

Introduction to Musculoskeletal Ultrasonography

근골격 조직의 초음파 소견

정웅교[✉] • 이순혁

고려대학교 의과대학 정형외과학교실

Ultrasonographic Findings of Musculoskeletal Tissues

Woong-Kyo Jeong, M.D., Ph.D.[✉], and Soon-Hyuck Lee, M.D., Ph.D.

Department of Orthopedic Surgery, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea

In order to accurately diagnose lesions of musculoskeletal tissue, evaluation not only of the abnormality of the bone, but the condition of soft tissue is important. Magnetic resonance imaging has been widely used in evaluation of the state of soft tissue, however, it has the disadvantage that testing is expensive and real-time scanning is not possible. In recent years, ultrasonography has been used for evaluation of musculoskeletal tissue and its usefulness has shown a gradual increase. The ultrasound image is determined by the tissue specific acoustic impedance and other factors. Highly reflective tissues such as bone, calcification, ligament, and tendon are expressed as hyperechoic images, and less reflective tissues such as muscle and nerve are expressed as hypoechoic images.

Key words: musculoskeletal system, ultrasonography

서 론

최근 환자의 진료 시 초음파를 사용하는 정형외과 의사가 점점 늘고 있고 이제는 초음파가 근골격계 질환의 진단 및 치료에 유용한 도구로서 자리매김하고 있다. 하지만, 단순 방사선 사진, 전산화 단층촬영(computed tomography), 자기공명영상(magnetic resonance imaging) 등을 주로 접해온 정형외과 의사에게 초음파 영상은 생소한 영상이며 이 때문에 초음파 검사를 처음 시작하기를 주저하곤 한다. 하지만 근골격계 조직의 해부학, 조직학적 구조에 정통한 정형외과 의사들은 초음파 영상의 원리 및 기본적인 영상을 익히기만 하면 보다 빠른 시간에 초음파를 익숙하게 이용할 수 있을 것이다.¹⁾

따라서 본문에서는 다양한 근골격 조직의 정상 초음파 소견과 검사방법, 대표적인 병적 초음파 소견에 대하여 논의하고자 한다.

본 론

1. 골격근

근육 조직의 기본적인 단위는 근섬유라고 불리는 하나 하나의 근육세포이며 이들이 평행하게 배열되어 근육을 형성한다. 근섬유 하나 하나는 모세혈관과 신경이 망을 형성하고 있는 근내막(endomysium)으로 둘러싸여 있다. 이런 여러 개의 근섬유가 모여 근육속(muscle bundle)을 이루며 이는 결체조직, 혈관, 신경, 지방조직으로 구성되어 있는 근 주막(perimysium)으로 둘러싸여 있다. 또한 하나의 근육은 이런 다수의 근육이 모여 구성되며 강한 결체조직인 근외막(epimysium)으로 싸여 있다. 사지의 골격근은 작용하는 기능에 따라 근섬유가 다양하게 배열되게 발달하였고 흔히 관찰되는 배열은 방추상(fusiform) 배열, 깃털(pennate form) 배열, 방사상(radial) 배열 등이 있다. 이런 조직학적 특징 때문에 근섬유는 초음파 검사에서 저에코 영상으로 나타나며, 근 주막의 섬유 지방 중격은 근섬유를 구분하는 고에코의 선으로 구현된다.

근육을 초음파로 검사하기 위해서 먼저 고려해야 할 것이 적절한 변환기(transducer)와 초음파진동수의 선택이다. 예를 들어 수부의 근육과 같이 피부에서 얇게 위치하는 근육을 검사하기 위해

Received August 9, 2013 Revised September 9, 2013

[✉]Accepted September 13, 2013

Correspondence to: Woong-Kyo Jeong, M.D., Ph.D.

Department of Orthopedic Surgery, Korea University Anam Hospital, 73 Incheon-ro, Seongbuk-gu, Seoul 136-705, Korea

TEL: +82-2-920-5924 FAX: +82-2-924-2471 E-mail: drshoulder@korea.ac.kr

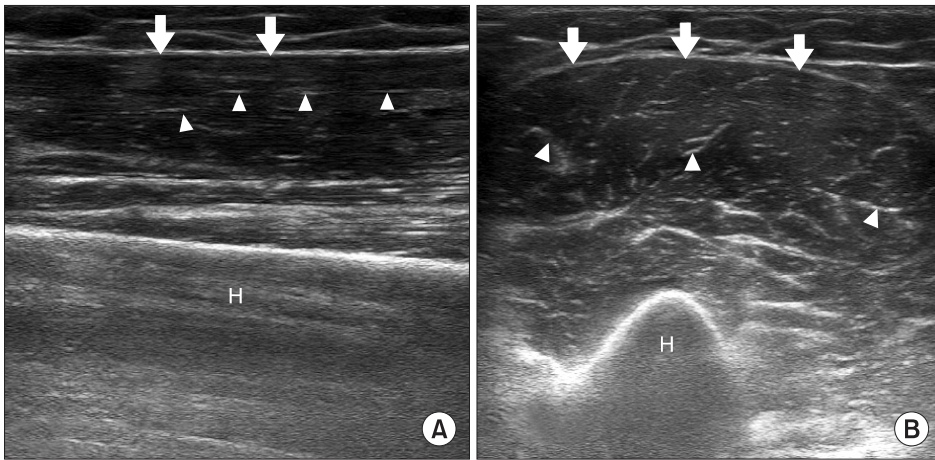


Figure 1. Ultrasonography (US) findings of normal skeletal muscle. Long axis (A) and short axis (B) US image of the biceps brachii muscle shows innumerable hyperechoic lines (arrowheads) consistent with perimysium. The epimysium (arrows) demarcates the outer boundaries of the muscle. H, humerus.

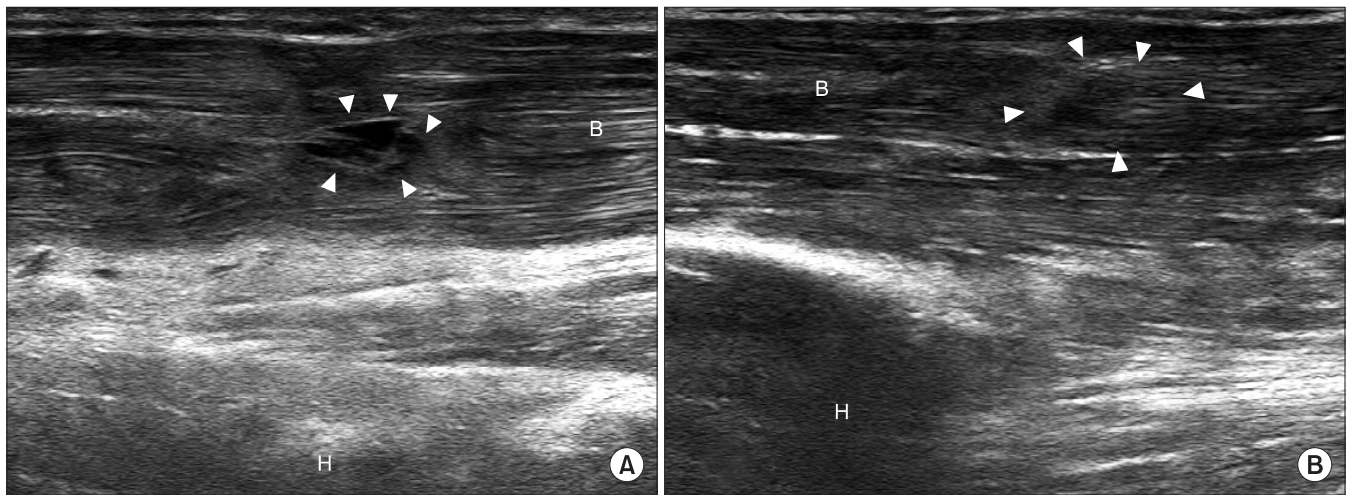


Figure 2. Ultrasonography (US) findings of muscle contusion. (A) Long axis US image of the biceps brachii muscle shows a focal hypoechoic defect (arrowheads) within the muscle. (B) Six weeks after injury, resorption of hematoma and regeneration of muscle bundle is observed (arrowheads). B, biceps brachii muscle; H, humerus.

서는 작고 7-15 MHz의 고주파를 발생하는 변환기가 필요하고 대퇴부, 둔부의 근육과 같이 크고 깊게 위치하는 근육을 검사하기 위해서는 3.5-10.0 MHz 정도의 저주파를 발생하는 변환기를 사용하여야 적절한 영상을 얻을 수 있다.

정상 골격근의 초음파 소견은 장축 영상에서 근섬유들에 의해 비교적 저에코의 배경이 관찰되고 중간중간 근 주막에 의한 고에코의 선들이 관찰되며, 단축 영상에서는 근섬유로 인한 저에코 사이에 고에코의 작은 점들이 관찰된다(Fig. 1).

근육의 초음파 검사는 다양한 병변을 진단하는 데 유용하며 특히 외상 후에 근육의 파열을 가장 간편하고 정확하게 진단할 수 있다. 근육의 파열은 둔탁한 물건 등에 의해 직접적인 압박 손상을 입은 경우나 근육이 갑자기 신장된 경우에 발생할 수 있다. 압박손상에 의한 근육손상의 특징적인 초음파 소견은 근섬유 내에 불규칙한 저에코의 음영이 나타나는 것이며 주위에 혈종 등으로 인한 무에코 영역(anechoic area)이 보일 수 있다(Fig. 2A). Lehto와

Alanen²⁾에 따르면 손상 초기보다는 약 48시간에서 72시간이 지난 후에 출혈, 혈종의 초음파 음영이 보다 명확하게 구분되므로 근육파열의 범위를 정확히 평가할 수 있다고 하였다. 시간이 경과하여 근육 손상이 회복되면서 무에코 영역의 주변부부터 음영이 있는 조직으로 채워지는 것을 관찰할 수 있다(Fig. 2B).

2. 건

건은 대부분 제1형 콜라겐으로 이루어진 건 섬유와 세포 외 기질로 구성되어 있으며 결체조직, 탄성 섬유, 작은 혈관 등으로 구성된 건내막(endotendineum), 건주막(peritendineum)이 콜라겐을 둘러싸고 있다. 이는 다시 건외막(epitendineum)과 강하게 결합되어 있다.

정상적인 건의 초음파 소견은 장축 영상에서 세밀하고 뾰뻑하게 배열된 고에코의 선이 섬유모양(fibrillar pattern)으로 배열된 것이 특징적이며 단축 영상은 다수의 밝은 점들이 모여 군락을

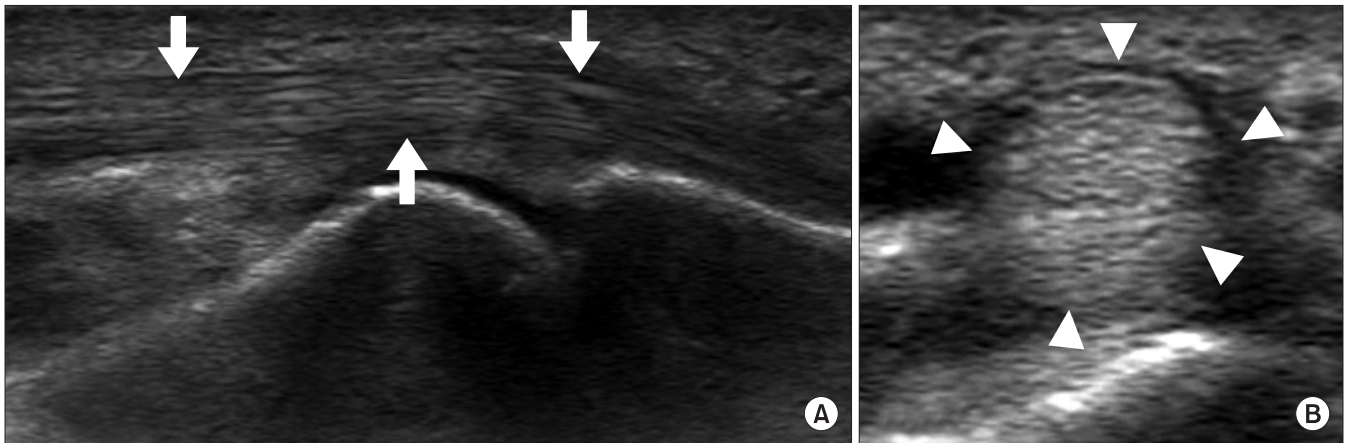


Figure 3. Ultrasonography (US) findings of a normal tendon. (A) Long axis US image of the flexor digitorum tendon (arrows) shows numerous echogenic intratendinous interfaces, resulting in the typical fibrillar appearance. (B) Short axis US image of the flexor digitorum tendon (arrowheads) shows a homogeneous intratendinous pattern made of bright stippled clustered dots.

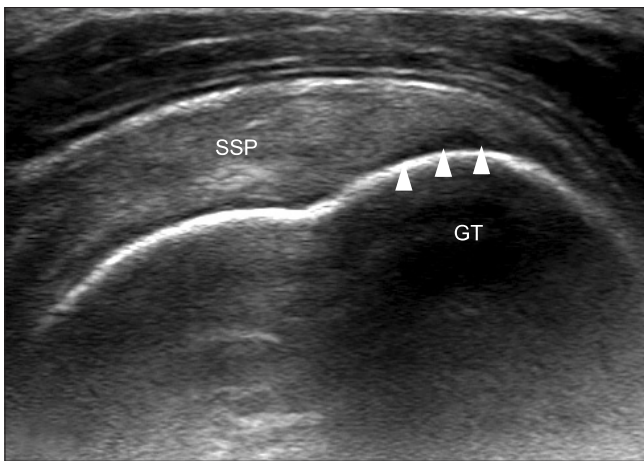


Figure 4. Long axis ultrasonography image of the supraspinatus tendon shows a focal hypoechoic area (arrowheads) due to anisotropic artifact. GT, greater tuberosity; SSP, supraspinatus tendon.

이루고 있는 것이 특징이고 고주파의 초음파 변환기를 사용할수록 저명해진다(Fig. 3). 또한 건의 종류에 따라 단면이 원형(상완이두건 장두, 수지 굴곡건 등), 타원형(아킬레스 건), 직사각형(슬개건) 모양을 나타낸다.

건의 초음파 검사는 일반적으로 고해상도 선형 변환기를 사용하는 것이 좋으며 검사 시야(field of view), 해상도, 초점거리 등을 알맞게 조절하여야 한다. 먼저 건의 횡단면, 즉 단축 초음파 영상을 촬영하여 건의 위치를 확인하고 이를 기준으로 종단면, 장축 초음파 검사를 시행하면 관찰에 보다 용이하다. 건의 초음파 검사에서 가장 주의할 점은 변환기를 최대한 관찰하고자 하는 부위에 수직으로 위치하는 것이다. 초음파가 건에 비스듬하게 입사되면 이등방성(anisotropy)에 의해 정상적인 에코가 사라지게 된다. 특히 극상건 같이 건 섬유 일부가 사면으로 빠져 부착되거나,

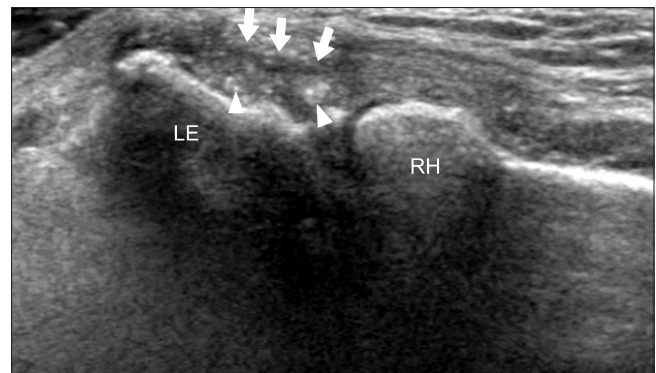


Figure 5. Ultrasonography findings of tendinopathy. Long axis image of the extensor carpi radialis brevis tendon shows a focal hypoechoic area (arrows), small calcifications (arrowheads), and loss of fibrillary pattern. LE, lateral epicondyle; RH, radial head.

관절 위를 지나며 굴곡진 경우에 더욱 세심하게 검사를 하여야 한다(Fig. 4).

건 실질의 이상은 건의 퇴행성 변화로 인한 건증(tendinosis)^{3,4)} 건의 일부가 단절된 부분 파열, 건 단면의 전체가 단절된 완전 파열 등이 있다. 건증의 초음파 소견은 건의 국소적인 부종이 나타나기도 하고, 건 실질 내에 국소적인 저에코의 영역이 보이거나 섬유모양의 선이 불분명해지거나, 선 사이의 간격이 증가하기도 한다(Fig. 5).⁵⁻⁷⁾ 부분 파열의 경우 국소적인 고에코의 섬유모양의 선의 결손이 관찰되며, 완전 파열의 경우에는 고에코의 섬유모양의 선의 완전한 단절이 관찰된다(Fig. 6). 건 내에 석회화 침착되는 석회화 건염의 경우에는 침착된 석회의 성상에 따라 건 내의 석회의 경계가 아주 강한 고에코의 선으로 보이기도 하고 경계가 불분명한 고에코의 덩어리로 나타나기도 하며 후방 음향 음영(posterior acoustic shadowing)이 강하게 혹은 약하게 나타난다

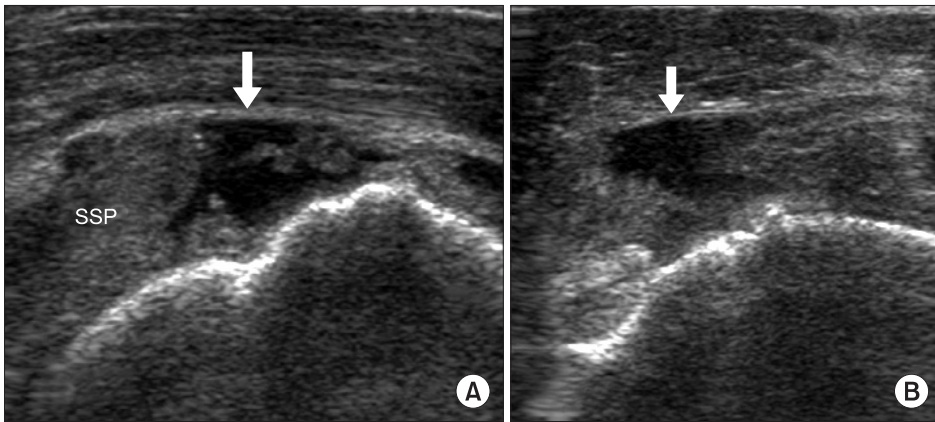


Figure 6. Ultrasonography (US) findings of rupture of tendon. Long axis (A) and short axis (B) US image of the supraspinatus shows a focal anechoic cleft (arrows). SSP, supraspinatus tendon.

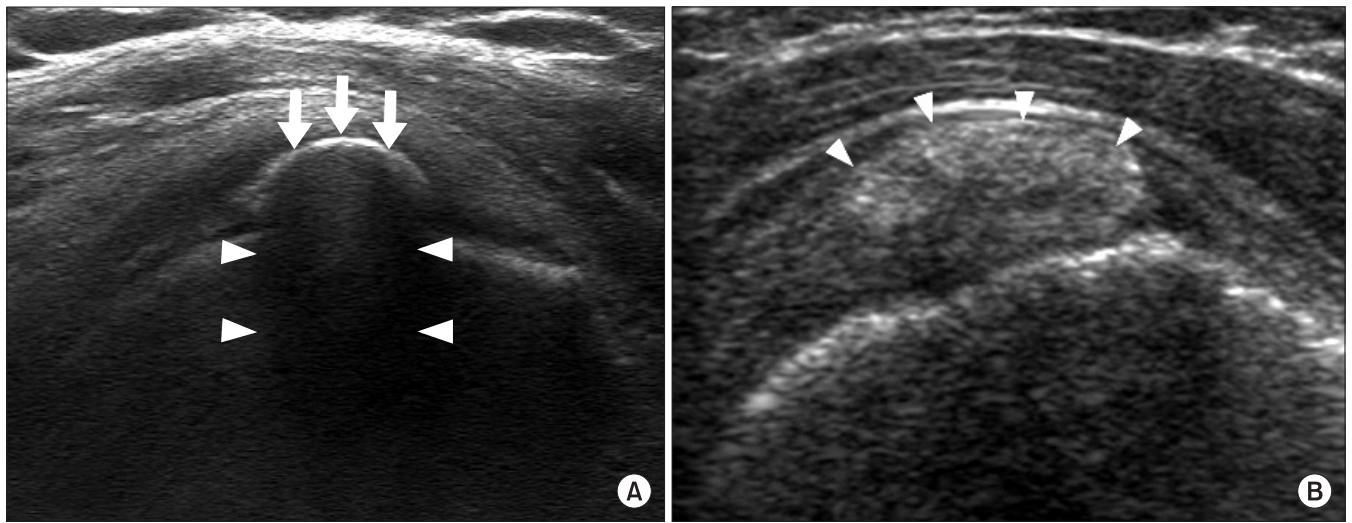


Figure 7. Ultrasonography findings of calcific tendinitis of the shoulder. (A) Type I calcification appears as an intratendinous hyperechoic focus (arrows) with well-defined posterior acoustic shadowing (arrowheads). (B) Type III calcification appears as a hyperechoic focus (arrowheads) with absence of posterior acoustic shadowing.

(Fig. 7). 건의 초음파 검사에서는 건 실질 내의 음영의 이상, 건 섬유 모양의 상태, 건의 윤곽 등 건 자체의 검사뿐 아니라 건의 안정성을 함께 검사하여야 한다. 특히 역동적 검사를 통해서 건의 불안정성을 쉽게 진단할 수 있으며 상완 이두 건 장두,⁸⁾ 비굴 건,⁹⁾ 후 경골 건¹⁰⁾의 불안정 등이 보고되고 있다.

3. 뼈

뼈의 상태를 관찰하기 가장 유용한 영상진단법은 단순 방사선 사진이며 초음파로는 피질골 하방의 영상을 얻을 수 없는 한계가 있다. 정상적인 피질골의 초음파 영상은 균일하게 고에코의 선과 하방의 저명한 음향 그림자(acoustic shadowing)가 특징적이다 (Fig. 8). 간혹 아주 밝은 고에코의 선 하방으로 몇 개의 연속적인 고에코의 선이 반복적으로 관찰되기도 하는데, 이는 해면골 내의 이상보다는 반향(reverberation)에 의한 허상(artifact)으로 생각하여야 한다. 소아의 경우에는 골막이 저에코의 얇은 선으로 피질

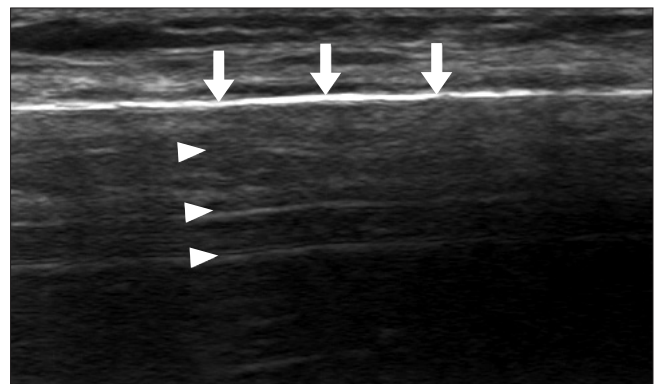


Figure 8. Long axis ultrasonography image of diaphysis of the radius shows a continuous straight hyperechoic line (arrows) and a reverberation artifact (arrowheads) projecting in the shadow beyond the bone can be seen.

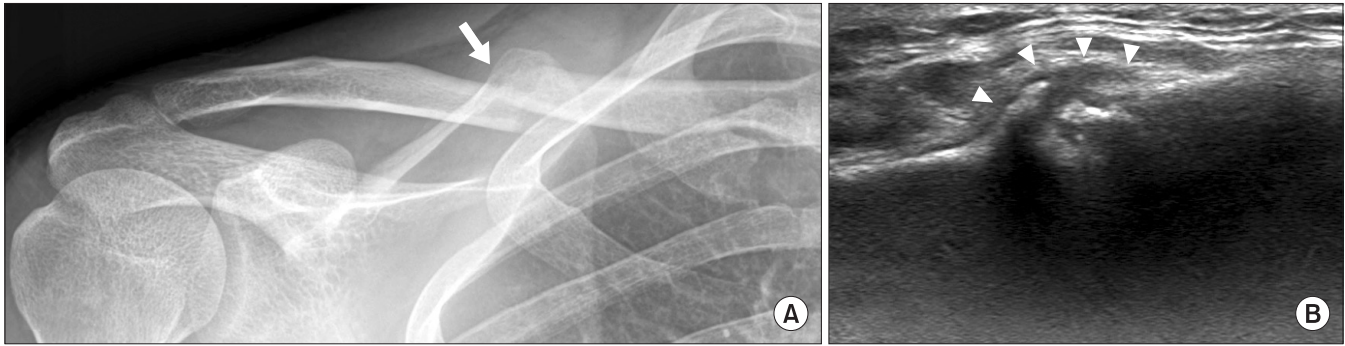


Figure 9. Plain radiographs and ultrasonography (US) findings of mid-clavicle fracture. (A) Plain radiographs of the right clavicle taken six weeks after injury show no callus formation (arrow). (B) US image shows hyperechoic ossified callus formation (arrowheads).

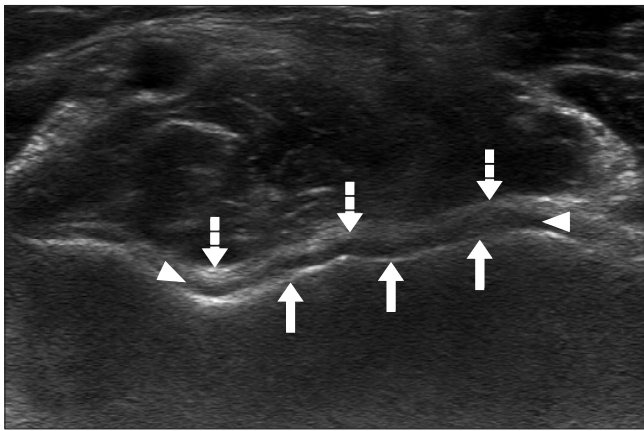


Figure 10. Short axis ultrasonography image of the anterior elbow joint shows a superficial echogenic layer (dashed arrows) related to an acoustical impedance mismatch between cartilage (solid) and adjacent fluid (water), an intermediate hypoechoic band (arrowheads) due to the hyaline cartilage and a deep echogenic layer at the cartilage-subchondral bone interface (arrows).

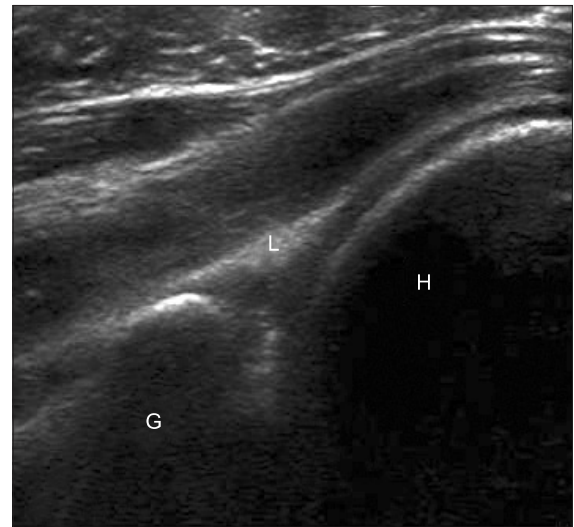


Figure 11. Long axis ultrasonography image of the posterior shoulder shows a triangular hyperechoic posterior labrum (L). H, humeral head; G, glenoid.

골의 고에코의 선 바로 위를 따라 관찰되기도 한다.

뼈의 초음파가 유용한 점은 늑골 골절, 소아 골절과 같이 단순 방사선 영상에서 골절을 쉽게 진단하기 어려운 경우에 보다 쉽게 골절을 진단할 수 있고,¹¹⁻¹³ 단순 방사선 사진보다 조기에 가골 형성을 관찰할 수 있어 골유합을 예측할 수 있다는 점이다(Fig. 9).^{14,15} 또한 역동적 초음파 검사를 통해 골절 부위 혹은 견봉 골(Os acromiale) 등의 불안정 여부를 판단할 수 있다.¹⁶

4. 활막 관절

인체에는 다양한 형태의 관절이 존재하지만 가장 많은 부분을 차지하는 관절은 활막관절(synovial joint)이다. 활막관절은 관절 면을 이루는 뼈, 관절 막과 인대, 활막 및 연골판, 관절순 등의 내부 구조물로 구성되어 있으며 뼈는 초자연골로 덮여 있다.

정상적인 윤활 관절은 연골 세포와 콜라겐과 프로테오글리칸(proteoglycan)으로 이루어진 세포기질로 구성되어 있고 초음파

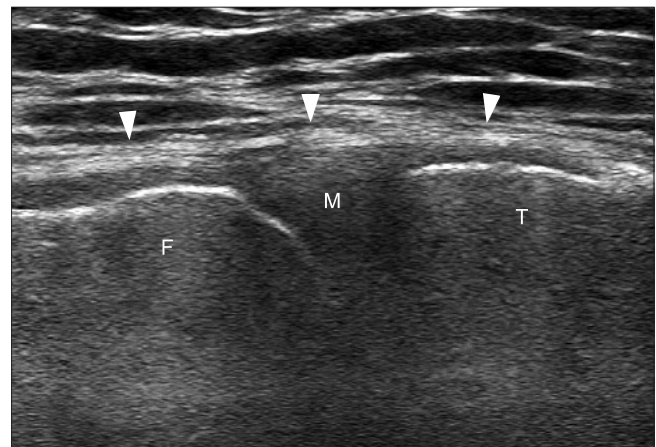


Figure 12. Long axis ultrasonography image over the medial knee shows the normal medial collateral ligament as a thick fibrillar band (arrowheads). F, femur; T, tibia; M, medial meniscus.

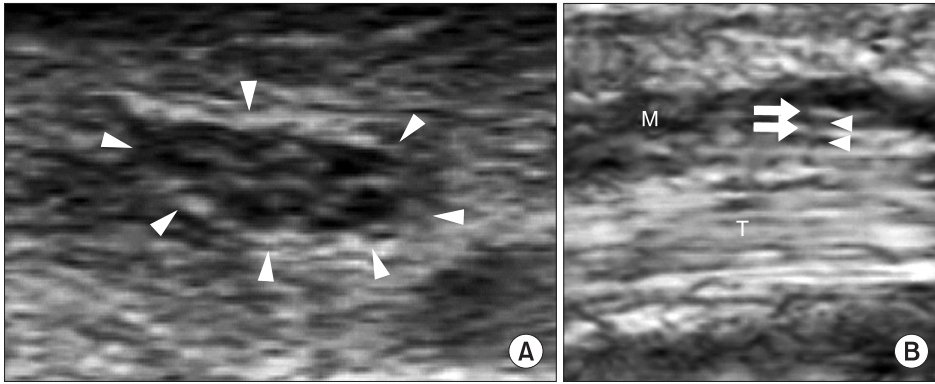


Figure 13. Ultrasonography (US) findings of a normal median nerve. (A) Short axis US image shows well-circumscribed individual structures of different sizes separated by echogenic epineurium (arrowheads). (B) Long axis US image shows the nerve fascicles appearing as elongated hypoechoic bands (arrowheads) that run parallel to each other. The internal epineurium (arrows) separates them more clearly. M, median nerve; T, flexor tendon.

영상소견은 두 개의 고에코 선 사이에 저에코 부분이 관찰된다 (Fig. 10). 상부의 고에코는 관절 액과 초자연골 사이의 경계에서 관찰되는 선이고 중간의 저에코는 연골차체의 음영, 하방의 고에코는 연골 하방에 위치하는 피질골에 의해 만들어지는 선이다.

인체의 대부분의 활막 관절은 7-12 MHz 정도의 변환기를 사용하여 관찰할 수 있고 특히 수지 관절이나 족지 관절 같이 아주 작은 관절은 hockey stick 형태의 변환기를 사용하면 용이하게 관절 낭, 활막 등을 관찰할 수 있다. 하지만, 고관절 같이 심부에 위치한 관절이나 비만한 환자의 경우에는 보다 낮은 주파수의 변환기를 사용하여야 적절한 영상을 얻을 수 있다. 초음파 검사를 통해 관절 내 삼출액, 활막의 비후, 골의 미란 등을 관찰할 수 있다.

관절 내에 존재하는 슬관절의 반월상 연골, 견관절의 관절순 같은 섬유연골은 균일한 고에코의 영상으로 관찰되며 주변의 뼈 혹은 관절막과 연결되어 있다 (Fig. 11). 하지만 대부분 심부에 위치하고 있어 초음파 영상으로 세밀한 부분까지 관찰하기에는 한계가 있다.

관절을 보강하는 인대의 초음파 소견은 관절 양측 뼈를 연결하는 고에코의 섬유모양의 띠 형태를 띤다 (Fig. 12). 인대 역시 건과 마찬가지로 이등방성에 취약한 구조이므로 초음파 검사를 할 때 변환기의 각도가 수직이 되도록 주의하여야 한다. 인대 파열의 초음파 소견은 파열의 급, 만성 유무에 따라 다르게 나타난다. 급성 부분 파열의 경우에는 인대의 부종이나 국소적인 저에코의 영역이 관찰되나 전체적인 연결은 끊어져 있지 않다. 또한 주변부 연부조직의 부종으로 인해 인대의 천부에 무에코의 띠가 나타날 수도 있다.¹⁷⁾ 급성 완전 파열의 경우에는 인대 실질 가운데에 저에코의 단절 부분이 나타날 수 있고 주변에 혈종이 관찰될 수 있다. 특히 관절에 부하를 가하며 초음파 검사를 하면 인대 파열에 의한 관절의 불안정을 보다 정확하게 진단할 수 있다. 만성 부분 파열의 경우에는 인대가 정상보다 두꺼워져 있고, 인대 내에 고에코의 석회성 병변을 관찰할 수도 있다.¹⁸⁾

5. 신경

신경은 신경섬유와 이를 둘러싸고 있는 내막(endoneurium)이 있

고 몇 개의 신경섬유가 모여 다발(fascicle)을 이루고 있다. 이 신경 섬유다발들은 신경주막(epineurium)에 둘러싸여 있고, 몇 개의 신경다발은 작은 혈관을 포함한 결체조직으로 연결되어 있고 이는 다시 신경외막(epineurium)으로 싸여 있다.

신경의 초음파 소견은 비교적 일관된 양상을 나타낸다. 단축 영상에서는 마치 벌집과 같이 고에코의 배경 안에 군데군데 저에코의 점들이 산재되어 있는 모습이고 장축 영상에서는 고에코의 띠로 구분되는 여러 개의 저에코의 선으로 보인다 (Fig. 13). 저에코는 신경 섬유다발에 의한 영상이고 고에코는 섬유다발 사이의 신경주막에 의해 나타나는 현상이다.

수근관 증후군, 주관 증후군 등 신경의 압박되는 경우 초음파는 신경의 모양과 신경 내부의 초음파 음영의 변화가 관찰될 수 있다. 신경이 갑자기 납작하게 변하거나 압박이 있는 근위부는 부종으로 인해 직경이 증가될 수 있다.¹⁹⁾ 또한 척골 신경 같은 경우는 관절운동에 따라 신경의 불안정성이 관찰될 수 있으므로 특히 역동적 검사를 시행하여야 한다.

결론

근골격계 조직의 초음파 영상은 이를 구성하는 조직의 구조와 성상에 의해 특징지어진다. 따라서, 초음파 영상이 구현되는 원리를 이해하면 각 조직의 특징적인 영상 소견에 익숙해지는 데 많은 시간이 소요되지는 않을 것이며, 또한 병적 소견의 초음파 영상 소견 역시 병인과 병리 소견을 기초로 하면 검사 및 판독에 어려움이 없을 것이다. 초음파는 근골격계 조직의 여러 상태를 간편하게 진단하고 치료에도 이용할 수 있는 등 필수적인 도구로 자리매김하고 있다. 또한 정상적인 조직과 병적인 상황에 익숙한 정형외과 의사는 근골격계 초음파 검사에 비교적 손쉽게 익숙해질 수 있을 것이다.

REFERENCES

1. Moosmayer S, Smith HJ. Diagnostic ultrasound of the shoul-

- der--a method for experts only? Results from an orthopedic surgeon with relative inexpensive compared to operative findings. *Acta Orthop*. 2005;76:503-8.
2. Lehto M, Alanen A. Healing of a muscle trauma. Correlation of sonographical and histological findings in an experimental study in rats. *J Ultrasound Med*. 1987;6:425-9.
3. Campbell RS, Grainger AJ. Current concepts in imaging of tendinopathy. *Clin Radiol*. 2001;56:253-67.
4. Khan KM, Bonar F, Desmond PM, et al. Patellar tendinosis (jumper's knee): findings at histopathologic examination, US, and MR imaging. Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. *Radiology*. 1996;200:821-7.
5. Fornage BD, Rifkin MD, Touche DH, Segal PM. Sonography of the patellar tendon: preliminary observations. *AJR Am J Roentgenol*. 1984;143:179-82.
6. Maffulli N, Regine R, Carrillo F, Capasso G, Minelli S. Tennis elbow: an ultrasonographic study in tennis players. *Br J Sports Med*. 1990;24:151-5.
7. Martinoli C, Derchi LE, Pastorino C, Bertolotto M, Silvestri E. Analysis of echotexture of tendons with US. *Radiology*. 1993;186:839-43.
8. Farin PU, Jaroma H, Harju A, Soimakallio S. Medial displacement of the biceps brachii tendon: evaluation with dynamic sonography during maximal external shoulder rotation. *Radiology*. 1995;195:845-8.
9. Fessell DP, Vanderschueren GM, Jacobson JA, et al. US of the ankle: technique, anatomy, and diagnosis of pathologic conditions. *Radiographics*. 1998;18:325-40.
10. Prato N, Abello E, Martinoli C, Derchi L, Bianchi S. Sonography of posterior tibialis tendon dislocation. *J Ultrasound Med*. 2004;23:701-5.
11. Barata I, Spencer R, Suppiah A, Raio C, Ward MF, Sama A. Emergency ultrasound in the detection of pediatric long-bone fractures. *Pediatr Emerg Care*. 2012;28:1154-7.
12. Rabiner JE, Friedman LM, Khine H, Avner JR, Tsung JW. Accuracy of point-of-care ultrasound for diagnosis of skull fractures in children. *Pediatrics*. 2013;131:e1757-64.
13. Rabiner JE, Khine H, Avner JR, Friedman LM, Tsung JW. Accuracy of point-of-care ultrasonography for diagnosis of elbow fractures in children. *Ann Emerg Med*. 2013;61:9-17.
14. Matsuyama J, Ohnishi I, Sakai R, et al. A new method for evaluation of fracture healing by echo tracking. *Ultrasound Med Biol*. 2008;34:775-83.
15. Weiss DB, Jacobson JA, Karunakar MA. The use of ultrasound in evaluating orthopaedic trauma patients. *J Am Acad Orthop Surg*. 2005;13:525-33.
16. Smith J, Dahm DL, Newcomer-Aney KL. Role of sonography in the evaluation of unstable os acromiale. *J Ultrasound Med*. 2008;27:1521-6.
17. Peetrons P, Creteur V, Bacq C. Sonography of ankle ligaments. *J Clin Ultrasound*. 2004;32:491-9.
18. Brasseur JL, Morvan G, Godoc B. Dynamic ultrasonography. *J Radiol*. 2005;86:1904-10.
19. Buchberger W, Schön G, Strasser K, Jungwirth W. High-resolution ultrasonography of the carpal tunnel. *J Ultrasound Med*. 1991;10:531-7.

근골격계 초음파 입문

근골격 조직의 초음파 소견

정웅교[✉] • 이순혁

고려대학교 의과대학 정형외과학교실

근골격계 조직의 병변을 정확하게 진단하기 위해서는 골 조직의 이상뿐 아니라, 다양한 연부조직의 상태를 평가하는 것이 중요하다. 연부조직의 상태를 평가하기 위해서 자기공명영상에 널리 사용되어 왔으나 검사비용이 비싸고, 실시간 검사가 불가능한 단점이 있다. 최근에는 근골격계 조직의 평가를 위해 초음파 검사가 사용되고 있고, 점차 유용성이 증가하고 있다. 초음파 영상은 조직 고유의 음향저항 등에 따라 음영이 구현된다. 초음파가 잘 반사되는 뼈, 석회, 인대, 건 등은 고음영으로, 반사가 덜 일어나는 근육, 신경 등은 저음영으로 표현된다.

색인단어: 근골격계 조직, 초음파

접수일 2013년 8월 9일 수정일 2013년 9월 9일 게재확정일 2013년 9월 13일

[✉]책임저자 정웅교

서울시 성북구 인촌로 73, 고려대학교 안암병원 정형외과

TEL 02-920-5924, FAX 02-924-2471, E-mail drshoulder@korea.ac.kr