

진단용 초음파 Probe 및 Mode 변화에 따른 초음파 주사빈도가 콩나물 발아 과정에 미치는 영향

최관용 · 임현수¹

충남대학교 대학원 의공학과 협동과정, ¹충남대학교 의학전문대학원 의공학교실

Effect of the Bean Sprouts Growth by Scanning Frequency of Diagnostic Ultrasound Probe Type and Mode Change

Kwanyong Choi and Hyun Soo Lim¹

Department of Biomedical Engineering, Cooperation Course, Chungnam National University

¹Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Chungnam National University

(Manuscript received 21 July 2015; revised 5 October 2015; accepted 6 October 2015)

Abstract: Long time ultrasound scan can cause a temperature rise in human tissue and affect the physical body. This is closely connected with patients' safety. So many researchers have been studied on this matter with animals such as mammals and experimental rat, because diagnostic ultrasound has been used many types of human organ to find disease. Therefore, this study is tested on bean sprouts to search how far the tissue temperature changes because of the excessive scanning consequence from ultrasound diagnosis and frequent number of ultrasonic scanning and how much affect their growth. The United States and several European countries have restrictions for number of scanning, while South Korea does not have any limitation for using ultrasound diagnosis. Comparison was that how different condition affect its' growing. The testing group is like many pregnancy moms to have 50 minutes in B-mode and color doppler mode by linear, convex and sector probe every day for a week and the other is to scan only once during the testing period. As a result, it was confirmed that there was a significant growing difference on frequent ultrasonic scanning group compared to normal one. So the final conclusion is that there needs to have a significant limitation of ultrasound scan time and a number of inspection when having for diagnostic ultrasound and recommendation like USA and a few European countries.

Key words: Effect ultrasonography on bean sprouts, ultrasonography Temperature change, Scan time.

1. 서 론

콩나물은 단백질과 지방질이 많이 함유되어 있을 뿐만 아니라, 비타민 B1, B2, 아스코르브산(ascorbic acid, 비타민 C)의 함유량도 높아 영양적으로도 큰 도움이 되는 식품이다. 콩나물은 일반적으로 콩을 상온에서 4~6시간 침지시켜 물을 충분히 흡수시킨 다음 어두운 상자나 시루 속에 넣고 수

시로 물뿌림(水注)을 하면서 7~10일 정도 재배한다.

소리를 발생하는 진동체를 음원(acoustic source)이라고 하며, 음원에서 발생하는 소리 에너지는 일정한 주파수(frequency)를 가지고 파동의 형태로 전달된다. 의료용 초음파 기기는 1-30 MHz의 고주파수 영역을 이용해 진단용 초음파 영상을 만든다. 이는 음향 저항(acoustic impedance)의 차이가 있는 조직에서 펄스 파(pulse wave)를 인체 내로 투과시켜 반사되는 신호를 컴퓨터로 증폭, 변환하여 영상으로 나타내는 것으로 sonography 또는 sonogram이라고도 부른다[1]. 의료용 초음파 검사는 비 침습 적이며, 다른 진단 방사선 검사와 달리 전리 현상에 의한 부작용이 없기 때문에 진단 및 치료에 널리 사용되고 있다. 국제 초음파 협회

Corresponding Author : Hyun Soo Lim
Department of Biomedical Engineering, College of Medicine,
Chungnam National University 266 Munhwaro Jung-gu
Daejeon, Korea
TEL: +82-10-9413-7829 / E-mail: hslim@cnu.ac.kr

(World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology, WFUMB), 미국 FDA, EU의 ECMUS(European Committee for the Medical Ultrasound Safety)가이드에서는 과도한 초음파 노출을 방지하기 위한 인식이 증가하고 있으며, 초음파기기의 음향출력에 대한 한계치를 안과용 17 mW/cm², 태아 또는 기타 94 mW/cm², 심장용 430 mW/cm², 말초혈관용 720 mW/cm² 으로 제시하였다[2].

일정 이상의 초음파 주사가 인간의 생체조직에 영향을 미친다는 것은 초음파 변환기 근처의 작은 물고기들이 죽는 것을 보고 발견 하였으며, 지난 1927년 미국의 로버트 우드(Robert wood)등은 음파가 생체조직에 미치는 영향을 조사해 약 300 kHz의 초음파를 수 분간 주사했을 때 작은 물고기와 개구리들이 죽는 것을 관찰했다[3].

녹두 성장에 초음파가 미치는 영향을 성장도와 아미노산 함량을 중심으로 측정한 결과 발아는 초음파 주사에 의해 억제되었고, 발아 중에 초음파를 주사한 군에서 현저하게 감소했으며, 초음파 주사 시간이 길수록 아미노산의 함량도 낮아지는 경향을 보였다[4]. 적절한 초음파 주사는 성장도가 촉진되지만, 식물의 종자나 생육중의 식물에 장기간 초음파 처리를 하면 종자 발아 억제현상이 나타난다[5].

초음파는 Probe의 특성에 따라 여러 진단용 의학 분야에서 이용되는데, 산부인과, 내과, 심장내과, 근골격 계통을 보는 신경외과 및 정형외과에서 널리 이용되고 있다. 특히 산부인과 검사에서는 미국의 경우 메사추세츠의 산전 진찰 권고안(2007.7)에 따르면, 13~27주 사이에 태아의 성장과 기형아 판별을 위해 1차례 초음파 진단이 권고되며, 영국의 경우 8~14주에 한번 18~20주 사이에 한번 총 두 차례로 실시된다. 프랑스의 경우에는 3개월에 한 번씩 총 3번 시행하는 것이 기본산전 검사에 포함되어 있다. 하지만 우리나라의 경우 국민건강보험공단 통계에 따르면 임신부들의 초음파 검사 횟수가 평균 10.7회로 선진국에 비해 3배 이상 높다고 밝혀졌다[6].

미국 식품 의약국(FDA)도 이 같은 이유 때문에 2002년부터 의료기관 외의 장소에서 진단 목적이 아닌 단순한 기념 목적으로 태아의 성장단계별 초음파 검사를 금지하고 있다[7]. 최근 근골격계의 검사를 하는 분야에서는 초음파영상을 보면서 통증 부위에 정확한 투약이 가능하다는 초음파 검사의 장점을 이용해 많은 검사를 하고 있다. 하지만 단점으로는 아직 경험이 미숙한 검사자들이 초음파 영상 진단장치는 안전하며 인체에 위해하다는 증거가 아직 없다는 이유로 과도한 초음파 검사를 시행 한다는 것이다. 하지만 장시간의 초음파 검사는 우리 인체의 피부, 근육, 신체조직에 온도 상승이나 물리적인 영향을 줄 수 있어 완전히 무해하다고 단정 할 순 없다.

실제 ‘초음파 시간에 따른 열전도’ 연구논문에 따르면 초

음파 주사 후 50분에는 허벅지의 온도가 초음파 주사 전보다 1°C 이상 올라가는 것이 보고되었으며, ‘진단용 초음파 검사시간에 따른 연부조직의 온도’ 논문에서도 그래프 상으로 점점 증가함을 관찰 할 수 있었다[8]. 선행 연구 결과에 의하면 인체조직은 단시간 동안의 온도 변화에 상당히 민감한 반응을 나타냈으며, 장시간의 초음파검사는 인체조직에 온도 상승과 인체에 영향을 초래할 수 있다. 이는 환자의 안전과 매우 밀접하다는 연구결과, 진단용 초음파가 사람의 생체조직에 사용되는 만큼 연구논문의 방향도 포유류와 같은 생물체에 실험 되어왔다. 식물에 실험한 선행 논문에서는 주파수범위를 kHz의 저주파 범위에서 주사시간에 대한 발아 과정에 미치는 영향을 실험 하였고, 본 실험에서는 현재 병원에서 실제로 사용되고 있는 MHz대의 진단용 초음파 장비를 이용하여 주사 횟수에 대한 콩나물 발아 과정에 미치는 영향을 실험 하였다. 한국과 다른 나라의 임신부 초음파 횟수에 빗대어 초음파를 주사하지 않은 군, 한번만 주사한 군과 매일 주사한 군의 초음파 Probe 종류 및 mode 변경에 따른 13개 실험군의 콩나물 발아 과정에 미치는 영향을 확인하기 위해 본 연구를 수행하게 되었다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구 대상 및 목적

진단용 초음파 장치를 사용하여 콩나물에 초음파 주사 하였을 때 콩나물 발아에 미치는 영향을 실험하였다.

2. 연구기간

2015년 5월 3일 ~ 6월 28일

표 1. GE 이동형 초음파 기기(2003).

Table 1. GE logic book portable(2003).

- Electronic Linear, Convex and Sector Scanning
- B-Mode, M-Mode, Color Flow Mode (CFM)
- Power Doppler Imaging (PDI), PW Doppler

표 2. 검사 장비 설정.

Table 2. Scan setting.

| | Probe type | Mode | Setting depth | Frequency |
|--------|------------|------------|---------------|-----------|
| ① ;N | Normal | - | - | - |
| ② ;L-B | Linear | B-mode | 4 cm | 8 MHz |
| ③ ;L-C | | Color-mode | 4 cm | 4.4 MHz |
| ④ ;C-B | Convex | B-mode | 14 cm | 4 MHz |
| ⑤ ;C-C | | Color-mode | 14 cm | 2.5 MHz |
| ⑥ ;S-B | | Sector | B-mode | 15 cm |
| ⑦ ;S-C | Color-mode | | 15 cm | 2 MHz |

3. 실험기기

표 1 참조.

위 실험 기기는 의료용 장비로 복부, 유방, 근골격계 등의 진단용 검사장비로 Probe의 종류는 ① Linear, ② Convex, ③ Sector Probe로 실험하였다.

표 2 참조.

(1) Linear probe

선상 배열방식으로 가장 기본적인 Probe의 형태이다. 직사각형의 초음파 상을 제공하며 주로 표재성 장기의 진단에 사용된다.

실험 setting의 B-mode는 주파수 8 MHz와 depth 4 cm로 설정하였고, C-mode는 주파수 4.4 MHz와, depth 4 cm로 설정하여 실험하였다.

(2) Convex probe

linear probe와 sector probe의 장점을 가진 형태로 선형 배열방식을 사용한다. 표재성 부근의 상이 좁은 sector probe의 단점을 보완하고 원거리의 장기 진단도 수월하다. 표면이 불룩하기 때문에 부채꼴 모양의 영상이 만들어지며 복부 등의 넓은 부위를 검사하는 데 주로 사용된다.

실험 setting의 B-mode는 주파수 4 MHz와 depth 14 cm로 설정하였고, C-mode는 주파수 2.5 MHz와, depth 14 cm로 설정하여 실험하였다.

(3) Sector probe

위상차 배열방식으로 진동자마다 시간차를 두는 방식으로 화상의 질이 높아진다. 표재성 부근의 상이 좁기 때문에 사각지대가 생기는 단점이 있으나 원거리 부근의 장기 관찰에 매우 용이하다[9].

실험 setting의 B-mode는 주파수 3.2 MHz와 depth 15 cm로 설정하였고, C-mode는 주파수 2 MHz와, depth 15 cm로 설정하여 실험하였다.

4. 실험방법

표 3 참조.

13개의 페트병에 각각 콩나물을 발아 시킨다.

콩은 6시간 발아 시켰으며, 길이는 0.2 cm에서 실험을 시작 하였다. 총 13개의 그룹으로 나누어 매회 50분씩 초음파 주사하였다. 첫째 날 초음파 주사 시간은 오후 4시에 시작하여 초음파를 주사 하지 않은 군, B-mode 1회, B-mode 매일 주사, C-mode 1회, C-mode 매일 주사 순으로 50분씩 초음파 주사를 하였다. 2일차부터 7일차까지는 같은 시간에 B-mode, C-mode 매일 주사하는 그룹에만 50분씩 주사하여 총 7일간 실험하였다. 모든 콩에 하루에 5번씩(8시, 12시, 15시, 19시, 22시)일회용 종이컵 한 컵 기준으로 물을 듬뿍 주었다. 각각의 그룹은 30개의 발아 콩으로 실험 하였으며 실험이 끝나는 7일차에 길이를 측정 하였다. 또한 Linear, Convex, Sector probe 모두 위와 동일한 방법으로 실험하였다.

초음파는 매질에 따라 음파의 전파속도와 흡수, 반사, 산란되는 양이 다르다. 매질에 따라 다른 속도로 이동하다가 서로 다른 음향 저항을 갖는 경계면에 닿으면 일부는 투과하고 나머지는 감쇠한다. 감쇠는 주로 흡수, 반사, 산란을 통해 일어난다. 흡수는 소리에너지가 열에너지로 변하는 것이며, 반사는 음향경계면에 부딪치는 소리의 에너지로 음향저항이 크면 클수록 반사는 많아진다. 산란은 파장보다 반사체가 작을 때 발생하고 반사체가 크고 울퉁불퉁한 경우에도 발생 한다. 이러한 초음파의 물리학적 특성을 고려하여 Control 그룹을 제외한 비교 실험 군에서는 감쇠를 줄이고,

152

표 3. 검사 방법.
Table 3. Scan method.

| Probe type | Mode | Group | Title |
|--|------------|--|-----------|
| Normal | - | Non US | ① ;N |
| | B-mode | setting B-mode, scan only one time | ② ;L-B(1) |
| Linear | Color-mode | setting B-mode, scan one time for seven days | ③ ;L-B(A) |
| | | setting C-mode, scan only one time | ④ ;L-C(1) |
| | B-mode | setting C-mode scan, one time for seven days | ⑤ ;L-C(A) |
| Convex | B-mode | setting B-mode, scan only one time | ⑥ ;C-B(1) |
| | | setting B-mode, scan one time for seven days | ⑦ ;C-B(A) |
| | Color-mode | setting C-mode, scan only one time | ⑧ ;C-C(1) |
| | | setting C-mode scan, one time for seven days | ⑨ ;C-C(A) |
| Sector | B-mode | setting B-mode, scan only one time | ⑩ ;S-B(1) |
| | | setting B-mode, scan one time for seven days | ⑪ ;S-B(A) |
| | Color-mode | setting C-mode, scan only one time | ⑫ ;S-C(1) |
| setting C-mode scan, one time for seven days | | ⑬ ;S-C(A) | |

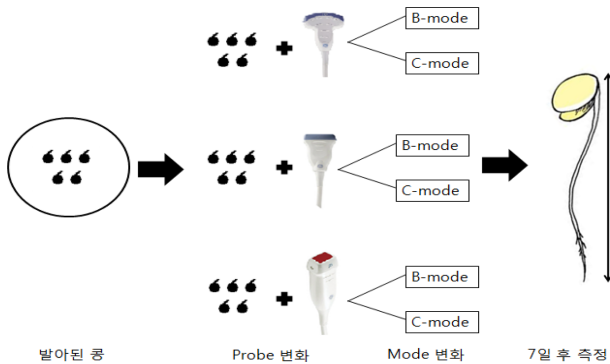


그림 1. 실험 방법 모식도.
Fig. 1. scan method diagram.

투과를 높이기 위해 초음파 젤을 동일하게 사용하였다.

5. 자료 분석

수집된 자료는 통계적 분석으로 SPSS WIN 18.0v 프로그램 사용하였다.

III. 결 과

1. 발아콩의 초음파 사용여부와 성장비교

초음파 사용여부에 따라 발아된 콩의 성장을 측정하였다. B-mode 초음파를 이용하여 1회 50분 주사한 발아콩 중 Linear probe와 Sector probe Type에서는 초음파를 사용하지 않은 발아콩보다 통계적으로 유의한 차이로 성장이 둔화되었다(p < 0.05). 또한 B-mode 초음파를 이용하여 매일 50분간 7일 동안 주사한 것과 C-mode 초음파를 이용하여 1회 50분 주사한 발아콩, 매일 7일 동안 주사한 발아콩 모두 초음파를 주사하지 않은 것보다 통계적으로 유의한 차이로 성장이 둔화되었다(p < 0.01). 4개 Type별로 구분하면 매일 초음파를 주사한 발아콩의 성장세가 현저히 둔화되는

표 4. 발아콩의 초음파 사용여부와 성장비교.
Table 4. Applying ultrasound scanning on bean sprouts and their growth.

| Character*** | Unit: cm(± SD). | | | |
|--------------|------------------|------------------|------------------|-------------|
| | Linear (n = 120) | Convex (n = 120) | Sector (n = 120) | Total |
| Non US | - | - | - | 13.2(1.8) |
| B(1) | 10.9(2.1)* | 10.0(2.0) | 11.7(1.6)* | 10.9(2.0)** |
| B(A) | 6.5(1.0) | 3.4(0.5) | 2.5(0.5) | 4.1(1.9)** |
| C(1) | 10.2(2.0) | 10.9(1.6) | 10.3(1.7) | 10.5(1.8)** |
| C(A) | 6.7(0.9) | 2.8(0.4) | 3.8(0.7) | 4.4(1.8)** |

*p < 0.05, **p < 0.01 Statistical significance was evaluated by paired Test(Non-US)
***B(1): B-mode 1 shot. B(A): B-mode every day, C(1): C-mode 1 shot, C(A): C-mode every day

것을 확인할 수 있었다(p < 0.01)(표 4).

2. Probe Type 별 초음파 주사와의 비교

초음파 주사 방법에 따른 Probe type 별 평균 분석을 한 결과 B-mode 1회 50분 주사한 발아콩은 Linear와 Convex Type과는 차이가 없으며, Linear와 Sector Type과는 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p = 0.003). B, C-mode의 7일간 매일 50분 주사 시 Probe type과 관계없이 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p = 0.000). 하지만 C-mode 초음파를 이용하여 1회 50분 주사한 발아콩은 Probe Type 별 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p = 0.292)(표 5).

3. 발아콩의 초음파 사용에 따른 상관관계 분석

초음파를 주사하지 않은 발아콩과 주사한 발아콩의 연속적으로 측정된 두 성장값에 대한 관계성을 알아보고자 단순 상관분석법(Bivariate correlation analysis)으로 확인하였다. 그 결과 B-mode 1회 50분 주사와 C-mode 매일 50분 7일간 초음파를 주사한 발아콩이 성장과 관계가 있었으며, 초음파 Probe Type별로 발아콩의 성장에 따른 연관성을 분석한 결과 B, C-mode 매일 50분 7일 주사한 것과 관계가 있었다(표 6).

표 5. Probe Type별 초음파 주사와의 비교.
Table 5. Relationship between different probe types.

| Character** | Linear (n = 120) | Convex (n = 120) | Sector (n = 120) | p* |
|-------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| B(1) | a† | a | c† | 0.003 |
| B(A) | a | b† | c | 0.000 |
| C(1) | a | a | a | 0.292 |
| C(A) | a | b | c | 0.000 |

*Statistical significances were tested by Oneway analysis of variances among groups
**B(1): B-mode 1 shot. B(A): B-mode every day, C(1): C-mode 1 shot, C(A): C-mode every day
†The same letters indicate non-significant difference between groups based on Tukey's multiple comparison test(a, b, c).

표 6. 발아콩의 초음파 사용에 따른 상관관계 분석.
Table 6. The correlation analysis on ultrasound scanning on bean sprouts.

| Character NonUS | B(1) | B(A) | C(1) | C(A) | Probe |
|-----------------|--------|--------|-------|--------|--------|
| Non-US | 1 | -.294* | -.152 | .159 | -.330* |
| B(1) | -.294* | 1 | -.111 | -.161 | -.007 |
| B(A) | -.152 | -.111 | 1 | .024 | .812* |
| C(1) | .159 | -.161 | .024 | 1 | -.044 |
| C(A) | -.330* | -.007 | .812* | -.044 | 1 |
| Probe | .168 | -.884* | .017 | -.668* | 1 |

*Statistical significances were tested Person's correlation coefficient

IV. 고 찰

한국의 산부인과 초음파 검사 횟수는 다른 나라와 비교하였을 때 약 3배 정도 많이 실시하고 있다. 따라서 초음파 검사 횟수에 따른 신체에 미치는 영향을 간접적으로 확인하기 위해 과도한 초음파 주사가 콩나물의 성장에 미치는 영향을 확인하고자, 발아기에 한번 주사한 군과, 매일 주사한 군의 성장을 비교 실험 하게 되었다.

동물 실험 논문들의 결과에서도 초음파를 장시간 주사하면 상당한 열을 조직 안에서 발생시킬 수 있어, 일부 동물 실험의 경우엔 기형이 생기는 것을 발견하였다[10].

Campbell과 Elford는 2세에서 8세사이의 72명의 어린 이를 대상으로 초음파에 노출된 그룹과 초음파에 노출되지 않은 그룹을 비교한 결과 초음파에 노출된 그룹에서는 언어를 배우는 것이 2배 느리다는 연구결과를 발표했다[11]. Devi, Suresh, Hande는 초음파에 노출된 그룹의 쥐에서는 운동능력과 이동능력의 감소되었다[12].

초음파는 물질과 여러 상호작용을 하는데 여러 초음파의 성질 중 흡수에 의해서 생기는 열과, 반사에 의해 생기는 공기와의 음향 저항을 최대한 감소시키기 위해 Probe와 콩 사이에 젤을 바르고 실험하였다. 초음파의 물리적 특성인 흡수, 반사, 산란에 따른 콩나물의 성장에 미치는 초음파의 유해성을 입증하고자 실험하였다. 초음파 Probe의 type 및 mode 변화에 따른 영향과, 초음파 빈도수 차이에 의한 콩나물의 길이변화를 측정하였다. 모든 Probe에서의 B-mode 및 C-mode 발아 중 1회만 주사한 군은 초음파를 주사하지 않은 군과의 길이 차이는 크지 않았다. 하지만 매일 50분씩 초음파를 주사하여 키운 군과, 초음파를 주사하지 않은 군과의 평균길이는 약 10 cm정도 차이가 나타남을 관찰할 수 있었다. 7일 동안 매일 50분씩 주사된 각 Probe 출력과 주파수 특성에 따른 분류에서는 Linear Probe에서 발아된 콩나물의 평균값은 주파수 대역이 비슷한 Convex, Sector Probe의 평균값보다 2배 정도의 높은 성장을 보였다. 이는 높은 출력과 저주파수의 영역일수록 장시간 주사와 주사 횟수의 제한이 있어야 한다.

V. 결 론

위 실험에서 알 수 있듯이 식물 또한 초음파 주사 시간과 횟수가 많아질수록 콩나물의 성장에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 위의 결과에 의해 의학적인 검사의 제한은 필요는 없으나, 진단 초음파에서 ALARA (As Low As Reasonably Achievable)의 원리를 적용하기 위해 단순 상업수단이 아닌 의학적으로 타당한 경우에만 사용해야한다. 가능한 주사 시간을 줄이고 외국의 권고사항과 같이 적절한 검

사 횟수와 목적, 방법을 제시해야 하며, 초음파 의료 종사자는 이에 대한 이해도를 숙지해야한다. 또한 임산부에게도 이러한 내용을 이해시킬 필요가 있다. 결론적으로 초음파 종사자들은 검사에 대한 지식과 숙련도 향상을 위한 노력이 필요하고, 우리나라에서도 초음파 검사시간 단축 및 검사횟수의 권고기준을 만들고 따른다면 인체와 식물에 미치는 해는 미약하다고 추론할 수 있다.

본 연구에서는 실험실 자체의 온도 변화에 의한 콩나물의 성장에도 영향을 미쳤을 것이며, 향후 연구에서는 식물이 잘 자랄 수 있는 최적의 온도, 습도를 적용해 일정하게 유지시키며 실험을 할 수 있는 보완이 이루어져야한다.

Reference

- [1] Fikir M Abu-Zidan, Ashraf F Hefny, Perter Corr. "Clinical ultrasound physics". J Emerg Trauma Shock. vol. 4, no. 4, pp. 501-503, 2011.
- [2] Merrit CR, Kremkau FW, Hobbins JC. "Diagnostic ultrasound: bioeffects and safety". Ultrasound Obstet Gynecol vol. 2, no. 5, pp. 366-374, 1992.
- [3] Lyons EA, Dyke C, Toms M, Cheang M. "In utero exposure to diagnostic ultrasound: a 6-year follow-up". Radiology vol. 166, no. 3, pp. 687-90, 1988.
- [4] Moo-seok, Koh, Y,B Lee. "The effects of ultrasonic irradiation on germination of mung bean". J. kroean soc. food nutr. vol. 18, no. 2, pp. 153-159, 1989.
- [5] Carstensen, E. l., Child, S. Z., Law, w. k., Horowitz, D. R. & Miller, M. W. "Cavitation as a mechanism for the biological effects of ultrasound on plant roots". J J Acoust Soc Am, vol. 66, no. 5, pp. 1285-1291, 1979.
- [6] Jiwon kim, "Temperature changes in soft tissue according to diagnostic ultrasound scan time". department of biomedical engineering, graduate school, chungnam national university. pp. 17-19, 2013.
- [7] Benacerraf BR. "Three-dimensional fetal sonography : use and misuse". Ultrasound Med vol. 21, no. 10, pp. 1063-1067, 2002.
- [8] Jiwon kim, Hyunsoo Lim, "A study on temperature changes in thigh according to diagnostic ultrasonography scan time". journal of the korean society of Radiology, vol. 6, no. 3, pp. 201-206, 2012.
- [9] Sang-Jin Shin, M.D., and Byoung-Jin Jeong, M.D. "principle and comprehension of ultrasound imaging". The journal of the korean orthopaedic association vol. 48, no. 5, pp. 325-332, 2013.
- [10] Church CC, Miller MW. "Quantification of risk from fetalexposure to diagnostic". Prog Biophys Mol Biol : vol. 93, no. 1, pp. 331-353, 2007.
- [11] Campbell, J.D., Elford, R.W. & Brant R.F. "Case-Controlled Study of Prenatal Ultrasound Exposure in Children with Delayed Speech". Canadian Medical Association Journal, vol. 149, no. 10, pp. 1435-1440, 1993.
- [12] Devi, P.U., Suresh, R., & Hande, M.P. "Effect of fetal exposure to ultrasound on the behavior of the adult mouse". Radiat Res(QMP), vol. 141, no. 3, pp. 314-7, 1995.