서 족배의 피부의 감각을 담당하는 골간 분지를 낸다.

천부 비골신경(superficial peroneal nerve)은 족관절 상방 약 12 cm에서 비골의 전방으로 진행하여 내측 및 중간 족배 표재 신경으로 바뀌어 족배 외측의 감각을 담당하게 된다[2].

하퇴의 후방에는 족부의 외측 감각 영역을 담당하는 복재 신경(sural nerve)이 있다. 후 경골 신경(posterior tibial nerve) 은 굴곡 지대를 지나며 분지하여 외측 및 내측 족저 신경으로 원위부까지 진

행한다. 내측 족저 신경의 운동 분지는 족무지 외전근, 단 족지 굴근, 단무지 굴근, 제1 충양근을 지배하도, 내측 족저 신경의 운동 분지는 족저 방형근, 단 소족지 굴건, 외측의 3개의 충양근, 골간근, 무지 내전근을 지배한다.

2. 생역학(bimechanics)

족관절(Ankle joint)은 경골의 원위 경골면(tibial plafond), 내과(medial malleolus), 외과(lateral malleolus) 및 거골로 이루어진 관절로 일반적으로 격자(mortise)내에 거골이 자리하여 골성 상합(bony congruency)이 잘 이루어져 있는 부위이다(Fig. 2). 시상면 상에서 굴곡 과 신전 운동이 일어나는 경첩 관절(hinge joint)로 알려져 있으나 적은 범위의 관상면 및 평면상의 운동이 일어난다[5-7, 10].

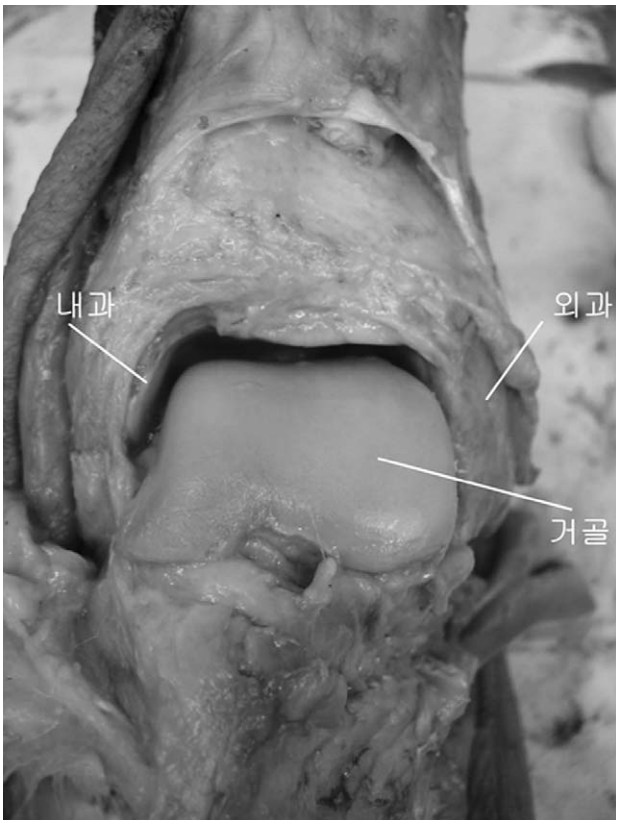


Fig. 2. Photograph of the congruent ankle joint.

거골하 관절은 거골과 종골이 만나서 이루는 관절로 후족부에서 중요한 구조물로써 내번과 외번을 담당하고 있다.

Chopart 관절(횡족근 관절)은 거골과 주상골이 이루는 거주상 관절(talonavicular joint)과 종골과 입방골사이의 종입방관절(calcaneocuboidal joint)을 chopart관절이라 부르며 특유의 모양으로 족부 궁의 안정성에 중요한 역할을 담당하고 있다. 횡족근 관절은 거골하 관절 외번(eversion)시에는 종입방 관절과 거주상 관절의 두 측이 평행한 정열을 이루어 횡족근 관절을 유연하게 만들고 거주상 관절의 내번(inversion)시 이들 두 관절 축의 평행이 사라져서 횡족근 관절을 강직되게 만든다. 이는 보행시 입각기 초반에 충격을 감소하게 하고 입각기 후반에는 단단한 지지대를 만드는 역할을 하게 된다(Table 1)[8,12].

Lisfranc 관절은 제1, 2, 3 중족 설상 관절과 제4, 5 중족 입방 관절이 이루는 관절로써 격자 형태로 튼튼하게 고정된 제2 중족 설상 관절과 중심부에 위치한 제3 중족 입방 관절을 통해서 안정성이 제공되어 내측 족부궁 중요한 구조물이 된다.

전족부의 관절은 족지골간 관절과 중족골과 족지 사이의 중족 족지 관절로 구성되어 있다. 제1 중족 족지 관절은 제1 중족골의 두부(head)와 제1 족지골의 기저부(base)가 형성하는 관절이며 족지골간 관절은 제1 족지골간 관절만이 하나이고, 나머지 4개의 족지에서는 근위 족지골간 관절 및 원위 족지골간 관절 각 2개씩으로 이루어져 있다.

Table 1. Rigidity due to parallelism of talonavicular and calcaneocuboidal joint during ankle and subtalar motion

Joint	Motion	
Ankle joint	Dorsiflexion	Plantarflexion
Subtalar joint	Eversion	Inversion
Rotation of Tibia	Internal rotation	External rotation
Axis of T-N and C-C joint	Parallel	Oblique
Flexibility of foot	Flexible	Rigid

3. 족부 족관절의 진찰

족부 해부학 지식은 족부 진찰의 기본이며, 해부학적 구조와 관계를 충분히 습득하는 것은 물론 체계적이고 순서적으로 진찰이 진행되어야 한다. 진찰실에 들어오는 순간부터 진찰은 시작된다. 걸음걸이의 상태를 확인하고 서 있는 상태에서 발의 형태를 확인한다. 이후 환자가 높은 의자에 앉은 상태에서 발 진찰을 진행한다. 이와 같이 진찰의 순서를 정례화하는 것이 체계적인 족부 진찰에 많은 도움이 된다.

서 있는 상태에서 전체적인 하지의 대칭성 여부, 길이 차이, 발과 발가락의 형태를 확인한다. 특히 서 있는 상태에서 평편족 또는 요족이 있는지 확인한다. 편평족의 경우 후족부 외반, 전족부 외전 및 내측 종아치 소실이 관찰되고 요족의 경우 그 반대 형태가 관찰된다. 뒤에서 하퇴부와 후족의 각도가 중요하다. 편평족의 경우 후족 외반이 관찰되고 요족의 경우 후족 내반이 관찰된다. 서 있는 상태에서 한쪽 발로 선 뒤 발 뒤꿈치를 들게 한다. 그 동작에서 후족부 내반, 종 아치의 증가, 하퇴부 외회전이 정상적인지 확인한다. 발가락의 형태가 정상인지 확인한다. 무지의 외반 여부, 소족지 갈퀴 변형, 관절 구축 여부, 티눈이나 굳은살 등을 확인한다.

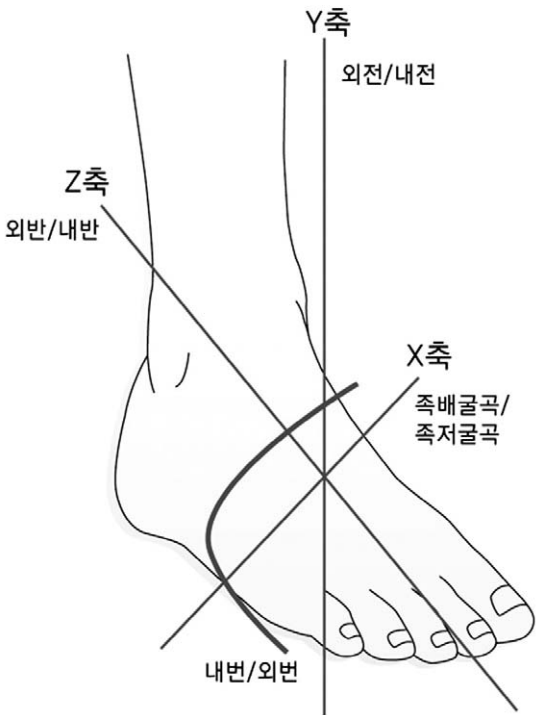


Fig. 3. Illustration of motion axis around ankle and foot

발의 형태는 후족부를 기준으로 전족부의 내반, 중립 위, 외반 여부를 확인한다. 환자의 슬관절이 90도 굴곡된 상태에서 한 손으로 후족부를 중립 위에 놓고 전족부를 관찰한다. 발의 전체적인 상태 확인 시 정맥류, 홍반(erythema), 부종, 굳은살, 궤양, 하퇴부 근위축 여부, 발톱 형태를 관찰한다. 후경골 동맥과 족배 동맥을 촉지한다[4,6,7].

족부 및 족관절의 관절 운동을 확인한다. 관절 운동 확인 시 수동적 관절 운동 범위, 능동적 관절 운동 범위, 관절 운동 시 통증 여부, 관절 운동 시 관절 내 소리 여부를 확인한다. 관절 운동의 진찰은 대개 원위에서 시작한다. 각 족지의 원위 지간 관절, 근위 지간 관절, 중족 족지 관절을 확인한다. 대개 중족 족지 관절의 경우 족배 굴곡은 약 45~90도, 족저 굴곡은 10~40도이다. 거골하 관절 운동 범위를 확인하는 경우는 한 손을 종골의 중심축에 놓고 다른 손으로 전족부를 잡고 전족부와 후족부를 동시에 내반, 외반 운동을 하여 거골하 관절 운동 범위를 확인한다. 일반적으로 내반이 외반의 두 배 정도이다. 족관절 운동 범위는 외측에서 족저 굴곡 및 족배 굴곡을 확인한다. 족관절은 단일 축성(single axis) 관절이나 약간 경사진 형태로 족저 굴곡 및 족배 굴곡 시 발의 좌・우측 움직임도 같이 일어난다(Fig. 3).

통증이 있는 부위를 직접 촉진한다. 또한 어떤 동작에서 통증이 유발되는지 확인한다. 통증이 있는 부위의 정확한 해부학적 위치를 확인하고 주위의 인대, 건, 관절 등도 같이 확인을 한다. 족관절 주위의 근육과 건의 근력을 확인한다[6,7].

족저에서 족저 근막을 확인한다. 이때는 족지를 족배 굴곡하면 족저 내측으로 튀어나오는 줄과 같은 족저 근막을 확인할 수 있다. 그리고 통증이 있는 부위를 촉진하고 그 주위에 종물이나 부종 여부도 같이 확인한다.

마지막으로 신경 검사를 시행한다. 신경학적 증상이 있는 경우 작열감, 감각 저하, 발열, 통증 등 다양하게 나타난다. 이러한 증상이 전족부에 전체적으로 나타나는 경우 Semmes-Weinstein monofilament로 감각 저하 여부를 측정한다.

결 론

족부 및 족관절의 초음파의 이용은 매우 유요한 술식이다. 그러나 족부 및 족관절의 해부학적,생역

학적 지식이 바탕이 되어야 정확한 진단과 치료를 할 수 있다. 정확한 이학적 검사와 해부학적 부위에 초음파를 시행함으로써 초음파의 장점을 극대화할 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. **Banks A, Downe M, Martin D and Miller S**: *McGlamry's comprehensive textbook of foot and ankle surgery, Philadelphia, PA Lippincott williams & wilkins: pp 799-861, 2001.*
2. **Blair JM and Botte MJ**: *Surgical anatomy of the superficial peroneal nerve in the ankle and foot. Clin Orthop Relat Res: 229-238, 1994.*
3. **Choplin RH, Buckwalter KA, Rydberg J and Farber JM**: *CT with 3D rendering of the tendons of the foot and ankle: technique, normal anatomy, and disease. Radiographics, 24: 343-356, 2004.*
4. **Coughlin M, Mann R and Saltzman C**: *Surgery of the Foot and Ankle Philadelphia, PA, Mosby Elsevier: pp 45-70, 2007.*
5. **The Korean Orthopaedic Association**: *Orthopaedics, Seoul, Korea, Choishin Medical Publishing Co.: pp 733-741, 2006.*
6. **Lee KT**: *Foot and Ankle Surgery, Seoul,Korea, Koonja Publishing Co.: pp 3-25, 2004.*
7. **Lee WC**: *Foot and Ankle, Seoul, Korea, Kyohak Publishing Co., 2004.*
8. **Morvan G**: *[Radio-anatomy markers and applications of current imaging of the ankle and back of the foot]. J Radiol, 80: 652-657, 1999.*
9. **Riegger CL**: *Anatomy of the ankle and foot. Phys Ther, 68: 1802-1814, 1988.*
10. **Scott SH and Winter DA**: *Biomechanical model of the human foot: kinematics and kinetics during the stance phase of walking. J Biomech, 26: 1091-1104, 1993.*
11. **Standring S**: *Gray's Anatomy: The anatomical basis of clinical practice, philadelphia, PA, Elsevier,curchill livingstone: pp 1507-1545, 2005.*
12. **van den Bogert AJ, Smith GD and Nigg BM**: *In vivo determination of the anatomical axes of the ankle joint complex: an optimization approach. J Biomech, 27: 1477-1488, 1994.*

국문초록

정형외과 영역에서 초음파를 이용한 진단과 치료가 광범위하게 사용되고 있다. 특히 족부 및 족관절에서의 초음파를 이용한 진단 족부 및 족관절의 해부학적 특성상 매우 유리한 것으로 알려져 있다. 족부 및 족관절에 발생하는 다양한 질환의 원인과 치료를 시행하기 위해서는 족부 및 족관절의 해부학적, 생역학적 특징을 잘 이해하여야 한다. 족부 및 족관절은 총 28개의 뼈와 많은 수의 인대, 건으로 이루어져 있으며 이들간의 유기적인 결합을 통해 신체를 지탱하는 정적 기능과 걷는 동적 기능을 동시에 수행할 수 있는 복잡한 구조 물이다. 그리고 작은 공간에 여러 구조물이 밀집되어 있어서 질환이 있는 부위의 정확한 이학적 검사가 요구된다. 그러므로 해부학적, 생역학적 지식을 바탕으로 이학적 검사를 체계적으로 시행함으로써 초음파를 이용한 진단 및 치료에 정확성을 기할 수 있다.

색인 단어: 족부, 족관절, 해부학, 생역학, 신체검사