

진단 의료영상 분야에서의 초음파 적용 및 최신동향

1. 서론

진단 의료영상 분야에서 우리 몸속을 들여다보는 방법에는 여러 가지가 있다. X-선을 이용하는 일반 X-선 검사, 조영제 등을 사용하여 장기의 벽이나 혈관을 촬영하는 투시 및 혈관조영 검사, 단층영상을 얻을 수 있는 컴퓨터전산화단층촬영 검사(CT, computed tomography), 카메라를 이용하는 내시경 검사, 그리고 자석과 자기장을 사용하는 자기공명영상 검사(MRI, magnetic resonance imaging) 등이 대표적이다^[1-4]. 또한 최근에는 감마선을 방출하는 동위원소를 이용하여 병변을 진단하는 단일광자방출단층촬영 검사(SPECT, single photon emission computed tomography)와 양전자방출단층촬영 검사(PET, positron emission tomography)가 암진단에 널리 사용되고 있으며 특히 최근에는 X-선 및 자기장 등을 이용한 검사 방법과 융합하여 진단의 효율성을 높인 PET/CT, PET/MRI, SPECT/CT 등이 개발되었다^[5-9]. 그 중 소리를 이용하여 몸속을 검사하는 방법인 초음파 검사(ultrasound)는 다양한 진단 분야에 널리 사용되고 있다. 초음파는 1840년 소동물 연구(pre-clinical research)를 시작으로 하여 점차적으로 산업 및 실제 임상분야(clinical field)로 확장되었다. 특히나 1950년도에는 진단 의료영상 분야에서 널리 사용되기 시작하였으며, 최근에는 방사선 피폭없이 음파만을 이용하여 인체의 거의 모든 장기를 대상으로 적용하고 있다^[10-11]. <그림 1>은 다양한 방법을 활용한 진단 영상의 대표적인 예이다.

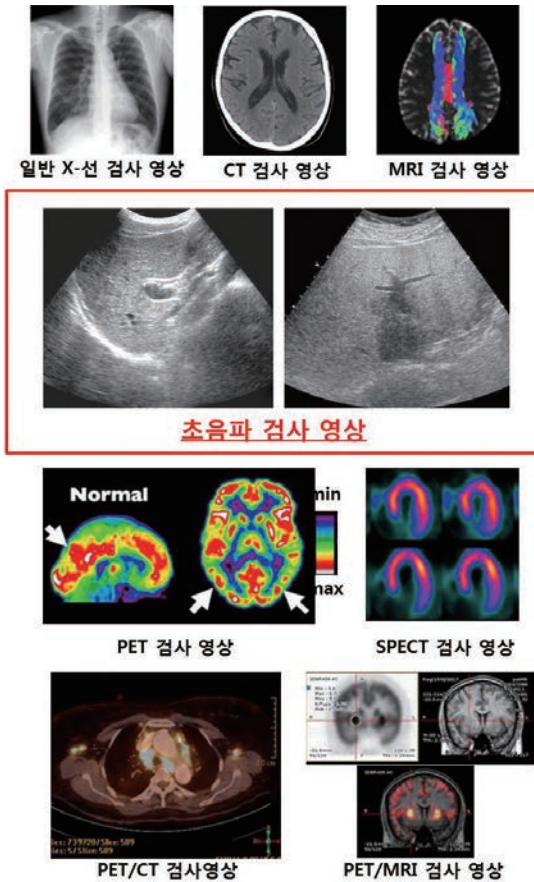
어떤 사물을 탐색하여 그 존재 유무와 위치, 그리고 크기 등을 알 수 있는 방법에는 크게 2가지가 있다. 일반적으로 대상물에서 발생하는 냄새, 소리, 빛 등을 직접 탐지하는 방법과 대상이 되는 물체에 어떠한 자극을 주고 그것에 대한 응답을 확인하는 방법이다. 이 중 후자가 바로



이영진
울지대학교 방사선학과



이현호
유성신병원



〈그림 1〉 진단 의료영상 분야에서 널리 활용되고 있는 다양한 방법들을 통한 대표적인 영상들

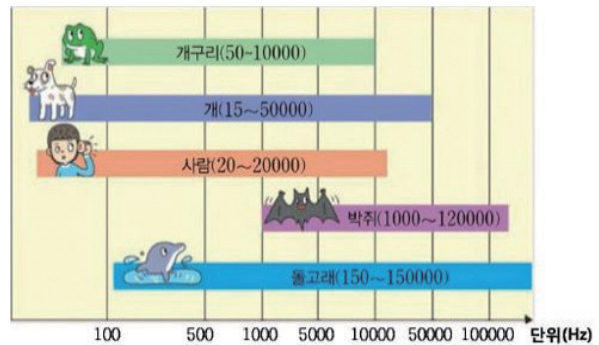
진단 의료영상 분야에서의 초음파의 원리이다. 프로브라는 음파를 발생시킬 수 있는 장치를 이용하여 소리를 보내 몸 안에서 반사 (reflection)되어 나오는 메아리를 다시 탐지해 영상을 얻는 원리이다^[12-14]. 〈그림 2〉는 일반적으로 사용되는 초음파 기기 사진과 실제 프로브의 모습이다.

초음파란, 인체가 들을 수 있는 가청진동수인 20 ~ 20,000 Hz 주파수보다 많은 진동수를 가진 음파를 의미하며, 진단 의료영상 분야에서 사용되는 범위는 약 1 ~ 10 MHz (최대 20 MHz)이다. 사람 및 동물들은 각각 다른 가청진동수를 가지고 있다^[12]. 특히나 박쥐는 초음파를 사용하여 길을 찾아가고 돌고래는 먹이를 사냥하기도 한다. 〈그림 3〉은 사람을 비롯한 다양한 동물들의 가청진동수를 나타낸 것이다.

이러한 초음파를 진단 의료영상에 적용할 경우 비침습



〈그림 2〉 일반적으로 의료분야에 사용되는 실제 초음파 장비와 프로브 (선형 프로브, linear probe)



〈그림 3〉 사람과 여러 동물들이 들을 수 있는 소리의 진동수 범위

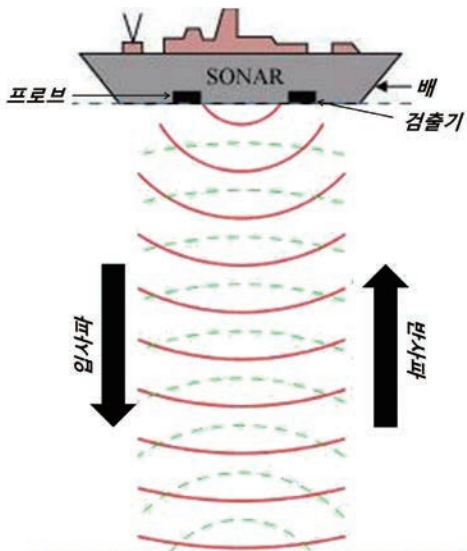
적으로 환자에게 고통이 없고, 혈류의 상태 등 움직이는 장기의 묘사가 뛰어난 장점을 가지게 된다. 또한 장치가 상대적으로 소형이며 설치가 쉽고 반복해서 검사를 편하게 할 수 있다. 하지만, 인체 내 공기나 가스에 영향을 많이 받으며 검사 결과의 정확성 및 재현성이 시술자의 능력에 따라 달라지는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점에도 불구하고 최근에는 태아 검사뿐만 아니라 간 (liver), 이자 (pancreas), 지라 (spleen), 콩팥 (kidney) 등 대부분의 복부 장기 질환 진단에 대표적으로 사용되고 있으며, 최근에는 유방 (breast) 및 근골격계, 그리고 심장 (heart) 검사에도 널리 활용되고 있는 추세이다.

본 회지에서는 진단 의료영상 분야에서 널리 사용되고 있는 의료 초음파의 역사와 기본적인 원리, 다양한 검사 적용 분야, 그리고 특수기술 및 최신동향에 대하여 설명하고자 한다.

II. 진단 의료영상 분야에서의 초음파의 발전과정과 기본 원리

1. 초음파의 발전과정

초음파는 미국과 네덜란드의 소리분야의 전문가들이 1840년 어두운 동굴에서 박쥐가 생활하는 것에 대한 연구 과정에서 처음으로 소개되었다. 박쥐는 초음파를 송수신하면서 비행할 뿐만 아니라 반사체를 감지하여 먹이를 추적할 수 있다는 사실을 증명하였다. 이후 1912년 영화로도 매우 잘 알려진 영국의 유람선인 타이타닉호가 빙산에 의해 침몰 된 것을 인양하기 위하여 SONAR (sound navigation and ranging) 같은 음파탐지장비를 개발하여 최초로 과학적인 적용이 시작되었고, 이후 제 2차 세계대전 기간에 초음파를 사용한 비파괴 검사가 시작되어 산업적으로도 적용되기 시작하였다^[11].



침몰된 타이타닉호

〈그림 4〉 SONAR를 사용한 침몰된 타이타닉호를 찾아가는 과정 모식도

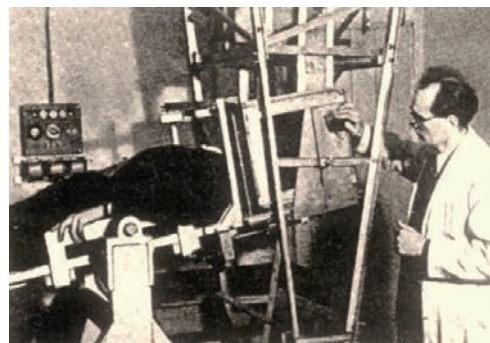
인체 진단을 위한 초음파의 발전과정은 〈표 1〉과 같다. 세계 2차대전이 끝난 후 의료용으로 사용할 수 있는 SONAR에 대한 연구가 활발하게 수행되었다. 특히나 뇌종양의 진단에 어려움을 느끼던 오스트리아의 Karl Dussik은 1942년 초음파가 금속 내 문제점을 감지하는데 사용하는 것을 보고 최초로 환자의 뇌종양과 뇌실의 정확한 위치를 진단하기 위하여 초음파를 인체진단에 적용하기 시작하였다(〈그림 5〉). 이 후 의료초음파의 아버지라고 불리는 John Wild와 산과 초음파의 아버지라고 불리는 Ian Donald는 인체의 연부조직 (soft tissue) 으로부터의 반사된 소리의 에너지를 획득하여 B-mode (Brightness mode)를 사용한 최초의 실시간 영상을 만들어 내었으며, 이를 태아의 성장을 측정하는 분야에도 활용하여 산과에도 적용하기 시작하였다. 이어 혈류를 검사할 수 있는 도플러의 원리를 적용하였고 최근에는 고주파 치료에도 널리 활용되고 있다^[15].

2. 초음파의 기본원리

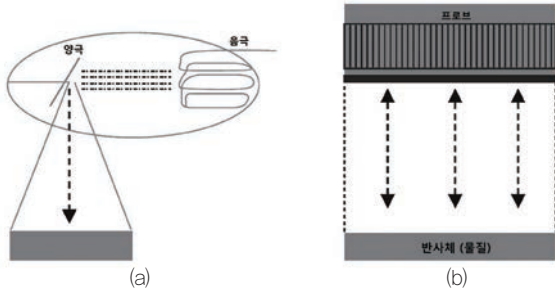
일반적으로 진단 의료영상 분야에서 가장 널리 사용되

〈표 1〉 초음파 검사의 발전과정

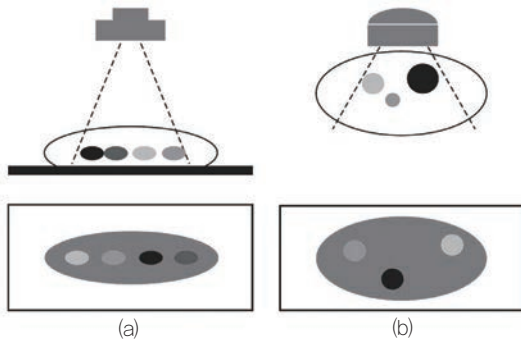
년도	주요 인물	발전 내용
1942	Dussik	최초 인체진단 (뇌종양)
1951	Danaka	A-mode 검사
1952	Wild	B-mode 검사
1955	Donald	산과 검사
1957	Imura	도플러 개발
1977	Wells	도플러 진단 (유방)
1989	Cosgrove	색 도플러 소개



〈그림 5〉 1942년 Dussik이 최초로 뇌실 및 뇌종양을 검사하는 장면



〈그림 6〉 음극과 양극을 사용한 X-선이 발생하는 원리 모식도 (a) 및 반사파를 사용한 초음파의 발생 원리 모식도 (b). 프로브는 송수신을 동시에 하는 차이

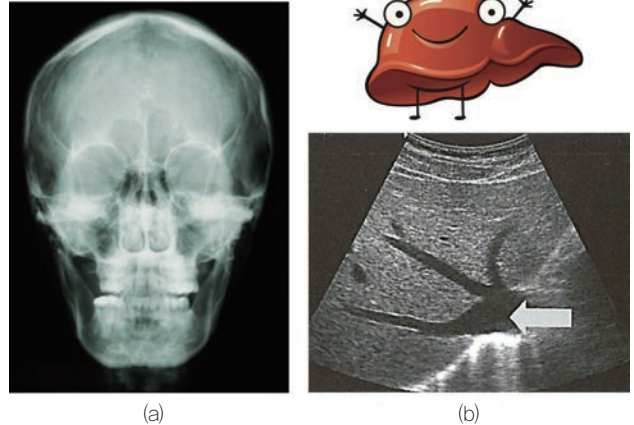


〈그림 7〉 X-선 영상과 (a) 초음파 영상 (b)의 형성 모식도. 초음파 영상은 반사되어 나온 정보를 기반으로 표현

고 있는 X-선과 감마선은 물질과의 상호작용에 의한 흡수율의 차이 (에너지 차이)로 영상을 만들어 내는 원리를 이용한다. 하지만 초음파 에너지는 반사의 원리를 이용하여 반사파의 강도 (intensity)에 의해 검출되는 정보를 가지고 영상을 만들어 낸다. 반사는 초음파적 성질이 다른 물질들의 경계면에서 발생하고, 그 성질의 차이가 커질수록 강하게 발생하게 된다^[12]. 〈그림 6〉는 X-선과 초음파의 발생, 그리고 〈그림 7〉은 각각의 영상 형성 모식도이다.

3. 초음파 영상의 구성 조건

〈그림 8〉은 X-선 영상과 초음파 영상의 대표적인 예이다. X-선 영상은 원하는 영역과의 상호작용에 의한 흡수율 차이를 농도 (density)와 대조도 (contrast)로 표시한다. 그림에서 보듯이 흡수율이 낮은 머리뼈 주변부와 굴 (sinus)은 농도가 감소하여 검게 나타나고 반대로 흡수율이 높은 뼈 부분은 농도가 증가하여 하얀색으로 나타난다. 이러한 농도차에 의해 대조도가 형성되게 되지만, 초음파 영상은 되돌아온 반사파의 강도가 영상의 밝기



〈그림 8〉 머리뼈 X-선 대조도 영상 : (a) 및 간 초음파 밝기 영상 (b)

〈표 2〉 에코의 범위

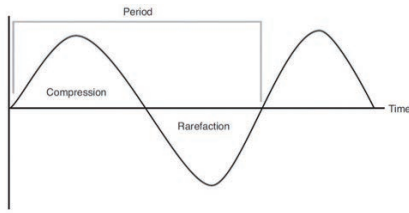
에코범위	용어
무에코	echo free, anechoic
저에코	echo poor, sonolucent, hypoechoic, low echo
동등에코	isoechoic
고에코	echo rich, hyperechoic, high echo
균질에코	homogeneity
불균질에코	heterogeneity

(휘도)를 결정한다. 반사가 강하게 일어난다는 것은 소리의 저항 (impedance)이 크다는 것을 의미하고 영상에서는 밝기가 증가하여 나타난다. 그림에서 보듯이 반사가 작은 화살표로 표시한 아래대정맥 (IVC) 부분은 검게 나타나고 반대로 반사가 강한 가로막 부분은 밝게 나타나게 된다. 이유는 정맥 안의 혈액은 반사가 없으며, 가로막은 간과 허파의 경계면에서 매우 강한 반사가 일어났기 때문이다. 결과적으로 초음파 영상의 밝기는 반사파의 강도에 의해 결정되고 이를 회색 음영 (gray scale)로 표현하여 대조도를 형성하게 되는 원리를 사용한다^[12].

초음파에서의 이러한 반사 형태를 에코 반사 (echo reflection)이라고 하며, 높은 에코를 가졌다고 하는 것은 밝은 형태의 영상으로 표현되었다는 것을 의미하게 된다. 초음파 반사에 의한 에코 범위를 나타내는 용어는 〈표 2〉와 같다. 이 용어들은 주변과의 상대적인 표현들이다.

4. 초음파의 생물학적 효과와 안정성

초음파가 인체를 통과하면 조직의 입자는 수축과 이완



〈그림 9〉 수축 (compression)과 이완 (rarefaction)의 과정 모식도. 초음파는 전, 후방 운동을 하며 이 때 매질의 입자를 밀고 당기게 되는데 밀려서 밀도가 높아진 부분을 수축영역이라고 하고 당겨져서 흩어진 밀도가 낮아진 부분을 이완영역이라고 함.

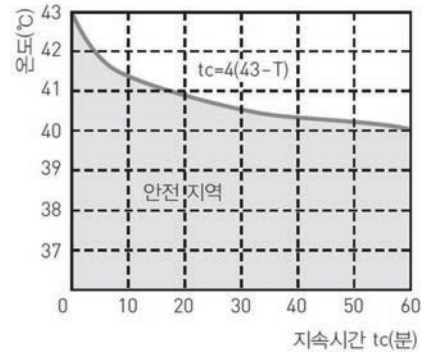
을 반복하게 되므로 이로 인해 발생하는 생물학적 효과와 안전성은 중요한 요소이다(〈그림 9〉)^[15].

특히나, 초음파를 사용한 치료에서의 원리는 강도가 높은 초음파를 입사하여 비정상 조직을 파괴하게 되며 결론적으로 초음파진단 영역에서도 조직에 손상을 주거나 어떠한 생물학적 효과를 발생할 수도 있다. 하지만 아직 진단초음파장치를 사용했을 때 발생하는 생물학적 위험에 대해 확실하게 안전성이 입증되거나 위험요소(risk factor)에 대해 명확히 밝혀진 것은 없어 강도에 대한 정의와 특성들에 대한 인식이 일반인들과 의료 전문가들에게 필요하다.

강도는 공간강도 (spatial intensity)와 시간강도 (temporal intensity)로 나누어지는데 공간에서의 강도 최대치 (spatial peak intensity)와 시간에서의 강도 평균치 (temporal average intensity)를 의미하는 SPTA 값을 생물학적 효과를 나타내는 지표로 사용한다. 일반적으로 기준치는 100 mW/cm^2 이하로 정하고 있다(면적당 초음파의 출력을 의미하는 강도의 단위)^[16-17].

또한 초음파의 조사시간도 몸의 온도상승과 밀접한 관련이 있어 생물학적인 효과에 영향을 주게 된다. 이 때 나타낼 수 있는 것이 열 지수 (thermal index, TI)이고 이는 사용 중의 음향 출력 값에서 조직을 1°C 상승시키는데 필요한 출력을 나눈 값으로 표시된다. 체내에 열이 작용된다는 말은 단백질이 변성한다는 것과 같은 의미로 이러한 열에 관한 효과도 반드시 고려되어야 하며, 기본적으로 조사된 온도 상승과 초음파 조사시간의 관계에 관한 그래프는 〈그림 10〉과 같다^[17].

액체 물질에 강한 초음파가 발생되어 작용하게되면 액



〈그림 10〉 열 지수 (TI)를 기본으로 한 온도의 상승과 초음파 조사시간의 관계 그래프. 정상 체온에서 초음파 검사를 시행하여 4°C 상승했다면 20분이 한계시간이라는 결론이 나타나게 됨.

체 안의 가스가 용해되면서 미세기포가 발생한다. 이러한 과정이 지속되면 미세기포가 활성화되어 진공부를 형성하는데, 이러한 현상을 공동 (cavitation) 이라고 한다^[17]. 초음파 주사로 인해 공동현상이 지속되면 세포에 영향을 줄 가능성이 매우 높아진다. 초음파 음속 안에서 공동화 기포는 압력 진동을 일으켜 팽창한다. 이로 인해 압력이 증가하고 입자의 변위가 발생한다. 결국 이러한 공동화 과정에서 생물학적 효과가 일어나게 된다. 공동화 기전과 활성화과정을 조사하고자 동물실험에 관한 연구를 수행한 결과들이 보고된 바 있으며, 이 때 4 MHz를 사용하였을 때 공동화 현상에 의한 손상을 보였으나 폐포와 공기가 작용하였는지에 관한 여부는 명확하지 않게 나타났다. 따라서 초음파에 의한 음향 압력 증가는 공동화와 밀접한 관계가 있으므로 진단을 목적으로 하지 않는 불필요한 초음파 주사는 바람직하지 않으며 최소한의 시간을 사용한 것이 매우 중요할 것이다.

Ⅲ. 다양한 검사 적용분야

1. 주파수의 선택

주파수의 선택은 영상의 해상도와 영상을 표현할 수 있는 깊이 사이에서의 특성에 따라 결정하게 된다. 만약 낮은 주파수를 사용한다면 해상도는 떨어지게 되지만 몸속의 더 깊은 곳까지 영상을 만들어낼 수 있는 장점을 가지게 된다. 반대로 높은 주파수를 사용한다면 해상도는 크게 향상시킬 수 있지만 깊은 곳의 정보는 얻기가 어려워



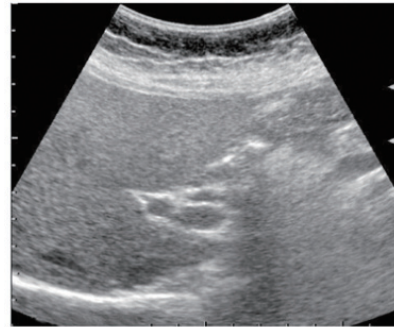
진다. 따라서 검사에 적용할 경우 표재성 장기인 갑상샘 (thyroid), 유방, 고환 (testicle) 등은 7.5 MHz 이상의 고주파수 프로브인 선형 프로브 (linear probe)를 일반적으로 사용하고 복부 장기인 간, 이자, 지라, 콩팥 등의 검사에서는 상대적으로 3.5 ~ 5 MHz의 저주파수 프로브인 볼록형 프로브 (convex probe)를 일반적으로 사용하게 된다.

본 챕터에서는 초음파 검사로 가장 널리 사용되고 있는 장기들에 대한 대략적인 소개를 하고자 한다.

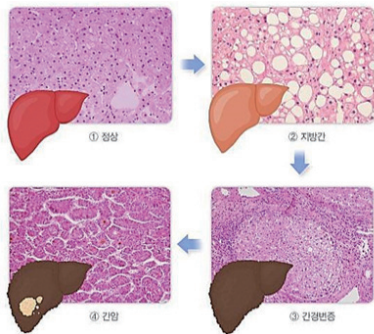
2. 간 초음파 검사

간은 인체에서 가장 큰 실질장기로 대부분이 복막에 쌓여져 있는 복강 내 장기이다. 인체 내 기능으로는 글리코겐 합성 분해 등의 영양물질의 대사 및 쿠퍼세포 (Kupper's cell)에 의한 면역작용, 그리고 우리 몸에 들어온 각종 약물들을 변환시키는 해독작용에 중추적인 역할을 하고 있다. 간은 대부분 갈비뼈 (rib)에 가려져 있고 인대들에 의해서 가로막과 복벽에 고정되어 있다. 따라서

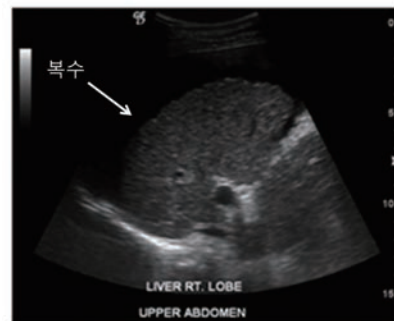
간 초음파 검사 시에는 갈비뼈와 폐 등에 의해 초음파 빔이 도달하지 못해 사각지대가 발생하는 경우가 흔히 나타난다. 따라서 프로브를 원하는 위치와 방향으로 잘 사용하여 하며 특히 간 내의 혈관들 (간동맥, 간정맥, 문맥 등)과 지방간, 간경변증, 간암 (<그림 11>) 등을 진단할 수 있다^{[15,17,18]}}.



<그림 13> 지방간의 초음파 영상. 지방간일 경우 지방입자들로 인하여 반사파가 증가하게 되어 밝게 나타나게 되며 주변 실질장기인 지라와 콩팥을 비교하여 진단



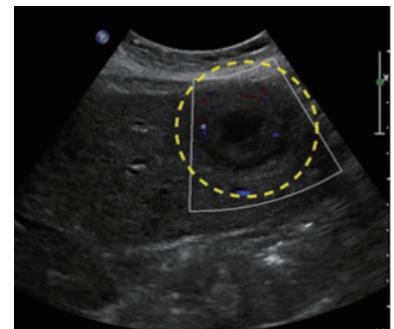
<그림 11> 정상 간에서 간암으로 변화하는 과정



<그림 14> 간경변증의 초음파 영상. 간경변증은 만성 간질환의 말기 병변으로 지속적인 간 손상과 그 결과로 인한 섬유화가 형성되는 질환. 간세포 손상에 의한 재생결절들이 보이고 복수가 나타나는 특징이 있음



<그림 12> 일반적인 간 초음파 영상



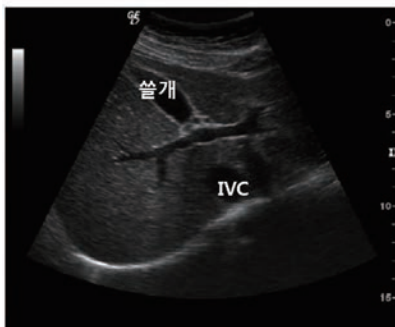
<그림 15> 간암의 초음파 영상. 낮은 에코의 종양 모습이 보이고 주위에 검정색 띠가 나타나는 소견이 있음

3. 쓸개 초음파 검사

쓸개는 간 오른쪽의 아래쪽에 위치하고 간에서 생성된 쓸개즙을 저장하는 기능을 한다. 크기에 비하여 용량이 더 중요한 의의를 가지고, 초음파 검사로 쓸개의 크기와 형태, 쓸개돌 유무, 쓸개벽의 비후 유무, 쓸개염, 종양 유무 등을 파악한다. 쓸개가 보이지 않는 원인으로는 식사로 인해 쓸개가 수축된 경우, 반복된 염증으로 인한 수축, 쓸개돌, 쓸개 절제, 위치 이상, 고도 비만 등이 있지만 반드시 최우선적으로 식사의유무를 확인하여야 한다^[15,17,18].

4. 지라 초음파 검사

지라는 인체에서 가장 큰 림프조직으로 손상된 적혈구를 제거하는 여과기능과 면역기능을 담당한다. 지라는 갈비뼈에 대부분 가려져 있어 지라종대가 없으면 초음파적으로 검사가 어려우며 나이가 들수록 크기가 작아지는 특징이 있다. 지라종대의 주요원인으로는 결핵, 말라리아 같은 염증성 질환, 골수 증식성 질환, 백혈병 등이 있다^[15,17,18].



〈그림 16〉 정상 쓸개의 초음파 영상. 검정색의 무에코 형태로 나타남.



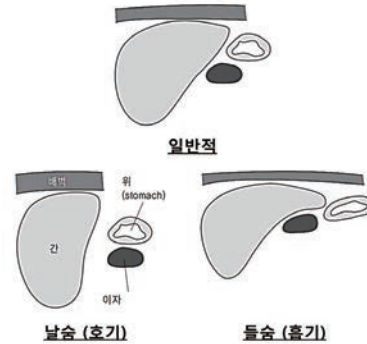
〈그림 17〉 정상 지라의 초음파 영상. 왼쪽의 콩팥은 초음파 상에서 매우 잘 나타남로 왼 콩팥을 우선적으로 찾고 지라를 찾는 것이 매우 효율적

5. 이자 초음파 검사

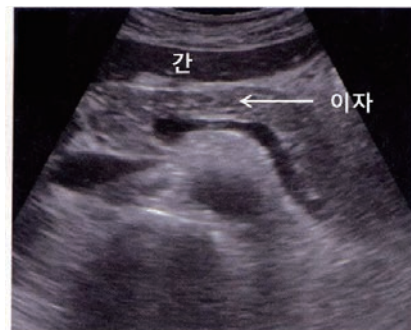
이자는 내분비 (호르몬)와 외분비 (소화효소) 기능을 겸하는 기관이다. 내분비 기능은 인슐린과 글루카곤을 분비하여 혈당을 조절하는 역할을 하고 이자액은 탄수화물, 지방, 단백질을 모두 분해하는 효소로 이자관을 통해 작은창자로 운반되게 된다. 이자 초음파 검사 시에는 이자액에 대한 영향을 최소화시키기 위해 당일 금식을 시행한다. 또한 호흡에 의한 이자의 위치가 변화하게 되는데 들숨 (흡기) 시 앞에 가려지는 장기가 간이 위치하게 되므로 더 유리하게 적용할 수 있다 (〈그림 18〉). 또한 정상 이자의 초음파 영상은 간보다 조금 밝게 나타난다^[15,17,18].

6. 콩팥 초음파 검사

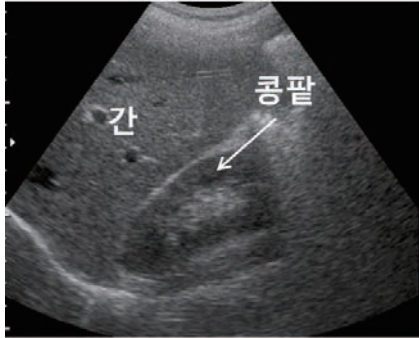
콩팥은 한 쌍의 뒤 복막 장기로서 오른쪽과 왼쪽에 위치하게 된다. 콩팥은 혈장성분을 추가, 제거하는 과정으로 체액의 항상성을 유지하는 매우 중요한 역할을 하며



〈그림 18〉 호흡에 따른 이자 및 주변 장기들의 위치 변화. 위는 가스가 많이 채워지게 되어 이자 앞에 위치하게 되면 초음파 검사가 어려워지게 되기 때문에 날숨에 비하여 들숨에서 검사를 주로 시행하게 됨



〈그림 19〉 정상 이자의 초음파 영상. 간 영상에 비하여 밝게 나타나는 것을 볼 수 있고 아래쪽에는 혈관들이 잘 나타나는 것을 확인할 수 있음.



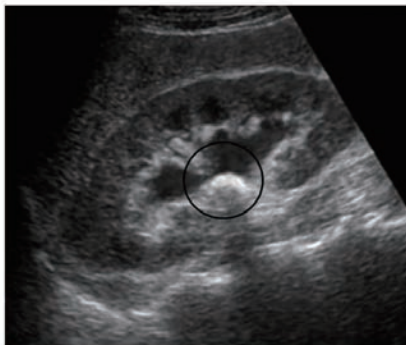
〈그림 20〉 일반적인 콩팥 초음파 영상. 영상에서 곁에 어두운 부분인 실질 부분과 안의 밝은 부분인 콩팥굴이 명확하게 나타남.



(a)



(b)



(c)

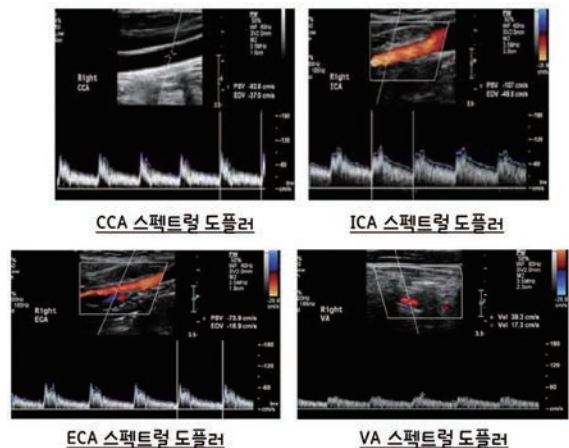
〈그림 21〉 다양한 콩팥 질환의 대표적 초음파 영상 : (a) 마제철신모양의 콩팥, (오른쪽 콩팥과 왼쪽 콩팥이 붉은 기형) (b) 수신증, (c) 콩팥돌

또한 소변 형성 및 배설과 내분비 기관의 역할을 하고 있다. 소변은 사구체 (토리) 여과 - 세뇨관 재흡수 - 세뇨관 분비의 3가지 과정으로 이루어지는데 이러한 기본적인 과정에서 문제점이 발생되어 여러 질병들이 나타나게 된다. 따라서 초음파 검사로 여러 질병들을 진단하게 되며, 사전에 배뇨가 되었는지 반드시 확인 후 눕거나 엎드린 자세로 검사를 시행하게 된다. 진단할 수 있는 대표적인 질환들은 다양한 콩팥의 기형, 혈관 질환 (폐색, 협착 등), 뭇주머니콩팥병, 물콩팥증 (수신증), 콩팥 돌, 콩팥 깔대기염 (신우신염), 콩팥암 등이 있다. 특히나 기본 질환을 만성적으로 진행되게 방치할 경우에는 콩팥기능상실이 발생되어 영구적으로 기능을 회복하지 못하므로 초음파 검사로 조기에 질병들을 진단하는 것이 매우 중요하다^[15,17,18].

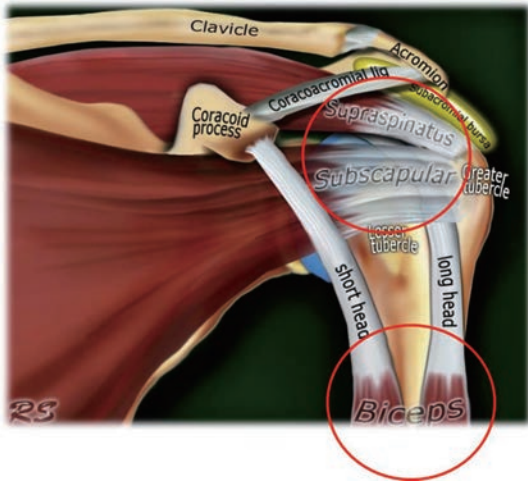
VI. 특수기술 및 최신동향

지금까지 초음파의 발생에서부터 기본원리, 그리고 대표적 임상 적용 분야 및 영상에 관하여 살펴보았다. 이러한 진단 의료 분야에서의 임상적 적용에 대한 관심은 꾸준히 증가하고 있어 특수한 기술 및 더 향상된 기능들이 계속 개발되고 있다.

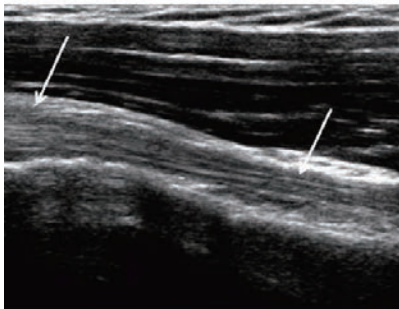
초음파 검사 중 도플러 검사는 혈류 검사에 널리 사용되고 있으며, 특히 목동맥과 심혈관에 관한 검사는 비침



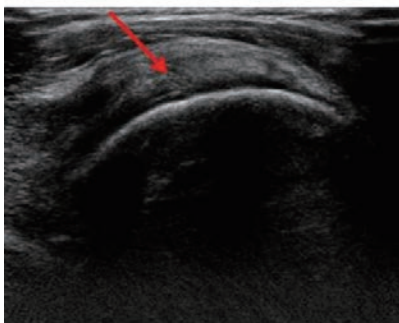
〈그림 22〉 다양한 혈관의 도플러 검사 영상. 온목동맥 (CCA), 속목동맥 (ICA), 바깥목동맥 (ECA), 척추동맥 (VA)의 대표적 영상



〈그림 23〉 어깨의 근육 구조 및 주변 뼈, 그리고 두갈래 힘줄 (biceps tendon), 어깨밑 힘줄 (subscapularis tendon), 가시위 힘줄 (supraspinatus tendon) 등을 포함한 힘줄 형태 모식도



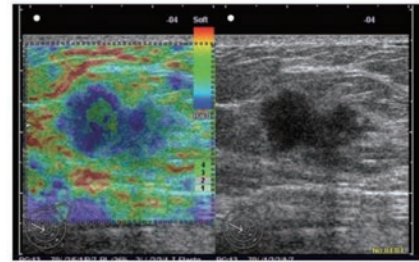
(a)



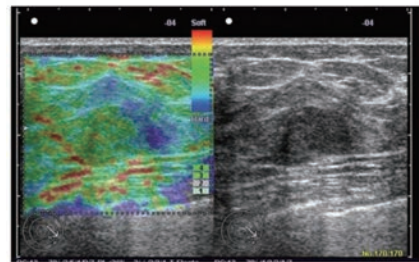
(b)

〈그림 24〉 어깨 근육 (힘줄)의 대표적 초음파 영상 : (a) 두갈래 힘줄 (biceps tendon), (b) 가시위 힘줄 (supraspinatus tendon)

습적으로 혈관을 관찰할 수 있어 가장 많이 이루어지고 있다(〈그림 22〉). 결과적으로 혈관이 좁아진 곳 등을 파악하여 시술 전 후의 흐름을 정확하게 파악할 수 있는 큰 장점이 있다. 또한 심혈관 검사 시 기본적으로 심장의 안쪽 직경, 심근의 두께, 심실과 심방의 기능 등도 쉽게 확



(a)



(b)

〈그림 25〉 유방 탄성 초음파의 대표적 영상 : (a) 유방암, (b) 유방섬유샘종. 유방암은 딱딱함을 나타내는 파란색 부분이 많고, 섬유샘종은 파란색이 적으며 일정한 색깔의 패턴을 보이는 특징이 있음.

인할 수 있어 심혈관 초음파 검사는 최근 건강검진에서도 빈도수가 높아지고 있는 추세이다^[18-19].

최근에는 근골격계를 진단하는데 있어서도 초음파의 접근이 많이 이루어지고 있다. 특히나 어깨근육 및 무릎 연골에 대한 검사가 주를 이루고 있으며, 인대 또는 힘줄이나 연골 손상 등을 쉽게 진단할 수 있는 장점이 있다. 어깨근육 검사는 보통 두갈래 힘줄 (biceps tendon), 어깨밑 힘줄 (subscapularis tendon), 가시위 힘줄 (supraspinatus tendon) 등을 보통 프로브로 스캔하여 진단하게 된다^[21-23].

또한 최근에는 외부의 힘을 가하여 조직의 변형이나 왜곡을 영상화시켜 병변 부위 조직의 단단한 정도로 양성과 악성 종양을 구분해 낼 수 있는 탄성 초음파 (elastography)가 개발되어 사용되고 있다. 매질에 일정한 힘을 가한 후 변형된 정도를 측정하여 그 비율을 구하여 단단한 정도를 수치로 변환 후 색을 다르게 표시하는 원리를 사용한다. 일반적으로 유방이나 갑상선 등에 널리 사용되고 있다^[24-26]. 〈그림 25〉는 유방 초음파 영상에서 탄성 초음파를 적용하여 유방암과 유방섬유샘종의 영상을 획득한 것이다^[27].



참고 문헌

- [1] A. Mittone, A. Bravin, P. Coan, "Radiation dose in breast CT imaging with monochromatic X-rays: simulation study of the influence of energy, composition and thickness", *Physics in Medicine and Biology*, 2014.
- [2] K. Spartiotis, A. Leppanen, T. Pansar, J. Pyyhtia, P. Laukka, K. Muukkonen, O. Mannisto, J. Kinnari, T. Schulman, "A photon counting CdTe gamma- and X-ray camera", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, 2005.
- [3] W. A. Kalender, "X-ray computed tomography", *Physics in Medicine and Biology*, 2006.
- [4] D. J. Brenner, E. J. Hall, "Computed tomography - an increasing source of radiation exposure", *The New England Journal of Medicine*, 2007.
- [5] D. W. Townsend, "Multimodality imaging of structure and function", *Physics in Medicine and Biology*, 2008.
- [6] D. J. Wagenaar, O. Nalcioglu, L. T. Muftuler, M. Szawlowski, M. Kapusta, N. Pavlov, D. Meier, G. MAehlum, "Development of MRI-compatible nuclear medicine imaging detectors", *IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record*, 2006.
- [7] B. J. Pichler, M. S. Judenhofer, C. Catana, J. H. Walton, M. Kneilling, R. E. Nutt, S. B. Siegel, C. D. Claussen, S. R. Cherry, "Performance test of an LSO-APD detector in a 7-T MRI scanner for simultaneous PET/MRI", *Journal of Nuclear Medicine*, 2006.
- [8] G. Brix, U. Lechel, G. Glatting, S. I. Ziegler, W. Munzing, S. P. Muller, T. Beyer, "Radiation exposure of patients undergoing whole-body dual-modality 18F-FDG PET/CT examinations", *Journal of Nuclear Medicine*, 2005.
- [9] A. K. Buck, S. Nekolla, S. Ziegler, A. Beer, B. J. Krause, K. Herrmann, K. Scheidhauer, H. J. Wester, E. J. Rummeny, M. Schwaiger, A. Drzezga, "SPECT/CT", *Journal of Nuclear Medicine*, 2008.
- [10] M. A. Shampo, R. A. Kyle, "Karl Theodore Dussik - Pioneer in ultrasound", *Mayo Clinic Proceedings*, 1995.
- [11] D. Kane, W. Grassi, R. Sturrock, P. V. Balint, "A brief history of musculoskeletal ultrasound: 'from bats and ships to babies and hips'", *Rheumatology*, 2004.
- [12] A. Carovac, F. Smajlovic, D. Junuzovic, "Application of ultrasound in medicine", *Acta Informatica Medica*, 2011.
- [13] J. E. Aldrich, "Basic physics of ultrasound imaging", *Critical Care Medicine*, 2007.
- [14] P. N. T. Wells, "Ultrasonic imaging of the human body", *Reports on Progress in Physics*, 1999.
- [15] 구재홍, 권덕문, 김기홍, 김상현, 김영산, 김용균, 김창수, 김화선, 마상철, 박영순, 박철우, 신정섭, 심말숙, 여진동, 은성중, 이광성, 이선엽, 이성길, 이영진, 이종석, 이준행, 이행기, 임재동, 장영일, 장봉재, 조무성, 지태정, 천해경, 한만석, 한범희, "Ultrasound Physics and Scanning", 청구문화사, 2015.
- [16] D. L. Miller, "Safety assurance in obstetrical ultrasound", *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*, 2009.
- [17] 마상철, 구재홍, 김용균, 김화선, 노시철, 이승규, 이영진, 이혜남, 천해경, 김상현, "영상의학 초음파 물리의 이해", JMK, 2016.
- [18] 강대현, 강혜경, 김보림, 마상철, 박성욱, 박정연, 양정화, 이광성, 이보삼, 이철형, 임창선, 홍시영, "Textbook of Ultrasonography", 대학서림, 2012.
- [19] W. Lee, "General principles of carotid Doppler ultrasonography", *Ultrasonography*, 2014.
- [20] K. W. Beach, R. O. Bergelin, D. F. Leotta, J. F. Primozich, P. M. Severeid, E. T. Stutzman, R. E. Zierler, "Standardized ultrasound evaluation of carotid stenosis for clinical trials: University of Washington Ultrasound Reading Center, Cardiovascular Ultrasound", 2010.
- [21] T. T. Miller, R. S. Adler, "Sonography of tears of the distal biceps tendon", *American Journal of Roentgenology*, 2000.
- [22] J. A. Jacobson, "Shoulder US: anatomy, technique, and scanning pitfalls", *Radiology*, 2011.
- [23] L. P. Guo, W. M. Wang, Y. H. Wang, Y. P. Liu, X. B. Yu, X. J. Ma, "Ultrasound in assessment of supraspinatus tendon injury: correlation with Arthroscopy", *Chinese Medical Journal*, 2016.
- [24] W. K. Jeong, H. K. Lim, H. K. Lee, J. M. Jo, Y. Kim, "Principles and clinical application of ultrasound elastography for diffuse liver disease", *Ultrasonography*, 2014.



[25] E. E. Drakonaki, G. M. Allen, D. J. Wilson, "Ultrasound elastography for musculoskeletal applications", The British Journal of Radiology, 2012.

[26] J. L. Gennisson, T. Defieux, M. Fink, M. Tanter, "Ultrasound elastography: principles and techniques", Diagnostic and Interventional Imaging, 2013.

[27] 조나리아, 문우경, "유방의 실시간 탄성초음파", 대한유방검진학회지, 2007.



이영진

- 2007년 9월 연세대학교 방사선학과 학사
- 2015년 2월 연세대학교 방사선학과 이학박사
- 2007년 9월~2015년 2월 연세대학교 보건과학대학 연구원
- 2013년 3월~2014년 6월 송호대학교 방사선과 외래강사
- 2014년 9월~2014년 12월 연세대학교 방사선학과 외래강사
- 2015년 2월~현재 을지대학교 방사선학과 조교수

〈관심분야〉
의학물리 및 의료영상



이현호

- 2010년 2월 연세대학교 방사선학과 학사
- 2013년 2월 연세대학교 방사선학과 이학석사
- 2010년 9월~2012년 12월 한국원자력연구원 의학물리팀 연구원
- 2012년 9월~2013년 12월 강동경희대병원 방사선종양학과 연구원
- 2014년 1월~2014년 11월 고려대학교 생체의학물리연구실 실장
- 2014년 12월~현재 유성선병원 방사선종양학과 의학물리사

〈관심분야〉
의학물리 및 의료영상