

발목 주변 해부학적 구조에 대한 초음파를 이용한 접근

조재호¹, 민태홍², 천동일²

¹한림대학교 의과대학 춘천성심병원 정형외과학교실

²순천향대학교 의과대학 순천향대학교 부속 서울병원 정형외과학교실

Ultrasound Approach to Anatomical Structures around the Ankle

Jaeho Cho¹, Tae-Hong Min², Dong-II Chun²

¹Department of Orthopedic Surgery, Chuncheon Sacred Heart Hospital, Hallym University of Medicine

²Department of Orthopedic Surgery, Soonchunhyang University Seoul Hospital, Soonchunhyang University of Medicine

Abstract : Ultrasound is used as a useful diagnostic tool in the examination of the musculoskeletal system. Ultrasound provides a real-time image without ionizing radiation and is a noninvasive examination method. In addition, ultrasound is in the spotlight because the provision of dynamic imaging of small structures and the evaluation of ligaments, muscles and tendons, superficial tumors and peripheral nerves. Especially, due to the anatomical characteristics around the ankle, where important anatomical structures are exposed just under the skin, ultrasound is recognized as more important test with diagnostic significance in the field of foot and ankle than in other fields of orthopedics. This review aims to help the understanding of the anatomical structures around the ankle through an ultrasound approach. In addition, if normal and pathological findings of anatomic structures can be distinguished through this review, readers will be able to better understand the pathophysiology of anatomic structures.

Keywords : Ultrasound, Ankle, Anatomy, Orthopedic, Diagnosis, Education

서 론

초음파(ultrasound)는 근육뼈대계통(musculoskeletal

이 논문은 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(No. 2021R1F1A1048564 and No. 2021R111A3056284)

저자(들)는 '의학논문 출판윤리 가이드라인'을 준수합니다.

저자(들)는 이 연구와 관련하여 이해관계가 없음을 밝힙니다.

Received: September 10, 2021; **Revised:** October 18, 2021;

Accepted: November 1, 2021

Correspondence to: 천동일 (순천향대학교 의과대학 순천향대학교 부속 서울병원 정형외과학교실)

E-mail: orthochun@gmail.com

system)의 검사에서 유용한 진단 도구로 사용되고 있다. 초음파는 이온화 방사선(ionizing radiation) 없이 실시간 영상을 제공하며 비침습적(noninvasive)인 검사 방법이다. 또한, 작은 구조물의 동적 영상(dynamic imaging)을 제공할 수 있고 인대(ligament), 근육(muscle) 및 힘줄(tendon), 얇은 종양(superficial tumors) 및 말초 신경(peripheral nerves)의 평가가 가능해 각광을 받고있다[1]. 특히, 피부 바로 밑에 중요한 해부학적 구조물들이 그대로 노출되어 있는 발목 주변의 해부학적인 특성으로 인해 다른 정형외과의 분야보다 발과 발목(foot and ankle) 분야에서 진단적

의의가 있는 검사법으로 인정되고 있다. 본 종설을 통해 초음파적 접근을 통하여 발목 주변 해부학적 구조물의 위치 관계를 파악하고 그 정상 및 비정상 소견을 감별할 수 있는 능력을 키우는 데 도움을 주고자 한다.

본 론

다리(lower extremity)는 앞쪽, 가쪽, 뒤쪽 총 3개의 구획(compartment)으로 구분할 수 있다. 먼저 정강뼈(tibia)와 종아리뼈(fibula), 이 뼈들을 연결하는 튼튼한 뼈사이막(interosseous membrane)과 종아리뼈뒤쪽다리근육사이막(fibula posterior crural intermuscular septum)에 의해 뒷쪽 다리 구획과 앞가쪽 다리 구획이 나누어진다. 이후에 앞가쪽 다리구획은 앞쪽다리근육사이막(anterior crural intermuscular septum)에 의해 앞다리 구획(anterior crural compartment)과 가쪽다리 구획(lateral crural compartment)으로 나누어진다[2,3].

1. 앞쪽 다리(Anterior Leg)

다리의 앞가쪽 구획은 정강뼈의 앞쪽 모서리와 종아리뼈의 가쪽 면 사이에 위치해 있다. 다리의 앞쪽 근육들은 좀 더 안쪽에 위치한다. 안쪽에서 가쪽으로 순서대로 앞정강근(tibialis anterior muscle), 긴엄지편근(extensor hallucis longus muscle) 그리고 긴발가락편근(extensor digitorum longus muscle)이 위치한다[4].

긴엄지편근은 앞가쪽 구획에서 앞정강근과 긴발가락편근보다 깊게 위치하며, 긴발가락편근은 긴 힘줄(tendon)로 이어지고, 긴엄지편근 가쪽으로 주행하여 4개의 분명한 힘줄로 나누어져 각각의 발가락에 닿는다. 긴발가락편근과 긴엄지편근은 가로단면(transverse plane) 영상에서 초음파의 더듬자(probe)를 좀 더 가쪽으로 이동하여 식별할 수 있다. 종종 이 근육들의 힘살(belly)은 서로 구별하기 어렵기 때문에 엄지발가락 또는 나머지 발가락들의 굽힘-펴기(flexion-extension) 운동을 하면서 근육층에 대한 역동스캔(dynamic scan)을 하는 것이 이들 근육들의 힘살들을 구별하는 데 도움이 될 수 있다.

2. 가쪽 다리(Lateral leg)

다리의 가쪽 근육들은 긴종아리근(peroneus longus muscle)과 짧은종아리근(peroneus brevis muscle)으로 구성되어 있다[5].

이 근육들은 앞쪽다리근육사이막(anterior crural in-

termuscular septum)에 의해 앞쪽 다리 근육(anterior leg muscle)들과 분리되어 있다[2]. 짧은종아리근은 긴종아리근보다 더 먼쪽부분(distal part)까지 내려가 납작한 힘줄로 이어져 긴종아리힘줄(peroneus longus tendon)의 앞안쪽에 위치하게 된다. 초음파 가로단면 영상을 다리의 위쪽 1/3에서 얻게 되면 긴종아리근의 몸쪽부분이 보인다. 여기서 긴종아리근은 종아리뼈의 가쪽 면에 놓여져 있다(Fig. 1)[5].

좀 더 아래쪽에서 얻은 영상에서는 긴종아리근의 바깥쪽 부분에 위치한 이 근육의 납작한 힘줄을 보여준다. 더 아래쪽에서 긴종아리힘줄은 타원형으로 되어 짧은종아리힘줄의 가쪽면으로 주행한다. 긴종아리근과 짧은종아리근을 구별하는 좋은 방법은 아래쪽인 발목 가쪽에서부터 초음파 검사를 시작하는 것이다. 발목의 가쪽에서 두 개의 힘줄을 각각 확인하고 탐촉자(transducer)를 위로 이동하면 각 근육의 힘살들을 확인할 수 있다[6-8].

3. 뒤쪽 다리(Posterior Leg)

근육들의 위치에 기초하여 가로다리근육사이막(transverse crural intermuscular septum)에 의해 얇은층(superficial layer)과 깊은층(deep layer)으로 나눈다. 가로다리근육사이막은 다리의 깊은가로근막(deep transverse fascia)이라고도 부른다. 안쪽에서 가쪽으로 깊은 근육들은 긴발가락굽힘근(flexor digitorum longus muscle), 뒤정강근(tibialis posterior muscle), 긴엄지굽힘근(flexor hallucis longus muscle) 순서로 배열되어 있다[3].

이 근육들보다 얇은층에서는 다리에서 가장 크고 강력한 종아리세갈래근(triceps surae muscle)이 존재하며 이는 가자미근(soleus muscle)과 장딴지근(gastrocnemius muscle)으로 구성되어 있다. 가자미근은 넓고 평평한 근육으로 장딴지근의 양측 가쪽으로 돌출되어 있고 장딴지근보다 깊게 위치하며 장딴지근보다 더 먼쪽까지 놓여 있다[5].

가자미근은 넓은 이눈곳(origin)을 가지고 있는데 정강뼈 안쪽 면의 중간 1/3, 종아리뼈 몸통의 뒤쪽의 위쪽 1/3, 정강뼈와 종아리뼈의 이눈곳을 연결하는 강력한 섬유성연속활(fibrous arcade)에서 기시한다. 가자미근의 근섬유는 앞쪽에서 뒤쪽으로 비스듬히 기시하여 내려가다가 넓은 널힘줄(aponeurosis)의 앞쪽으로 부착한다. 가자미근의 앞쪽과 뒷쪽으로 장딴지근은 안쪽과 가쪽에 두 개의 머리(head)로 구성되는데, 이 두 개의 머리는 중앙에서 함께 만난다. 각각의 머리에서 몸쪽부분의 힘줄은 평평한 얇은 널힘줄(superficial aponeurosis)을 형성한다. 이 널힘줄의 앞쪽에서 근육이 기시하며 아래쪽에서는 깊은 널힘줄(deep



Fig. 1. An ultrasonographic transverse view image of lateral surface of leg shows peroneus longus tendon is larger than the peroneus brevis tendon and its lying beneath fibular.

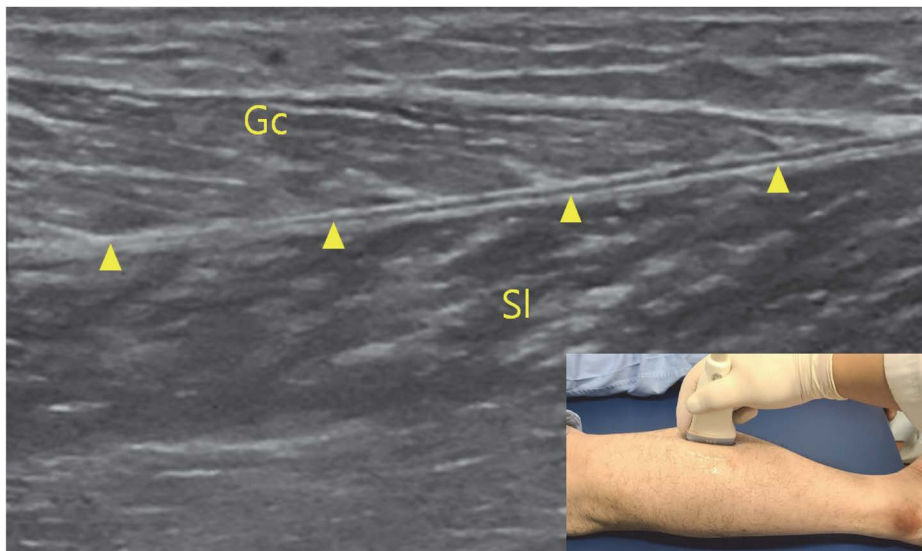


Fig. 2. An ultrasonographic image of calf shows aponeurosis (arrow head) between soleus (SI) and gastrocnemius (Gc).

aponeurosis)의 뒷면으로 삽입된다(Fig. 2) [5].

장딴지근의 깊은 부위에 위치한 가자미근의 널힘줄과 장딴지근의 안쪽, 바깥 머리(head)의 먼쪽널힘줄(distal aponeurosis)이 합쳐져서 발꿈치힘줄(calcaneal tendon)을 형성한다. 발꿈치힘줄은 발꿈치뼈(calcaneus)의 위쪽으로 10~15 cm 정도에서 형성된다. 발꿈치힘줄은 짧은 축(short axis)과 긴 축(long axis)의 스캔을 사용하여 근힘줄이음(myotendinous junction)에서부터 발꿈치뼈의 닿는곳

(insertion)까지 검사해야 한다(Fig. 3) [5].

대개 발꿈치힘줄은 키 큰 사람, 남자, 노인에서 더 두꺼운 편이다[9]. 더욱이 힘줄의 크기와 신체질량(body mass) 사이에 약간의 상호관계가 있다. 긴 축 스캔에서 정상적인 발꿈치힘줄의 앞쪽과 뒤쪽의 경계는 가자미근의 닿는 곳 아래에서 수평하게 위치한다. 때때로 장딴지근의 가쪽 및 안쪽 머리와 가자미근의 수렴 현상(convergent contribution)이 몸쪽(proximal)에서 각각의 힘줄주위 난자막

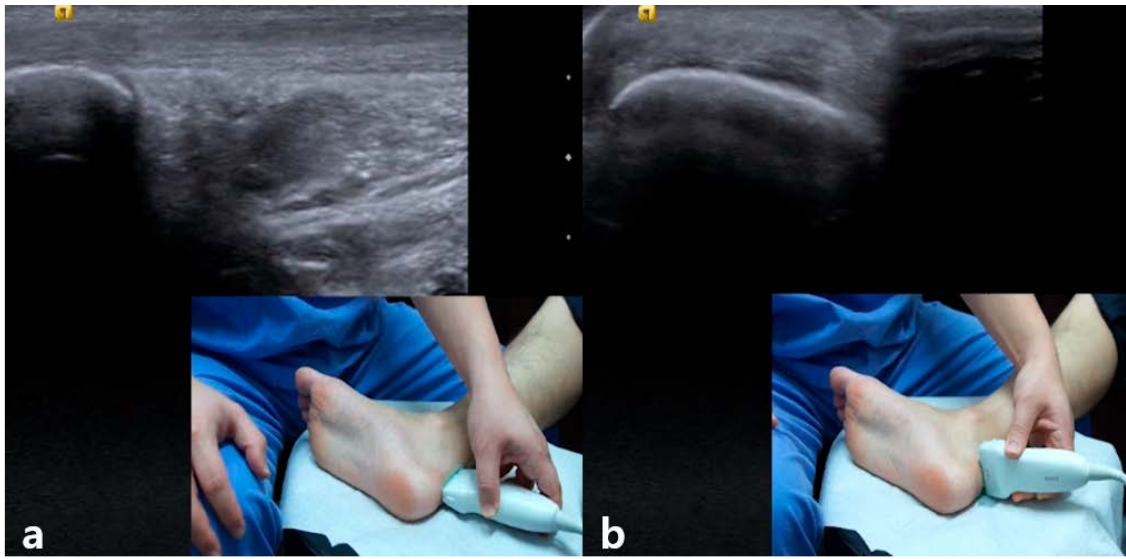


Fig. 3. Ultrasonographic image shows (a) longitudinal view image and (b) transverse view image of achilles tendon (arrowhead) above calcaneus(Cal).

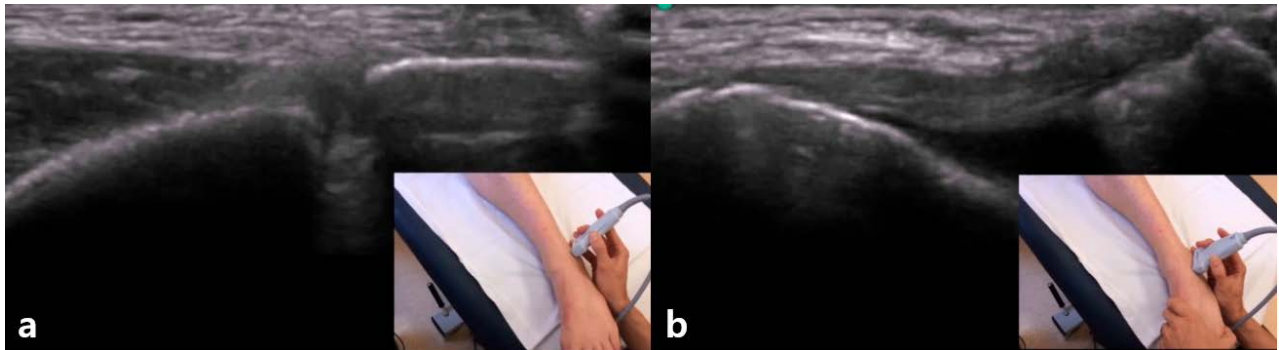


Fig. 4. Ultrasonographic image shows (a) anterior tibiofibular ligament (arrowhead) and (b) anterior talofibular ligament (arrow). (Tibia; Ti, Fibula; Fi, Talus; Ta).

(peritendinous envelopes)의 결합(union) 때문에 중앙의 두꺼워진 초음파 소견(central thickened echo)으로 보인다 [10]. 짧은 축 스캔이 힘줄의 말초 부분(peripheral portion)을 잘 설명하는데, 이는 긴 축 스캔으로 설명하기 힘든 곳이다. 검사받는 자의 성별과 체형에 따라 다르겠지만, 발꿈치 힘줄의 정상 평균 두께는 5~6 mm이다 [11]. 짧은 축 스캔에서 초음파적인 측정을 해야 하는데, 힘줄에 대해 비스듬한(oblique) 면이나 긴 축 면으로 측정 시 힘줄의 두께가 과잉측정되는 경향이 있기 때문이다 [12]. 뒤꿈치뼈에 대한 발꿈치 힘줄의 닿는 곳의 길이는 약 1 cm이다. 이 부위에서, 힘줄 섬유를 힘줄의 병변으로 오인할 수 있는 인공적인 저에코(hypoechoic) 모양을 일으키는 비스듬한 양상을 나타낼 수 있다. 따라서, 초음파 방출(beam)의 입사 각 변

화 때문에 대체로 이곳을 정확하게 평가하여야 한다.

4. 뒀안쪽 신경혈관다발(Posteromedial neurovascular bundle)

뒤정강동맥(Posterior tibial artery)은 오금동맥(popliteal artery)이 그대로 이어진 것으로 오금근(popliteus muscle)의 면쪽부분 경계의 너머에서 시작된다. 주행 중에 정강신경(tibial nerve)과 두 개 또는 그 이상의 뒤정강정맥(posterior tibial vein)과 함께 주행한다. 뒀안쪽 신경혈관다발(Posterior neurovascular bundle)은 가자미근의 힘줄활(tendinous arch)의 깊은 곳으로 진행하며 종아리동맥(peroneal artery)을 낸 후 뒤정강근(tibialis posterior muscle)

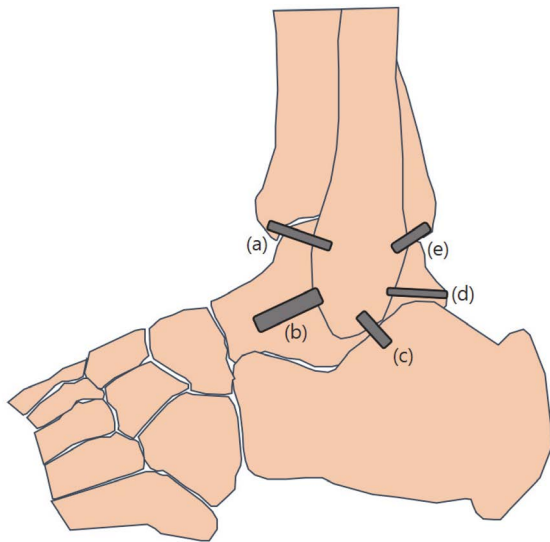


Fig. 5. Schematic illustration of ligament complex in lateral ankle joint area. (a) anterior tibiofibular ligament, (b) anterior talofibular ligament, (c) calcaneofibular ligament, (d) posterior tibiofibular ligament, (e) posterior talofibular ligament.

의 얇은층으로 주행하여 발목굴(tarsal tunnel)에 도달한다 [13,14].

5. 발목 관절(Ankle joint)

발목(ankle)은 신체에서 가장 자주 손상 받는 주요 관절이다. 단순방사선촬영(simple radiography)이 많은 발목 질환을 진단하고 평가하는데 여전히 결정적이긴 하지만 힘줄, 관절, 인대, 신경과 다른 물렁조직(soft tissue)의 구조물 이상을 평가하는 데 초음파의 중요성이 증가하고 있다. 발목 관절에는 검사해야 할 많은 해부학적 구조물이 있기 때문에, 검사의 효율을 증가시키고 시간을 아끼기 위해 초음파 검사는 임상 소견들에 의해 초점을 맞추어 시도되어야 한다[15-17]. 발목 관절의 초음파 검사는 3개의 주요한 관절인 먼쪽 정강종아리 관절(distal tibiofibular joint, syndesmotc joint), 발목 다리 관절(talocrural joint) 그리고 목말밑 관절(subtalar joint)로 구분하여 시행된다[18].

1) 먼쪽 정강종아리 관절(distal tibiofibular joint, syndesmotc joint)

먼쪽 정강종아리 관절은 발목 관절의 윤활막(synovium)이 위로 3~5 mm 연장되어 형성되는데, 이는 일반적으로 정강종아리관절 오목(syndesmotc recess)이라 불려진다 [4]. 이 관절은 정강뼈의 종아리패임(fibular notch)과 안쪽의 먼쪽 종아리뼈를 연결하는 뼈사이막(interosseous

membrane), 뼈사이인대(interosseous ligament) 비후로 강화되어 있다. 3개의 부가적인 인대인, 앞, 뒤 정강종아리인대(anterior and posterior tibiofibular ligament), 가로인대(transverse ligament)가 발목 인대의 바로 몸쪽에서 이 관절을 지지한다[19]. 앞정강종아리인대(Anterior tibiofibular ligament)는 뼈사이인대(interosseous ligament) 앞에 놓여 있는 딱딱하고 편평한 띠(band)로 뼈사이인대와 부분적으로 섞여 있다. 이 인대의 주행은 정강뼈의 종아리패임의 앞측 경계에서부터 먼쪽 종아리뼈 몸통과 가쪽복사(lateral malleolus)의 앞측 경계까지 경사를 이루며 아래쪽 그리고 가쪽으로 주행한다(Fig. 4a). 뒤정강종아리인대(posterior tibiofibular ligament)는 앞정강종아리인대보다 더 튼튼하다. 이 인대의 주행은 먼쪽 정강뼈의 뒷면에서부터 가쪽복사의 뒷면의 삼입되는 곳까지 가로로 주행한다[20]. 아래의 깊은 섬유(fiber)는 가로인대(transverse ligament)를 형성하는데, 이는 목말뼈(talus)의 뒤결절(posterior tubercle)에서부터 정강뼈 관절면(articular surface)의 뒷면을 통해 안쪽복사(medial malleolus) 바로 가쪽까지 연장되는 두터운 띠(band)처럼 보인다. 가로인대는 뒤가쪽 목말뼈의 관절 연골(articular cartilage)과 접해 있으며 이는 관절경으로 평가할 수 있다[21].

2) 가쪽 곁인대 복합체(lateral collateral ligament complex)

발목 관절의 가쪽 곁인대 복합체는 3개의 확인한 인대에 의해 형성된다. 앞목말종아리인대(anterior talofibular ligament), 발꿈치종아리인대(calcaneofibular ligament), 뒤목말종아리인대(posterior talofibular ligament)이다[4]. 앞목말종아리인대는 가쪽복사의 앞모서리(anterior border)와 목말뼈 목(talar neck)의 가쪽면을 연결한다(Fig. 4b). 이 인대의 주행을 따라 발목 관절의 주머니(capsule)와 연결되는데, 발목 관절 가쪽인대 3개 중에서 가장 약한 구조물로 가장 흔히 손상을 받는다[22]. 발꿈치종아리인대는 3개의 인대 중에서 가장 길며 강한 끈(cord)의 형태의 구조물로 수직으로 비스듬(vertical oblique)한 진행 방향을 취하며, 가쪽복사에서 발꿈치뼈의 가쪽면까지 연장되어 종아리힘줄(peroneal tendon)의 바로 깊은층에 위치한다. 뒤목말종아리인대는 가쪽 곁인대 복합체 중에서 가장 강하며, 가장 깊게 위치한다. 관절주머니속인대(intracapsular ligament)이지만 윤활막외(extrasynovial) 구조물이며, 가쪽복사 뒤쪽과 목말뼈 뒤돌기의 뒤결절(lateral tubercle of the posterior process) 사이로 깊게 주행하며, 평행한 진행방향을 취한다(Fig. 5) [19].

3) 안쪽 결인대 복합체(medial collateral ligamentous complex)

발목 관절의 안쪽 결인대 복합체는 세모인대(deltoid ligament)에 의해 형성된다. 세모인대는 가쪽인대 더 강하고 광범위한 띠(band)를 형성한다[17]. 세모인대의 섬유(fiber)는 얇은 층과 깊은 층으로 이루어져 있고, 전자가 후자를 중첩(overlapping)하는 형태를 보인다. 섬유의 방향에 따라 3개의 부분으로 구분할 수 있다. 앞쪽 부위는 정강발배인대(tibionavicular ligament)가 발배뼈결절(navicular tuberosity)에 닿게 되고, 중간 부위는 정강발꿈치인대(tibioalcalneal ligament)가 목말받침돌기(sustentaculum tali)에 닿으며, 뒤쪽 부위는 정강목말인대(tibiotalar ligament)는 목말뼈의 안쪽에 위치한 목말뼈결절에 닿게 된다.

결 론

발목 주변의 해부학적 구조물들은 피부 바로 밑에 그대로 노출되어 있는 특성을 보이므로 대부분의 해부학적 구조물들을 초음파를 통해 확인하고 구분할 수 있다. 따라서, 초음파로 접근하여 얻어진 영상에서 해부학적 구조물의 정상 및 병적 소견을 구분할 수 있는 능력이 중요하며 특히 뒤쪽 다리의 발꿈치 힘줄의 소견 및 발목 관절의 인대 복합체의 소견 등은 해부학적 구조물의 복합적인 이해에 상당한 도움을 줄 수 있다고 사료된다.

REFERENCES

- Nwawka OK. Update in musculoskeletal ultrasound research. *Sports Health*. 2016;8:429-37.
- Brant WE. Ultrasonography of Muscles and Tendons. Examination Technique and Atlas of Normal Anatomy of the Extremities. *JBJS*. 1989;71:1118.
- Mostafa E, Graefe S, Varacallo M. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Leg Posterior Compartment. *StatPearls*. 2021.
- Bianchi S, Martinoli C, Gaignot C, De Gautard R, Meyer J-M. Ultrasound of the ankle: anatomy of the tendons, bursae, and ligaments. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2005; 9:243-59.
- Bianchi S, Martinoli C. Ultrasound of the musculoskeletal system. Springer Science & Business Media. 2007;773-834.
- Burns P, Lee T, Vidt L. Introduction to ultrasonography of ankle tendons. *Clin Podiatr Med Surg*. 2002;19:441-56.
- Cheung Y, Rosenberg ZS, Magee T, Chinitz L. Normal anatomy and pathologic conditions of ankle tendons: current imaging techniques. *Radiographics*. 1992;12:429-44.
- Bianchi S, Delmi M, Molini L. Ultrasound of peroneal tendons. *Semin Musculoskelet Radiol*. Thieme Medical Publishers. 2010;14:292-306.
- Koivunen-Niemelä T, Parkkola K. Anatomy of the Achilles tendon (tendo calcaneus) with respect to tendon thickness measurements. *Surg Radiol Anat*. 1995;17:263-8.
- Bertolotto M, Perrone R, Martinoli C, Rollandi G, Patetta R, Derchi L. High resolution ultrasound anatomy of normal Achilles tendon. *Br J Radiol*. 1995;68:986-91.
- van Holsbeeck M, Introcaso J. Sonography of tendons. In: Van Holsbeeck M, Introcaso J, editors. *Musculoskeletal Ultrasound*. Philadelphia; Jaypee; 1991. pp. 77-131.
- Fornage BD. Achilles tendon: US Examination. *Radiology*. 1986;159:759-64.
- Alshami AM, Cairns CW, Wylie BK, Souvlis T, Coppieters MW. Reliability and size of the measurement error when determining the cross-sectional area of the tibial nerve at the tarsal tunnel with ultrasonography. *Ultrasound Med Biol*. 2009;35:1098-102.
- Nagaoka M, Matsuzaki H. Ultrasonography in tarsal tunnel syndrome. *J Ultrasound Med*. 2005;24:1035-40.
- Park JW, Lee SJ, Choo HJ, Kim SK, Gwak HC, Lee SM. Ultrasonography of the ankle joint. *Ultrasonography*. 2017; 36:321.
- Medhat RM, El-Shazly EM, Ahmed AGM. Role of ultrasonography in assessment of tendons around ankle joint. *Benha Med J*. 2016;33:49.
- Thermann H, Hoffmann R, Zwipp H, Tscherne H. The use of ultrasonography in the foot and ankle. *Foot Ankle*. 1992;13:386-90.
- Friedrich JM, Schnarkowski P, Rübenacker S, Wallner B. Ultrasonography of capsular morphology in normal and traumatic ankle joints. *J Clin Ultrasound*. 1993;21:179-87.
- Brasseur J, Luzzati A, Lazennec J, Guerin-Surville H, Roger B, Grenier P. Ultrasono-anatomy of the ankle ligaments. *Surg Radiol Anat*. 1994;16:87-91.
- Peetrons PA, Silvestre A, Cohen M, Creteur V. Ultrasonography of ankle ligaments. *Can Assoc Radiol J*. 2002;53:6.
- Takao M, Ochi M, Oae K, Naito K, Uchio Y. Diagnosis of a tear of the tibiofibular syndesmosis: the role of arthroscopy of the ankle. *J Bone Joint Surg Br*. 2003;85:324-9.
- Kumai T, Takakura Y, Rufai A, Milz S, Benjamin M. The functional anatomy of the human anterior talofibular ligament in relation to ankle sprains. *J Anat*. 2002;200:457-65.

간추림 : 초음파는 근육뼈대계통의 검사에서 유용한 진단 도구로 사용되고 있다. 초음파는 이온화 방사선 없이 실시간 영상을 제공하며 비침습적인 검사 방법이다. 또한, 작은 구조의 동적 영상의 제공과 인대, 근육 및 힘줄, 얇은 종양 및 말초 신경의 평가로 인해 각광을 받는 것이 사실이다. 특히, 피부 바로 밑에 중요한 해부학적 구조물들이 그대로 노출되어 있는 발목 주변의 해부학적인 특성으로 인해 다른 정형외과의 분야보다 발과 발목 분야에서 진단적 의의가 있는 검사법으로 인정되고 있다. 본 종설을 통해 초음파적 접근을 통한 발목 주변의 해부학적 구조물의 이해에 도움을 주고자 한다. 더 나아가서 초음파로 접근하여 얻어진 영상에서 해부학적 구조물의 정상 및 병적 소견을 구분할 수 있다면 초음파는 해부학 교육에 있어 좋은 방법이 될 것으로 판단된다.

찾아보기 낱말 : 초음파, 발목, 해부학, 정형외과, 진단