



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년07월26일
 (11) 등록번호 10-1643101
 (24) 등록일자 2016년07월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 A61B 8/08 (2006.01) A61B 5/00 (2006.01)
 A61B 8/00 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 A61B 8/0875 (2013.01)
 A61B 5/4509 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2015-0097630
 (22) 출원일자 2015년07월09일
 심사청구일자 2015년07월09일
 (56) 선행기술조사문헌
 US20140180113 A1*
 논문1
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 강원대학교산학협력단
 강원도 춘천시 강원대학길 1 (효자동)
 (72) 발명자
 이강일
 강원도 춘천시 지석로 67, 현진에버빌2차 212동 501호
 (74) 대리인
 특허법인태동

전체 청구항 수 : 총 12 항

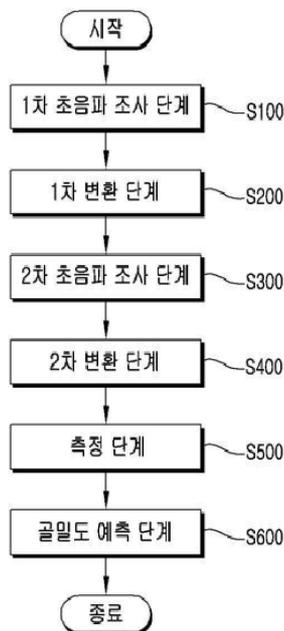
심사관 : 박승배

(54) 발명의 명칭 **양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 방법 및 장치**

(57) 요약

본 발명에 따른 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 방법은, 초음파 변환부로부터 전기적 신호를 제공받아 해면질골의 일측에 위치한 제 1 트랜스듀서가 상기 해면질골로 초음파를 조사하는 1차 초음파 조사 단계, 상기 해면질골의 타측에 위치한 제 2 트랜스듀서가 상기 해면질골을 투과한 초음파를 수신하여 상기 초음파 변환부 (뒷면에 계속)

대표도 - 도2



로 전달하고, 상기 초음파 변환부가 수신된 초음파 신호를 시간반전하여 변환시키는 1차 변환 단계, 상기 초음파 변환부에 의해 변환된 초음파 신호를 상기 제 2 트랜스듀서로 전달하여, 상기 제 2 트랜스듀서가 상기 해면질골에 시간반전된 초음파 신호를 조사하는 2차 초음파 조사 단계, 상기 제 2 트랜스듀서가 조사하여 상기 해면질골을 투과한 초음파 신호를 상기 제 1 트랜스듀서에서 수신하여 상기 초음파 변환부로 전달하고, 상기 초음파 변환부가 수신한 초음파 신호를 전기적 신호로 변환하는 2차 변환 단계, 측정부가 상기 초음파 변환부에 의해 변환된 전기적 신호로부터 초음파 감쇠계수를 측정하는 측정 단계 및 상기 측정부에 의해 측정된 초음파 감쇠계수를 연산부로 전달하고, 연산부가 초음파 감쇠계수를 선형 회귀분석하여 상기 해면질골의 골밀도를 예측하는 골밀도 예측 단계를 포함하여 마련된다.

이로 인해, 본 발명은 해면질골의 골밀도 예측에 있어서, 해면질골에 단 하나의 방향으로 초음파를 투과시켜 골밀도를 예측하는 기존의 정량적 초음파 기술 대신, 새로운 방법으로 종골과 같은 해면질골에 양방향으로 초음파를 투과시켜 보다 정확하게 골밀도를 예측할 수 있다.

(52) CPC특허분류

A61B 8/4494 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2014R1A1A1A05002187
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	신진연구지원사업
연구과제명	골다공증 진단을 위한 선형 및 비선형 초음파 기술 개발
기 여 율	1/1
주관기관	강원대학교 산학협력단
연구기간	2015.05.01 ~ 2016.04.30

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

초음파 변환부로부터 전기적 신호를 제공받아 해면질골의 일측에 위치한 제 1 트랜스듀서가 상기 해면질골로 초음파를 조사하는 1차 초음파 조사 단계;

상기 해면질골의 타측에 위치한 제 2 트랜스듀서가 상기 해면질골을 투과한 초음파를 수신하여 상기 초음파 변환부로 전달하고, 상기 초음파 변환부가 수신된 초음파 신호를 시간반전하여 변환시키는 1차 변환 단계;

상기 초음파 변환부에 의해 변환된 초음파 신호를 상기 제 2 트랜스듀서로 전달하여, 상기 제 2 트랜스듀서가 상기 해면질골에 시간반전된 초음파 신호를 조사하는 2차 초음파 조사 단계;

상기 제 2 트랜스듀서가 조사하여 상기 해면질골을 투과한 초음파 신호를 상기 제 1 트랜스듀서에서 수신하여 상기 초음파 변환부로 전달하고, 상기 초음파 변환부가 수신한 초음파 신호를 전기적 신호로 변환하는 2차 변환 단계;

측정부가 상기 초음파 변환부에 의해 변환된 전기적 신호로부터 초음파 감쇠계수를 측정하는 측정 단계; 및

상기 측정부에 의해 측정된 초음파 감쇠계수를 연산부로 전달하고, 연산부가 초음파 감쇠계수를 선형 회귀분석하여 상기 해면질골의 골밀도를 예측하는 골밀도 예측 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 트랜스듀서가 조사하는 초음파의 중심주파수는 300 kHz 내지 600 kHz의 범위내로 마련되는 것을 특징으로 하는 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 트랜스듀서와 상기 제 2 트랜스듀서간의 간격은, 상기 제 1 트랜스듀서의 근거리음장 거리(Near Field Distance; NFD)의 두배로 마련되고, 상기 해면질골과 상기 제 1 트랜스듀서와의 간격은 상기 제 1 트랜스듀서의 근거리음장 거리(Near Field Distance; NFD)로 마련되는 것을 특징으로 하는 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 측정 단계에서, 상기 초음파 감쇠계수는 하기의 수학적 식 1에 의해 도출되는 것을 특징으로 하는 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 방법.

[수학적 식 1]

$$\alpha(f) = \frac{8.686}{2d} \log_{10} \left[\frac{P_w(f)}{P_s(f)} \right]$$

[단위 : dB / cm]

(여기서, $\alpha(f)$ 는 초음파 감쇠계수, f 는 주파수, d 는 해면질골의 두께, $P_s(f)$ 는 해면질골이 존재할

때 측정된 파워스펙트럼 레벨, $P_w(f)$ 는 해면질골이 존재하지 않을 때 측정된 파워스펙트럼 레벨이다.)

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 측정 단계는 상기 초음파 감쇠계수를 300 kHz부터 600 kHz까지의 초음파 주파수 영역에서 측정하는 것을 특징으로 하는 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 골밀도 예측 단계에서 상기 연산부가 상기 해면질골을 선형 회귀분석하기 위한 파라미터는, 적어도 광대역 초음파 감쇠(Normalized Broadband Ultrasound Attenuation; nBUA)를 포함하는 것을 특징으로 하는 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 방법.

청구항 7

양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 장치로서,

해면질골의 양측에 각각 위치하여, 상기 해면질골에 초음파를 조사하고, 조사된 초음파를 수신하는 제 1 트랜스듀서 및 제 2 트랜스듀서;

상기 제 1 트랜스듀서 및 제 2 트랜스듀서에 전기적 신호를 제공하고, 수신한 초음파 신호를 전기적 신호로 변환하는 초음파 변환부;

상기 초음파 변환부에 의해 변환된 전기적 신호를 분석하여 초음파 감쇠계수를 측정하는 측정부; 및

상기 측정부에서 측정된 상기 초음파 감쇠계수를 선형 회귀분석하여 상기 해면질골의 골밀도를 예측하는 연산부;를 포함하고,

상기 제 1 트랜스듀서가 초음파 신호를 조사하여 상기 해면질골을 투과한 초음파 신호를 상기 제 2 트랜스듀서가 수신하면, 상기 초음파 변환부가 상기 제 2 트랜스듀서가 수신한 초음파 신호를 시간반전하여 변환하고,

상기 제 2 트랜스듀서는 상기 초음파 변환부에 의해 시간반전하여 변환된 초음파 신호를 상기 해면질골에 조사하는 것을 특징으로 하는 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 장치.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 제 1 트랜스듀서가 조사하는 초음파 신호의 중심주파수는 300 kHz 내지 600 kHz의 범위내로 마련되는 것을 특징으로 하는 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 장치.

청구항 11

제 7 항에 있어서,

상기 제 1 트랜스듀서와 상기 제 2 트랜스듀서간의 간격은, 상기 제 1 트랜스듀서의 근거리음장 거리(Near Field Distance; NFD)의 두배로 마련되고, 상기 해면질골과 상기 제 1 트랜스듀서와의 간격은 상기 제 1 트랜스듀서의 근거리음장 거리(Near Field Distance, NFD)으로 마련되는 것을 특징으로 하는 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 장치.

청구항 12

제 7 항에 있어서,

상기 측정부는 상기 초음파 감쇠계수를 하기의 수학적 식 1에 의해 도출하는 것을 특징으로 하는 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 장치.

[수학적 식 1]

$$\alpha(f) = \frac{8.686}{2d} \log_{10} \left[\frac{P_w(f)}{P_s(f)} \right]$$

[단위 : dB / cm]

(여기서, $\alpha(f)$ 는 초음파 감쇠계수, f 는 주파수, d 는 해면질골의 두께, $P_s(f)$ 는 해면질골이 존재할

때 측정된 파워스펙트럼 레벨, $P_w(f)$ 는 해면질골이 존재하지 않을 때 측정된 파워스펙트럼 레벨이다.)

청구항 13

제 7 항에 있어서,

상기 측정부는, 상기 초음파 감쇠계수를 300 kHz부터 600 kHz까지의 초음파 주파수 영역에서 측정하는 것을 특징으로 하는 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 장치.

청구항 14

제 7 항에 있어서,

상기 연산부에서 상기 해면질골을 선형 회귀분석하기 위한 파라미터는, 적어도 광대역 초음파 감쇠(Normalized Broadband Ultrasound Attenuation; nBUA)를 포함하는 것을 특징으로 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 골다공증은 골소실에 의한 골량의 감소 및 골조직의 미세구조 파괴로 인해 뼈가 약해짐에 따라 작은 충격에도 쉽게 골절이 발생할 수 있는 질환으로, 골다공증을 진단하는 종래기술로는 단순 X-선 촬영법, 이중에너지 X-선 흡수계측법(Dual Energy X-ray Absorptiometry) 및 정량적 초음파(Quantitative Ultrasound) 기술 등이 있다.

[0003] 이러한 종래기술 중 단순 X-선 촬영법이나 이중에너지 X-선 흡수계측법은 척추골 등의 단위면적당 골밀도를 측정하여 골다공증을 진단하기 위해 환자의 몸에 유해한 영향을 미칠 수 있는 저에너지 및 고에너지의 방사선을 조사하는 과정이 불가피했다.

[0004] 최근에는 기존 방사선 촬영방식의 골다공증 진단기술을 개선하기 위해, 초음파를 이용한 정량적 초음파 기술이 각광받고 있다. 정량적 초음파 기술은 초음파를 이용한 골다공증 진단 방법으로서, 종래의 X-선을 이용한 골다공증 진단법에 비해 인체에 미치는 유해한 영향이 거의 없으며, 사용이 간편하고 가격이 저렴한 장점을 가지고 있다.

[0005] 정량적 초음파 기술은 초음파를 해면질골로 이루어진 인체의 종골(Calcaneus)에 조사하고, 종골의 음속(Speed Of Sound; SOS) 및 광대역 초음파 감쇠(Normalized Broadband Ultrasound Attenuation; nBUA)를 측정함으로써 골밀도(Bone Mineral Density; BMD)를 간접적으로 예측하고 골다공증을 진단한다. 초음파를 이용한 골다공증 진단

단 기술은 대한민국 공개특허공보 공개번호 제10-2005-0038812호(출원일 : 2003.10.23.), 공개특허공보 공개번호 제10-2003-0034550호(출원일 : 2001.10.26.) 등에 제시된 바 있다.

[0006] 그러나 기존의 정량적 초음파 기술은 인체의 종골을 둘러싸고 있는 연조직의 두께, 종골의 이소성, 측정 시 발의 위치, 및 초음파 입사각에 따른 측정 오차가 크고 재현성이 부족하므로 골다공증 진단의 정확도에 단점을 가지고 있으며, 부수적인 방법으로 사용되는 것이 현실이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해 창작된 것으로, 종골과 같은 해면질골에 양방향으로 초음파를 투과시켜 보다 정확하게 골밀도를 예측할 수 있는 새로운 기술을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기의 목적은, 초음파 변환부로부터 전기적 신호를 제공받아 해면질골의 일측에 위치한 제 1 트랜스듀서가 상기 해면질골로 초음파를 조사하는 1차 초음파 조사 단계, 상기 해면질골의 타측에 위치한 제 2 트랜스듀서가 상기 해면질골을 투과한 초음파를 수신하여 상기 초음파 변환부로 전달하고, 상기 초음파 변환부가 수신된 초음파 신호를 시간반전하여 변환시키는 1차 변환 단계, 상기 초음파 변환부에 의해 변환된 초음파 신호를 상기 제 2 트랜스듀서로 전달하여, 상기 제 2 트랜스듀서가 상기 해면질골에 시간반전된 초음파 신호를 조사하는 2차 초음파 조사 단계, 상기 제 2 트랜스듀서가 조사하여 상기 해면질골을 투과한 초음파 신호를 상기 제 1 트랜스듀서에서 수신하여 상기 초음파 변환부로 전달하고, 상기 초음파 변환부가 수신한 초음파 신호를 전기적 신호로 변환하는 2차 변환 단계, 측정부가 상기 초음파 변환부에 의해 변환된 전기적 신호로부터 초음파 감쇠계수를 측정하는 측정 단계 및 상기 측정부에 의해 측정된 초음파 감쇠계수를 연산부로 전달하고, 연산부가 초음파 감쇠계수를 선형 회귀분석하여 상기 해면질골의 골밀도를 예측하는 골밀도 예측 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 방법에 의해 달성될 수 있다.

[0009] 이때, 상기 제 1 트랜스듀서가 조사하는 초음파의 중심주파수는 300 kHz 내지 600 kHz의 범위내로 마련된다.

[0010] 그리고, 상기 제 1 트랜스듀서와 상기 제 2 트랜스듀서간의 간격은, 상기 제 1 트랜스듀서의 근거리음장 거리(Near Field Distance; NFD)의 두배로 마련되고, 상기 해면질골과 상기 제 1 트랜스듀서와의 간격은 상기 제 1 트랜스듀서의 근거리음장 거리(Near Field Distance; NFD)로 마련된다.

[0011] 또한, 상기 측정 단계에서, 상기 초음파 감쇠계수는 하기의 수학적 식 1에 의해 도출된다.

[0012] [수학적 식 1]

$$\alpha(f) = \frac{8.686}{2d} \log_{10} \left[\frac{P_w(f)}{P_s(f)} \right]$$

[0013] [단위 : dB / cm]

[0014] (여기서, $\alpha(f)$ 는 초음파 감쇠계수, f 는 주파수, d 는 해면질골의 두께, $P_s(f)$ 는 해면질골이 존재할 때 측정된 파워스펙트럼 레벨, $P_w(f)$ 는 해면질골이 존재하지 않을 때 측정된 파워스펙트럼 레벨이다.)

[0015] 그리고, 상기 계산 단계는 상기 초음파 감쇠계수를 300 kHz부터 600 kHz까지의 초음파 주파수 영역에서 측정한다.

[0016] 또한, 상기 골밀도 예측 단계에서 상기 연산부가 상기 해면질골을 선형 회귀분석하기 위한 파라미터는, 적어도 광대역 초음파 감쇠(Normalized Broadband Ultrasound Attenuation; nBUA)를 포함한다.

[0018] 한편, 상기의 목적은, 해면질골의 양측에 각각 위치하여, 상기 해면질골에 초음파를 조사하고, 조사된 초음파를 수신하는 제 1 트랜스듀서 및 제 2 트랜스듀서, 상기 제 1 트랜스듀서 및 제 2 트랜스듀서에 전기적 신호를 제공하고, 수신한 초음파 신호를 전기적 신호로 변환하는 초음파 변환부, 상기 초음파 변환부에 의해 변환된 전기

적 신호를 분석하여 초음파 감쇠계수를 측정하는 측정부 및 상기 측정부에서 측정된 상기 초음파 감쇠계수를 선형 회귀분석하여 상기 해면질골의 골밀도를 예측하는 연산부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 장치에 의해 달성될 수 있다.

[0019] 이때, 상기 제 1 트랜스듀서가 초음파 신호를 조사하여 상기 해면질골을 투과한 초음파 신호를 상기 제 2 트랜스듀서가 수신하면, 상기 초음파 변환부가 상기 제 2 트랜스듀서가 수신한 초음파 신호를 시간반전하여 변환한다.

[0020] 그리고, 상기 제 2 트랜스듀서는 상기 초음파 변환부에 의해 시간반전하여 변환된 초음파 신호를 상기 해면질골에 조사한다.

[0021] 이때, 제 1 트랜스듀서가 조사하는 초음파 신호의 중심주파수는 300 kHz 내지 600 kHz의 범위내로 마련된다.

[0022] 또한, 상기 제 1 트랜스듀서와 상기 제 2 트랜스듀서간의 간격은, 상기 제 1 트랜스듀서의 근거리음장 거리(Near Field Distance; NFD)의 두배로 마련되고, 상기 해면질골과 상기 제 1 트랜스듀서와의 간격은 상기 제 1 트랜스듀서의 근거리음장 거리(Near Field Distance, NFD)으로 마련된다.

[0023] 그리고, 상기 측정부는 상기 초음파 감쇠계수를 하기의 수학적 식 1에 의해 도출한다.

[0024] [수학적 식 1]

$$\alpha(f) = \frac{8.686}{2d} \log_{10} \left[\frac{P_w(f)}{P_s(f)} \right]$$

[0025] [단위 : dB / cm]

[0026] (여기서, $\alpha(f)$ 는 초음파 감쇠계수, f 는 주파수, d 는 해면질골의 두께, $P_s(f)$ 는 해면질골이 존재할 때 측정된 파워스펙트럼 레벨, $P_w(f)$ 는 해면질골이 존재하지 않을 때 측정된 파워스펙트럼 레벨이다.)

[0027] 그리고, 상기 연산부에서 상기 해면질골을 선형 회귀분석하기 위한 파라미터는, 적어도 광대역 초음파 감쇠(Normalized Broadband Ultrasound Attenuation; nBUA)를 포함한다.

발명의 효과

[0028] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명에 의하면, 초음파 조사를 통해 골밀도의 예측이 이루어지므로 환자가 방사선에 노출되지 않으므로 환자에게 안전한 측정 방법을 제공하는 효과가 있다.

[0029] 또한, 본 발명은 해면질골(B)의 골밀도 예측에 있어서 기존의 정량적 초음파 기술에 사용되는 파라미터 중의 하나인 광대역 초음파 감쇠(Normalized Broadband Ultrasound Attenuation; nBUA)를 종골과 같은 해면질골에 양방향으로 초음파를 투과시켜 보다 정확하게 골밀도를 예측할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 골밀도 예측 장치를 도시한 것이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 골밀도 예측 방법이 도시된 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 골밀도 예측 방법에 의해 획득된 초음파 신호의 파형과, 초음파 신호의 파워스펙트럼 레벨이 도시된 도표이다.

도 4는 비교예 1의 골밀도 예측 방법에 의해 획득된 초음파 신호의 파형과, 초음파 신호의 파워스펙트럼 레벨이 도시된 도표이다.

도 5는 비교예 2의 골밀도 예측 방법에 의해 획득된 초음파 신호의 파형과, 초음파 신호의 파워스펙트럼 레벨이 도시된 도표이다.

도 6은 본 발명의 실시예, 비교예 1 및 비교예 2의 골밀도 예측 방법에 따라서 획득된 초음파 감쇠계수가 도시된 도표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 첨부된 도면을 참조하여 더 구체적으로 설명하되, 이미 주지된 기술적 부분에 대해서는 설명의 간결함을 위해 생략하거나 압축하기로 한다.
- [0033] <본 발명의 골밀도 예측 장치(10)에 대한 설명>
- [0034] 본 발명의 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 장치(10)는 제 1 트랜스듀서(110), 제 2 트랜스듀서(120), 초음파 변환부(130), 측정부(140) 및 연산부(150)를 포함하여 구성되고, 이에 대하여 도 1을 참조하여 설명한다.
- [0036] 제 1 트랜스듀서(110)는 해면질골(B)의 일측에 위치하여, 초음파 변환부(130)로부터 전기적 신호를 제공받아 해면질골(B)에 초음파 신호를 조사하여 해면질골(B) 내부로 초음파 신호를 투과시킨다.
- [0037] 또한, 제 1 트랜스듀서(110)는 제 2 트랜스듀서(120)에서 조사한 초음파 신호를 수신하는 것이 가능하다.
- [0038] 제 2 트랜스듀서(120)는 해면질골(B)의 타측에 위치하며, 제 1 트랜스듀서(110)에 의해 조사된 초음파 신호를 수신한다.
- [0039] 또한, 제 2 트랜스듀서(120)는 초음파 변환부(130)에 의해 시간반전된 초음파 신호를 제 1 트랜스듀서(110)로 초음파 신호를 조사하는 것이 가능하다.
- [0040] 본 발명의 일실시예에서 사용된 제 1 트랜스듀서(110) 및 제 2 트랜스듀서(120)는 12.7 mm의 직경을 갖는 것으로 이용되었으며, 중심주파수는 300 kHz 내지 600 kHz 사이로 마련되는 것이 바람직하며, 본 발명의 실시예에서는 500 kHz의 중심주파수를 갖는 것이 이용되었다.
- [0041] 도 1에 도시된 바와 같이, 제 1 트랜스듀서(110) 및 제 2 트랜스듀서(120)는 서로 마주보도록 배열되었으며, 제 1 트랜스듀서(110) 및 제 2 트랜스듀서(120)의 사이에는 측정대상물인 해면질골(B)이 수중에 설치된다.
- [0042] 제 1 트랜스듀서(110) 및 제 2 트랜스듀서(120)가 가지는 고유한 파라미터인 근거리음장 거리(Near Field Distance; NFD)는 53 mm 이며 이에 한정되지는 않는다.
- [0043] 이때, 제 1 트랜스듀서(110) 및 제 2 트랜스듀서(120)간의 간격은 근거리음장 거리의 배수로 마련되며, 본 발명의 실시예에서는 근거리 음장의 두 배인 106 mm로 마련된다.
- [0044] 또한, 해면질골(B)과 제 1 트랜스듀서(110)와의 간격은 제 1 트랜스듀서(110)의 근거리음장 거리인 53 mm로 마련된다.
- [0046] 초음파 변환부(130)는 제 1 트랜스듀서(110) 혹은 제 2 트랜스듀서(120)가 조사할 전기적 신호를 제공하거나, 수신된 초음파 신호를 변환하는 구성요소이다.
- [0047] 상세하게는, 제 1 트랜스듀서(110)에서 최초로 조사할 초음파 신호를 생성하기 위해 전기적 신호를 변환하며, 해면질골(B)을 투과한 초음파 신호가 제 2 트랜스듀서(120)에서 수신되면, 제 2 트랜스듀서(120)로부터 초음파 신호를 전달받아 이를 시간반전하여 변환한다.
- [0048] 그리고, 초음파 변환부(130)는 제 1 트랜스듀서(110)가 제 2 트랜스듀서(120)에 의해 조사된 시간반전된 초음파 신호를 수신하면, 마지막으로 제 1 트랜스듀서(110)가 수신한 초음파 신호를 푸리에 변환하여 전기적 신호로 변환하기 위해
- [0049] 실시하기에 따라, 초음파 변환부(130)는 검출한 전기적 신호를 증폭하거나, 노이즈 제거를 위한 필터링, 신호 정규화 과정 등을 더 수행할 수 있다.
- [0051] 측정부(140)는 초음파 변환부(130)로부터 전달받은 전기적 신호를 전기적 신호를 검출하여 분석하고, 전기적 신호를 통해 해면질골(B)의 초음파 감쇠계수를 하기의 수학적 식 1을 이용하여 측정한다.
- [0052] [수학적 식 1]

$$\alpha(f) = \frac{8.686}{2d} \log_{10} \left[\frac{P_w(f)}{P_s(f)} \right]$$

[0053] [단위 : dB / cm]

[0054] (여기서, $\alpha(f)$ 는 초음파 감쇠계수, f 는 주파수, d 는 해면질골의 두께, $P_s(f)$ 는 해면질골이 존재할 때 측정된 파워스펙트럼 레벨, $P_w(f)$ 는 해면질골이 존재하지 않을 때 측정된 파워스펙트럼 레벨이다.)

[0056] 이때, 측정부(140)는 300 kHz부터 600 kHz까지의 초음파 주파수 영역에서 초음파 감쇠계수를 측정하는 것이 가장 바람직하며, 실시하기에 따라 달라질 수 있다.

[0057] 최종적으로, 연산부(150)는 도출된 수학적 식 1에서 도출한 초음파 감쇠계수를 이용하여 선형 회귀분석하여 해면질골(B)의 골밀도를 예측한다.

[0059] <본 발명의 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 방법에 대한 설명>

[0060] 도1 내지 도2를 참조하여 본 발명의 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 방법에 대해 설명하고, 편의상 순서를 붙여 설명하도록 한다.

[0061] 본 발명의 양방향 초음파 투과법을 이용한 골밀도 예측 방법은 1차 초음파 조사 단계(S10), 1차 변환 단계(S200), 2차 초음파 조사 단계(S300), 2차 변환 단계(S400), 측정 단계(S500) 및 골밀도 예측 단계(S600)를 포함하여 마련된다.

[0063] 본 발명에 사용된 해면질골(B)은 소의 대퇴골로부터 얻어진 것으로, 소의 해면질골은 사람의 해면질골과 유사한 음향특성 및 구조를 갖고 있으므로 해면질골의 음향특성 실험에 많이 사용되고 있다.

[0064] 본 발명에서 사용된 해면질골(B)은 14.9 ± 2.1 mm (평균값 ± 표준편차)의 두께를 가지며, 본 발명의 제 1 트랜스듀서(110) 및 제 2 트랜스듀서의 중심 로브의 폭인 7.6 mm보다 큰 폭을 갖도록 제작하였다.

[0065] 또한 해면질골(B)의 골수를 제거하기 위하여 100 °C 이상의 수증에서 가열하였으며, 초음파 변수를 측정하기 전에 해면질골(B) 내부의 기포를 제거하기 위하여 약 1 mmHg의 압력을 갖는 진공 데시케이터에서 약 8시간 동안 보관하여 본 발명의 실시예 해면질골(B)을 준비하였다.

[0067] 1. 1차 초음파 조사 단계 (S10)

[0068] 본 단계에서는 초음파 변환부(130)가 제 1 트랜스듀서(110)로 초음파의 송신을 위한 전기적 신호를 전송하면, 해면질골(B)의 일측에 위치한 제 1 트랜스듀서(110)가 해면질골(B)에 초음파를 조사한다.

[0070] 2. 1차 변환 단계 (S200)

[0071] 본 단계에서는 해면질골(B)의 타측에 위치한 제 2 트랜스듀서(120)가 해면질골(B)을 투과한 초음파 신호를 수신하여 초음파 변환부(130)로 전달하고, 초음파 변환부(130)가 수신된 초음파 신호를 시간반전하여 변환시킨다.

[0073] 3. 2차 초음파 조사 단계 (S300)

[0074] 본 단계에서는 초음파 변환부(130)에 의해 변환(시간반전)된 초음파 신호를 제 2 트랜스듀서(120)로 전달하여, 제 2 트랜스듀서(120)가 해면질골(B)에 변환된 초음파 신호를 조사한다.

[0076] 4. 2차 변환 단계 (S400)

[0077] 본 단계에서는, 제 2 트랜스듀서(120)가 조사하여 해면질골(B)을 투과한 초음파 신호를 제 1 트랜스듀서(110)에서 수신하여 초음파 변환부(130)로 전달하고, 초음파 변환부(130)가 수신한 초음파 신호를 푸리에 변환하여 전기적 신호로 변환한다.

[0078] 이때, 수신된 전기적 신호를 증폭하며, 필터링 과정을 통해 노이즈를 제거하거나, 정규화 등이 이루어질 수 있다.

[0080] 5. 측정 단계 (S500)

[0081] 본 단계에서는 측정부(140)는 초음파 변환부(130)로부터 전달받은 전기적 신호를 검출하여, 전기적 신호를 분석하고, 전기적 신호를 통해 해면질골(B)의 초음파 감쇠계수를 하기의 수학적 식 1을 이용하여 측정한다.

[0083] [수학적 식 1]

$$\alpha(f) = \frac{8.686}{2d} \log_{10} \left[\frac{P_w(f)}{P_s(f)} \right]$$

[0084] [단위 : dB / cm]

[0085] (여기서, $\alpha(f)$ 는 초음파 감쇠계수, f 는 주파수, d 는 해면질골의 두께, $P_s(f)$ 는 해면질골이 존재할 때 측정된 파워스펙트럼 레벨, $P_w(f)$ 는 해면질골이 존재하지 않을 때 측정된 파워스펙트럼 레벨이다.)

[0087] 상기의 수학적 식 1은 nBUA(dB/cm/MHz)를 도출하기 위한 초음파 감쇠계수를 구하는 식으로, nBUA(Normalized Broadband Ultrasound Attenuation; 광대역 초음파 감쇠)는 1984년 Langton 등에 의하여 처음으로 제안되었으며, [P. Laugier, "Instrumentation for in vivo ultrasonic characterization of bone strength," IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control, Vol. 55, No. 6, pp. 1179-1196, (2008)]에 의하면, nBUA는 종골과 같은 측정 부위에서 측정된 초음파 감쇠계수의 특정한 주파수 영역에 대한 기울기로부터 결정됨을 알 수 있다.

[0088] 이에 의해, 특정한 주파수 영역에 대한 감쇠계수의 기울기로 정의되는 nBUA를 결정하기 위하여, 본 실시예에서는 측정된 감쇠계수의 선형적인 주파수 의존성을 고려하여 300 kHz부터 600 kHz까지의 주파수 영역을 이용하였다.

[0089] 초음파가 생체조직을 통과할 때 흡수 및 산란에 의하여 감쇠가 발생하게 되며, 골밀도 측정 시 이용되는 nBUA는 측정 부위의 두께와 제 1 트랜스듀서(110) 및 제 2 트랜스듀서(120)이 조사하는 초음파 신호의 주파수에 의존하게 된다.

[0090] 임상에서 nBUA의 측정은 연조직의 영향을 받게 되나, 골조직에 비교하여 연조직의 매우 작은 두께 및 감쇠로 인하여 연조직의 영향을 무시할 수 있다.

[0091] 상기에서 설명한 바와 같이, nBUA는 측정부위에서 골조직 두께의 영향을 받게 된다.

[0093] **6. 골밀도 예측 단계 (S600)**

[0094] 본 단계에서는 측정부(140)에 의해 측정된 초음파 감쇠계수를 연산부(150)로 전달하여 연산부(150)가 초음파 감쇠계수를 선형 회귀분석하여 해면질골(B)의 골밀도를 예측한다.

[0096] 이하에서는, 본 발명에 따른 실시예와 비교예 1 및 비교예 2를 통해 해면질골의 골밀도를 예측한 결과값을 각각 비교하여 설명하도록 한다.

[0098] **<본 발명의 실시예, 비교예 1 및 비교예 2와의 상관관계 및 골밀도 예측 결과 분석>**

[0099] 비교예 1 및 2는 이전에 공지된 [K. I. Lee, J. Acoust. Soc. Am. 135, EL61 (2014)]에 기재된 골밀도 예측 방법에 관한 것으로, 본 발명의 실시예와는 다르게 해면질골에 단 하나의 방향으로 초음파를 투과시켜 골밀도를 예측하는 방법에 해당된다.

[0100] 비교예 1 및 2에 대해 간략하게 설명하자면, 비교예 1은 해면질골의 일측에 초음파를 조사하는 트랜스듀서가 마련되고, 타측에 초음파 수신부가 마련되어, 상기 일측에 위치한 트랜스듀서가 초음파를 조사(Forward 전방방향)하면, 타측에 위치한 초음파 수신부가 이를 수신하여, 해면질골의 골밀도를 예측하는 것이다.

[0101] 이와 반대로, 비교예 2는 해면질골의 일측에는 초음파 수신부가 마련되고, 타측에 초음파를 조사하는 트랜스듀서가 마련되어, 상기 타측에 위치한 트랜스듀서가 초음파를 조사(Backward, 후방방향)하면, 일측에 위치한 초음파 수신부가 이를 수신하여, 해면질골의 골밀도를 예측하는 것이다.

표 1

해면질골(B) 샘플번호	골밀도 (g/cm ³)	nBUA (dB/cmMHz)		
		실시에 1	비교예 1	비교예 2
1	0.456	8.75	8.24	8.29
2	0.480	11.67	11.52	11.61
3	0.485	6.65	6.95	7.34
4	0.499	8.36	8.19	8.55
5	0.563	11.97	11.53	11.47
6	0.567	17.14	17.02	17.09
7	0.597	17.37	17.60	17.77
8	0.613	12.92	12.88	13.31
9	0.620	19.76	19.79	19.45
10	0.631	16.11	16.25	16.23
11	0.648	24.55	24.39	24.28
12	0.697	17.71	17.98	18.10
13	0.725	21.47	21.54	21.85
14	0.764	25.91	25.61	25.97
평균값	0.596	15.74	15.67	15.81

[0105] 표 1은 본 발명의 실시예, 비교예 1 및 비교예 2에 의해 측정된 14개의 해면질골(B)의 골밀도 및 nBUA가 도시된 도표이다.

[0106] 이때, 표 1에 기재된 각 수치는 10개의 해면질골(B) 관심영역에서 측정된 값들의 평균값을 나타낸다.

[0107] 표 1에 의하면, 14개의 해면질골(B)의 골밀도는 0.456부터 0.764 g/cm³까지 나타났으며, 14개의 해면질골(B)의 nBUA 평균값은 실시예 1, 비교예 1 및 비교예 2, 순으로 15.74, 15.67, 15.81 dB/cmMHz로 나타났다.

[0108] 도 3은 본 발명의 실시예에 따라, 제 1 트랜스듀서(110) 및 제 2 트랜스듀서(120) 사이에 해면질골(B)이 없는 경우(Bidirectional Reference, 기준신호)와 있는 경우(Bidirectional Bone, 투과신호)에 각각 수신된 초음파 신호의 파형과, 상기 초음파 신호를 푸리에 변환하여 획득한 파워스펙트럼 레벨이 도시되어 있다.

[0109] 마찬가지로, 도 4 및 도 5는 각각 비교예 1과 비교예 2에서, 트랜스듀서와 초음파 수신기 사이에 해면질골이 없는 경우와 해면질골이 있는 경우에 따라서, 각각의 신호에 따른 초음파 신호의 파형과, 상기 초음파 신호를 푸리에 변환하여 파워스펙트럼 레벨을 도출한다.

[0110] 이후, 본 발명의 실시예는 하기의 수학적 식 1에 파워스펙트럼 레벨을 대입시켜 초음파 감쇠계수를 구한다.

[0112] [수학적 식 1]

$$\alpha(f) = \frac{8.686}{2d} \log_{10} \left[\frac{P_w(f)}{P_s(f)} \right] \quad \text{[단위 : dB / cm]}$$

[0114] (여기서, $\alpha(f)$ 는 초음파 감쇠계수, f 는 주파수, d 는 해면질골의 두께, $P_s(f)$ 는 해면질골이 존재할 때 측정된 파워스펙트럼 레벨, $P_w(f)$ 는 해면질골이 존재하지 않을 때 측정된 파워스펙트럼 레벨이다.)

[0115] 도 6은, 300 kHz부터 600 kHz까지의 주파수 영역에서 본 발명의 실시예, 비교예 1 및 비교예 2를 통해 획득한 초음파 감쇠계수가 도시된 도표이다.

표 2

값 (피어슨 상관계수, r)	골밀도	실시예의 방법으로 획득한 nBUA	비교예 1의 방법으로 획득한 nBUA	비교예 2의 방법으 로 획득한 nBUA
골밀도	1	0.87	0.88	0.88
실시예에 따른 방법으로 획득 한 nBUA		1	0.99	0.99
비교예 1의 방법으로 획득한 nBUA			1	0.99
비교예 2의 방법으로 획득한 nBUA				1

- [0117]
- [0119] 상기의 표 2는 해면질골(B)의 골밀도 값과, 본 발명의 실시예, 비교예 1 및 비교예 2의 방법으로 획득한 nBUA 값을 선형 회귀분석하여 각각의 값 사이의 피어슨 상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 나타낸 도표이다.
- [0120] 여기서, 피어슨 상관계수(r)란, 독립적인 두 변수간의 선형적 상관관계의 정도를 나타내는 지표로써, 두 변수간의 선형적 상관관계의 강도를 상관계수(Correlation coefficient)라 한다.
- [0121] 여기서, 두 변수간에 선형적 상관관계가 높을수록 1 혹은 -1에 근접한 값을 나타내는데, 피어슨 상관계수(r)가 1에 가까울수록, 두 변수는 강한 양의 선형관계를 지니는 것을 의미하며, 반대로 1에 가까울수록 음의 선형관계를 의미한다.
- [0122] 또한, 피어슨 상관계수(r)가 0이면, 두 변수는 서로 완전히 독립적임을 의미한다.
- [0124] 본 발명에 따른 실시예로 획득한 nBUA 값과 해면질골(B)의 골밀도와의 피어슨 상관계수(r)는 0.87로 나타나고 있어, 강한 양(+)의 선형적인 상관관계가 존재함을 의미하며, 본 발명에 따른 실시예로 획득한 nBUA 값과, 비교예 1 및 비교예 2의 방법으로 획득한 nBUA 값과의 피어슨 상관계수(r)는 0.99로 나타나고 있어, 본 발명의 실시예에서 제안하는 골밀도 측정방법은, 비교예 1 및 비교예 2에 따른 종래의 골밀도 측정방법과 거의 동등한 것을 의미한다.
- [0125] 따라서, 본 발명의 실시예에 따라서 획득하는 nBUA는 골밀도를 예측할 수 있는 초음파 변수로 이용될 수 있다는 것을 의미한다.
- [0126] 즉, 본 발명의 실시예를 통해 획득한 nBUA와 해면질골(B)의 골밀도 간의 상관관계가 매우 높으므로, 본 발명의 골밀도 예측 방법에 의해 실제 사람의 해면질골에서 측정할 경우에도, 실제 사람의 골밀도 예측이 가능하다는 것을 의미하는 것이다.
- [0127] 따라서, 본 발명은 해면질골(B)의 골밀도 예측에 있어서, 해면질골에 단 하나의 방향으로 초음파를 투과시켜 골밀도를 예측하는 기존의 정량적 초음파 기술 대신, 본 발명의 실시예에 따른 새로운 방법으로, 종골과 같은 해면질골에 양방향으로 초음파를 투과시켜 보다 정확하게 골밀도를 예측할 수 있다.
- [0129] 따라서 본 발명에 개시된 실시예는 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 보호범위는 아래 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

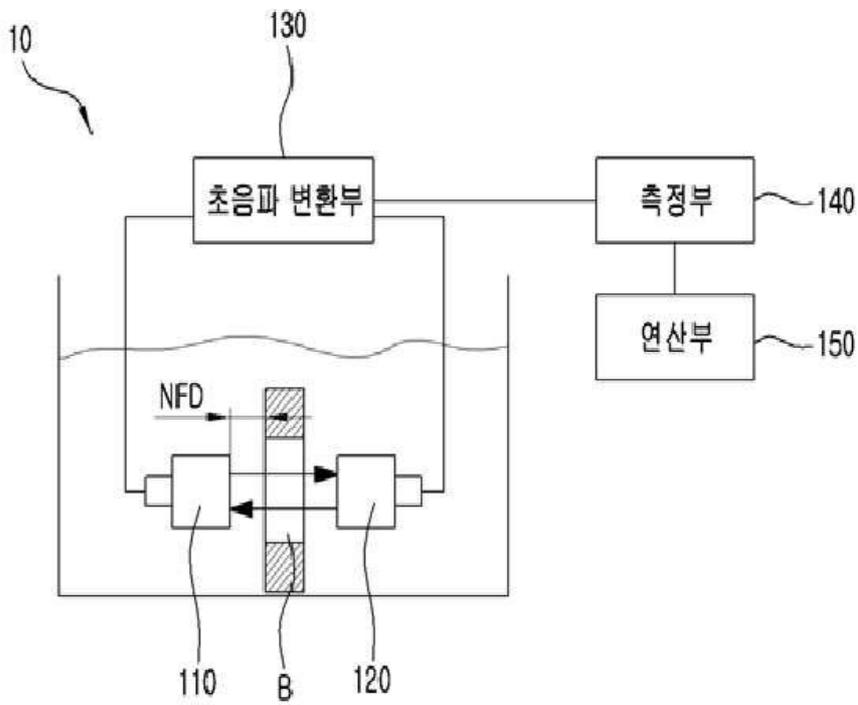
부호의 설명

- [0130] B : 해면질골
- 10 : 골밀도 예측 장치
 - 110 : 제 1 트랜스듀서
 - 120 : 제 2 트랜스듀서
 - 130 : 초음파 변환부
 - 140 : 측정부

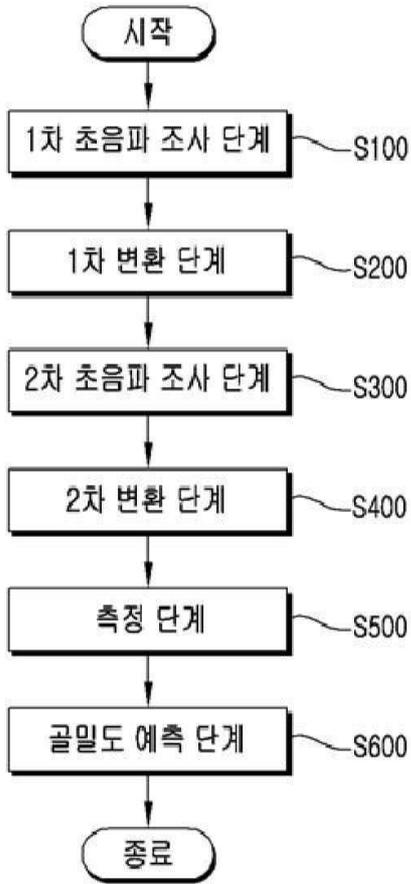
150 : 연산부

도면

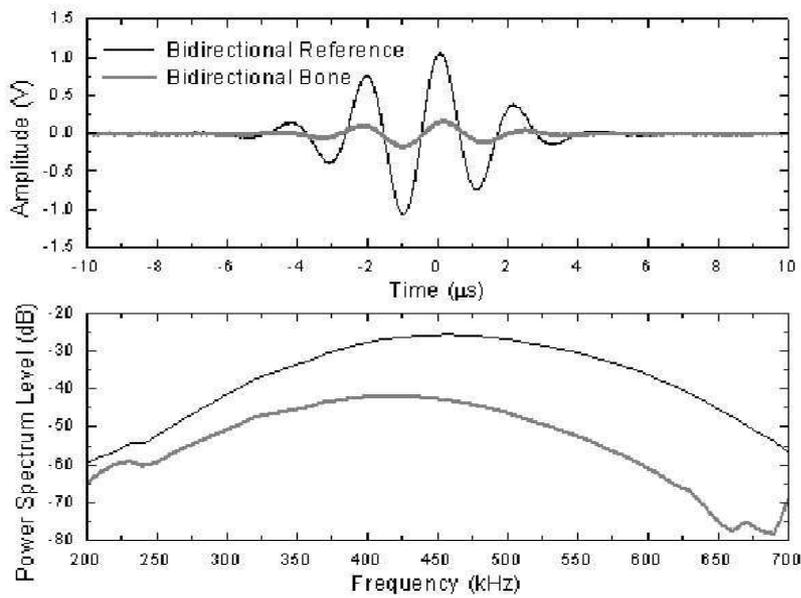
도면1



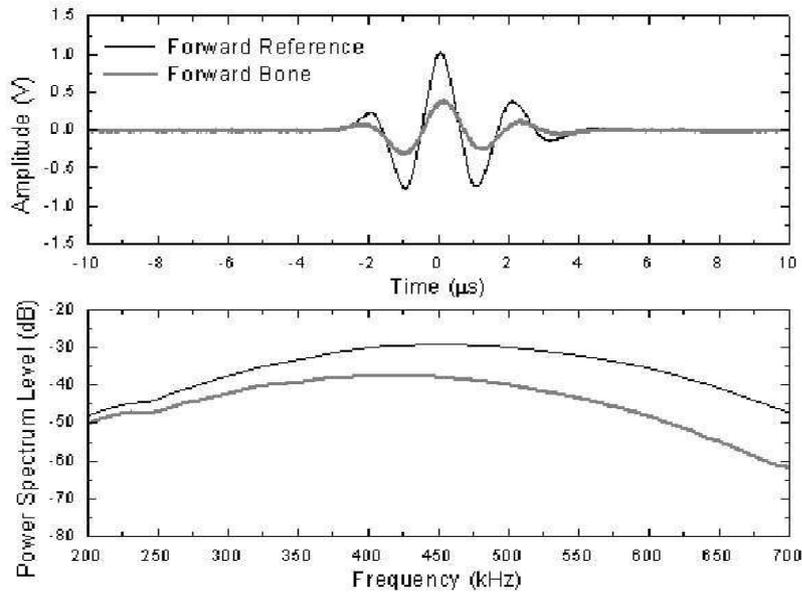
도면2



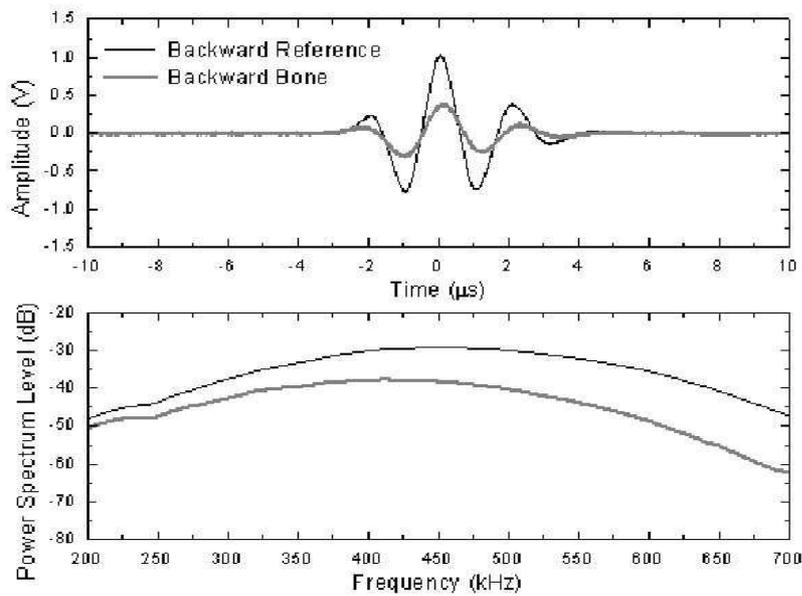
도면3



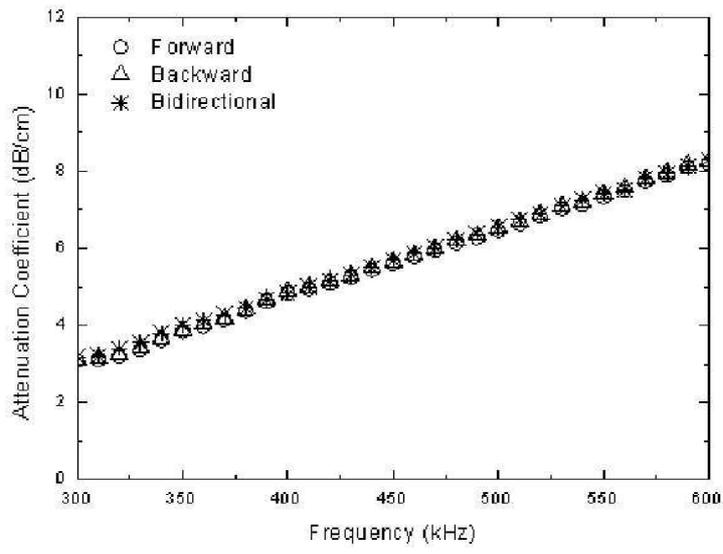
도면4



도면5



도면6



专利名称(译)	通过双向超声波传输预测骨密度的方法和设备		
公开(公告)号	KR101643101B1	公开(公告)日	2016-07-26
申请号	KR1020150097630	申请日	2015-07-09
申请(专利权)人(译)	江原道国家学术基金会		
当前申请(专利权)人(译)	江原道国家学术基金会		
[标]发明人	LEE KANG IL 이강일		
发明人	이강일		
IPC分类号	A61B8/08 A61B8/00 A61B5/00		
CPC分类号	A61B8/0875 A61B5/4509 A61B8/4494		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

使用根据本发明的双向超声波方法的骨矿物质密度预测方法接收来自超声波转换部分的电信号，并且它接收第一超声波照射步骤，即位于海绵状骨的一侧的第一换能器照射海绵体中的超声波。骨，以及位于海绵骨另一侧的第二换能器穿过海绵骨的超声波，它传递到超声波转换部分，并且它传递第一转换步骤为时间反转并改变超声波信号，其中接收超声波转换部分，并且利用超声波转换部分将超声波信号转换到第二换能器，并且接收超声波信号，其中第二超声波照射步骤照射第二超声波信号，其中第二换能器时间在海绵状物中被反转骨头，第二个transducer通过第一个换能器照射和穿透海绵骨传送到超声波转换部分并且它传送将超声波转换部分接收的超声波信号转换成电信号的第二转换步骤，以及***测量单元根据用超声波转换的电信号测量超声波衰减系数。转换部分和用测量单元测量的超声衰减系数到操作单元。操作单元的骨密度预测阶段回归分析超声衰减系数线性和预测海绵骨的骨矿物质密度，并准备。因此，对于本发明的海绵骨的骨矿物质密度预测，超声波双向地传递到像跟骨一样的海绵状骨中的新方法，但确切地说，骨矿物质密度可以在采用现有定量超声技术的海绵骨将超声波传递到一个方向并预测骨矿物质密度。

