



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2018년03월21일  
 (11) 등록번호 10-1840349  
 (24) 등록일자 2018년03월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 A61B 8/08 (2006.01) A61B 5/00 (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
 A61B 8/0875 (2013.01)  
 A61B 5/7257 (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2016-0151849  
 (22) 출원일자 2016년11월15일  
 심사청구일자 2016년11월15일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020160049642 A  
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
 강원대학교산학협력단  
 강원도 춘천시 강원대학길 1 (효자동)  
 (72) 발명자  
 이강일  
 강원도 춘천시 방송길 70, 107동 3104호  
 (74) 대리인  
 특허법인빛과소금, 특허법인태동

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 한재균

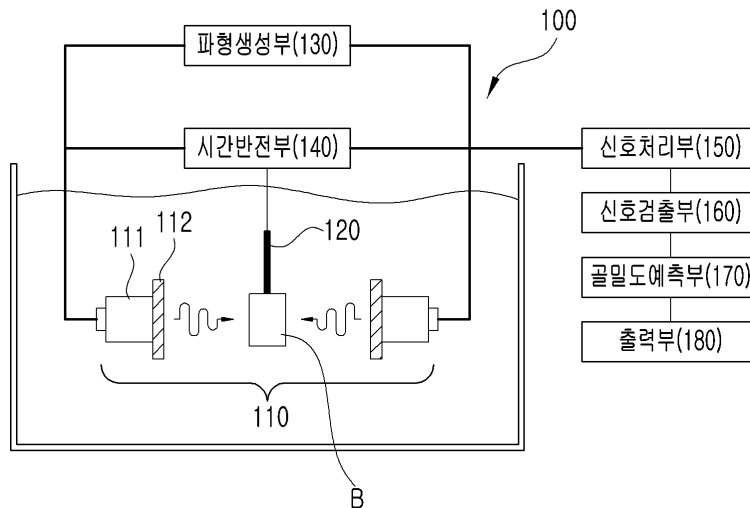
**(54) 발명의 명칭 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치 및 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 해면질골을 전파한 초음파 신호를 분석하여 상기 해면질골의 합주파수 성분을 검출하고, 검출된 상기 합주파수 성분의 진폭과 상기 해면질골의 골밀도 간의 상관관계를 통해 상기 해면질골의 골밀도를 예측하는 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치 및 방법을 제공한다.

본 발명에 의하면, 기존의 정량적 초음파 기술에 사용되던 파라미터와 더불어 새로운 파라미터인 초음파 합주파수 성분을 제공함으로써 골밀도의 예측이 가능하여, 종래의 음속 및 광대역 초음파 감쇠율만을 이용해 골밀도를 측정하는 방식에 비해 골다공증 진단의 정확도를 향상시킬 수 있으며, 초음파를 조사하여 골다공증 진단이 이루어지므로 측정자가 방사선에 노출 될 위험이 없기 때문에 측정자에게 안전한 측정 방법을 제공할 수 있는 효과가 있다.

**대표도 - 도1**



(56) 선행기술조사문헌  
KR1020140035932 A  
JP5592275 B2  
KR101102784 B1  
KR101643101 B1

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2014R1A1A1A05002187
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	신진연구지원사업(후속연구)
연구과제명	골다공증 진단을 위한 선형 및 비선형 초음파 기술 개발
기 여 율	1/1
주관기관	강원대학교 산학협력단
연구기간	2016.05.01 ~ 2017.04.30

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

해면질골에 초음파 송출하는 복수의 송신부;

상기 송신부로부터 송출되어 상기 해면질골을 진파한 초음파를 수신하는 수신부;

상기한 중심주파수를 갖는 제1 초음파 및 제2 초음파를 생성하고, 상기 제1 초음파 및 제2 초음파를 상기 송신부에 제공하는 파형생성부;

상기 수신부가 수신한 초음파를 시간 반전하여 제3 초음파 및 제4 초음파를 생성하고, 이를 상기 복수의 송신부에 제공하는 시간반전부;

상기 수신부가 수신한 제3 초음파 및 제4 초음파의 전기적신호를 제공받아 푸리에 변환(Fourier transform)하는 신호처리부;

상기 신호처리부에서 변환된 초음파를 분석하여 상기 해면질골의 상기 제1 초음파 및 제2 초음파 각각이 갖는 중심주파수를 합한 주파수의 성분(이하, ‘합주파수 성분’이라 칭함.)을 검출하는 신호검출부; 및

상기 신호검출부에서 검출된 상기 해면질골의 합주파수 성분과 골밀도 간의 상관관계를 통해 상기 해면질골의 골밀도를 예측하는 골밀도 예측부;를 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 송신부는,

초음파를 송출하는 송신부분; 및

상기 송신부분의 초음파 송출방향에 위치하고, 상기 송신부분에서 송출되는 초음파의 다중 반사를 유도하며 상기 송신부분에서 송출되는 초음파에 잔향을 추가하는 잔향생성부분;을 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치.

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 파형생성부는 50 kHz ~ 150 kHz의 차이를 갖는 제1 초음파 및 제2 초음파를 생성하는 것을 특징으로 하는 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치.

**청구항 4**

제2항에 있어서,

상기 골밀도 예측부는 상기 해면질골의 합주파수 성분의 진폭 값을 독립변수로 하고 해면질골의 골밀도 값을 종속변수로 하여, 독립변수와 종속변수를 회귀분석하고, 이로부터 도출된 상기 독립변수와 상기 종속변수 간의 상관관계로부터 골밀도를 예측하는 것을 특징으로 하는

초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치.

**청구항 5**

제4항에 있어서,

상기 골밀도 예측부에서 상기 해면질골의 합주파수 성분의 진폭 및 상기 해면질골의 골밀도 간의 상관관계는 상기 해면질골의 합주파수 성분의 진폭이 증가함에 따라 상기 해면질골의 골밀도가 선형적으로 감소하는 음의 상관관계를 가지는 것을 특징으로 하는

초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

상기 골밀도 예측부로부터 예측된 상기 해면질골의 골밀도를 출력하는 출력부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치.

**청구항 7**

파형생성부로부터 생성된 상이한 중심주파수를 갖는 제1 초음파 및 제2 초음파를 복수의 송신부가 각각 해면질골에 송출하는 1차 초음파 송출단계;

수신부가 상기 1차 초음파 송출단계에서 송출되어 상기 해면질골을 전파한 제1 초음파 및 제2 초음파를 수신하는 1차 초음파 수신단계;

시간반전부가 상기 수신부에서 수신한 제1 초음파 및 제2 초음파를 시간 반전하여 제3 초음파 및 제4 초음파를 생성하고, 생성한 상기 제3 초음파 및 제4 초음파를 상기 복수의 송신부에 제공하는 시간반전단계;

상기 복수의 송신부가 각각 제3 초음파 및 제4 초음파를 상기 해면질골에 송출하는 2차 초음파 송출단계;

상기 수신부가 상기 2차 초음파 송출단계에서 송출되어 상기 해면질골을 전파한 제3 초음파 및 제4 초음파를 수신하는 2차 초음파 수신단계;

신호처리부가 상기 2차 초음파 수신단계에서 수신한 제3 초음파 및 제4 초음파의 전기적 신호를 제공받아 푸리에 변환(Fourier transform)하고, 신호검출부가 상기 신호처리부에서 변환된 초음파를 분석하여 상기 해면질골의 상기 제1 초음파 및 제2 초음파 각각이 갖는 중심주파수를 합한 주파수의 성분(이하, ‘합주파수 성분’이라 칭함.)을 검출하는 신호처리단계; 및

골밀도 예측부가 상기 신호처리단계에서 검출된 상기 합주파수 성분과 상기 해면질골의 골밀도 간의 상관관계를 통해 상기 해면질골의 골밀도를 예측하는 골밀도 예측단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 방법.

**청구항 8**

제7항에 있어서,

상기 송신부는,

초음파를 송출하는 송신부분; 및

상기 송신부분의 초음파 송출방향에 위치하고, 상기 송신부분에서 송출되는 초음파의 다중 반사를 유도

하며 상기 송신부에서 송출되는 초음파에 잔향을 추가하는 잔향생성부;을 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 방법.

**청구항 9**

제7항에 있어서,

상기 파형생성부는 50 kHz ~ 150 kHz의 차이를 갖는 제1 초음파 및 제2 초음파를 생성하는 것을 특징으로 하는 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 방법.

**청구항 10**

제8항에 있어서,

상기 골밀도 예측단계는 상기 해면질골의 합주파수 성분의 진폭 값을 독립변수로 하고 해면질골의 골밀도 값을 종속변수로 하여, 독립변수와 종속변수를 회귀분석하고, 이로부터 도출된 상기 독립변수와 상기 종속변수 간의 상관관계로부터 골밀도를 예측하는 것을 특징으로 하는

초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 방법.

**청구항 11**

제10항에 있어서,

상기 골밀도 예측단계에서 상기 해면질골의 합주파수 성분의 진폭 및 상기 해면질골의 골밀도 간의 상관관계는 상기 해면질골의 합주파수 성분의 진폭이 증가함에 따라 상기 해면질골의 골밀도가 선형적으로 감소하는 음의 상관관계를 가지는 것을 특징으로 하는

초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 방법.

**청구항 12**

제7항에 있어서,

상기 골밀도 예측단계에서 예측된 상기 해면질골의 골밀도를 출력부에 출력하는 출력단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 골다공증은 골량의 감소 및 골구조의 파괴로 인해 작은 충격에도 골절이 쉽게 발생하는 전신적 골질환으로 정의되며, 고령 인구가 증가하고 있는 현대사회에서 골다공증은 당뇨병 및 심혈관 질환과 함께 가장 심각한 노인성 질환으로 인식되고 있다.

[0004] 이때, 골밀도는 골강도의 60% ~ 80%를 대변하며, 골 생검없이 비침습적으로 측정할 수 있는 지표이기 때문에 입

상에서 골다공증 진단은 주로 골밀도 측정을 통해 이루어지고 있다.

- [0005] 골다공증의 진단을 위한 골밀도 측정은 엑스선을 이용하는 것이 일반적이며, 이러한 기술의 일환으로 대한민국 등록특허공보 제10-0721007호(출원일 : 20041 11. 17, 공고일 : 2007. 05. 23, 이하 ‘종래기술’ 이라 칭함.)가 제시된 바 있다.
- [0006] 여기서, 종래기술은 엑스선을 이용하여 골밀도를 측정하는 엑스선 진단 장치로, 골다공증 진단을 위한 골밀도 측정은 골다공증의 진단 뿐 아니라 치료반응의 평가를 위하여 반복적인 측정이 이루어져야하기 때문에 방사선을 이용하는 종래기술은 방사선에 반복적으로 노출되어야 하는 위험성이 필연적으로 존재하는 문제점이 있었다.
- [0007] 특히, 임산부의 골밀도 측정에는 어려움이 존재하였다.
- [0008] 그렇기에, 골다공증 진단을 위한 골밀도 측정에 있어서 인체에 무해한 장비의 개발이 요구되는 실정이다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0010] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로 인체에 무해하면서도, 정확도 높은 골밀도 예측기술을 제공하는데 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 이러한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치는 해면질골에 초음파 송출하는 복수의 송신부; 상기 송신부로부터 송출되어 상기 해면질골을 전파한 초음파를 수신하는 수신부; 상이한 중심주파수를 갖는 제1 초음파 및 제2 초음파를 생성하고, 상기 제1 초음파 및 제2 초음파를 상기 송신부에 제공하는 파형생성부; 상기 수신부가 수신한 초음파를 시간 반전하여 제3 초음파 및 제4 초음파를 생성하고, 이를 상기 복수의 송신부에 제공하는 시간반전부; 상기 수신부가 수신한 제3 초음파 및 제4 초음파의 전기적신호를 제공받아 푸리에 변환(Fourier transform)하는 신호처리부; 상기 신호처리부에서 변환된 초음파를 분석하여 상기 해면질골의 상기 제1 초음파 및 제2 초음파 각각이 갖는 중심주파수를 합한 주파수의 성분(이하, ‘합주파수 성분’ 이라 칭함.)을 검출하는 신호검출부; 및 상기 신호검출부에서 검출된 상기 해면질골의 합주파수 성분과 골밀도 간의 상관관계를 통해 상기 해면질골의 골밀도를 예측하는 골밀도 예측부;를 포함할 수 있다.
- [0013] 이때, 상기 송신부는, 초음파를 송출하는 송신부분; 및 상기 송신부분의 초음파 송출방향에 위치하고, 상기 송신부분에서 송출되는 초음파의 다중 반사를 유도하며 상기 송신부분에서 송출되는 초음파에 잔향을 부가하는 잔향생성부분;을 포함할 수 있다.
- [0014] 그리고, 상기 파형생성부는 50 kHz ~ 150 kHz의 차이를 갖는 제1 초음파 및 제2 초음파를 생성할 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 골밀도 예측부는 상기 해면질골의 합주파수 성분의 진폭 값을 독립변수로 하고 해면질골의 골밀도 값을 종속변수로 하여, 독립변수와 종속변수를 회귀분석하고, 이로부터 도출된 상기 독립변수와 상기 종속변수 간의 상관관계로부터 골밀도를 예측할 수 있다.
- [0016] 그리고, 상기 골밀도 예측부에서 상기 해면질골의 합주파수 성분의 진폭 및 상기 해면질골의 골밀도 간의 상관관계는 상기 해면질골의 합주파수 성분의 진폭이 증가함에 따라 상기 해면질골의 골밀도가 선형적으로 감소하는 음의 상관관계를 가질 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 골밀도 예측부로부터 예측된 상기 해면질골의 골밀도를 출력하는 출력부;를 더 포함할 수 있다.
- [0018] 한편, 이러한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 방법은 파형생성부로부터 생성된 상이한 중심주파수를 갖는 제1 초음파 및 제2 초음파를 복수의 송신부가 각각 해면질골에 송출하는 1차 초음파 송출단계; 수신부가 상기 1차 초음파 송출단계에서 송출되어 상기 해면질골을 전파한 제1 초음파 및 제2 초음파를 수신하는 1차 초음파 수신단계; 시간반전부가 상기 수신부에서 수신한 제1 초음파 및 제2 초음파를 시간 반전하여 제3 초음파 및 제4 초음파를 생성하고, 생성한 상기 제3 초음파 및 제4 초음파를 상기 복수의 송신부에 제공하는 시간반전단계; 상기 복수의 송신부가 각각 제3 초음파 및 제4 초음파를 상기 해면질골에 송출하는 2차 초음파 송출단계; 상기 수신부가 상기 2차 초음파 송출단계에서 송출되어 상기 해면질골을 전파한 제3 초음파 및 제4 초음파를 수신하는 2차 초음파 수신단계; 신호처리부가 상기 2차 초음

파 수신단계에서 수신한 제3 초음파 및 제4 초음파의 전기적 신호를 제공받아 푸리에 변환(Fourier transform) 하고, 신호검출부가 상기 신호처리부에서 변환된 초음파를 분석하여 상기 해면질골의 상기 제1 초음파 및 제2 초음파 각각이 갖는 중심주파수를 합한 주파수의 성분(이하, '합주파수 성분'이라 칭함.)을 검출하는 신호처리단계; 및 골밀도 예측부가 상기 신호처리단계에서 검출된 상기 합주파수 성분과 상기 해면질골의 골밀도 간의 상관관계를 통해 상기 해면질골의 골밀도를 예측하는 골밀도 예측단계;를 포함할 수 있다.

[0019] 여기서, 상기 송신부는, 초음파를 송출하는 송신부분; 및 상기 송신부분의 초음파 송출방향에 위치하고, 상기 송신부분에서 송출되는 초음파의 다중 반사를 유도하며 상기 송신부분에서 송출되는 초음파에 잔향을 추가하는 잔향생성부분;을 포함할 수 있다.

[0020] 그리고, 상기 파형생성부는 50 kHz ~ 150 kHz의 차이를 갖는 제1 초음파 및 제2 초음파를 생성할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 골밀도 예측단계는 상기 해면질골의 합주파수 성분의 진폭 값을 독립변수로 하고 해면질골의 골밀도 값을 종속변수로 하여, 독립변수와 종속변수를 회귀분석하고, 이로부터 도출된 상기 독립변수와 상기 종속변수 간의 상관관계로부터 골밀도를 예측할 수 있다.

[0022] 그리고, 상기 골밀도 예측단계에서 상기 해면질골의 합주파수 성분의 진폭 및 상기 해면질골의 골밀도 간의 상관관계는 상기 해면질골의 합주파수 성분의 진폭이 증가함에 따라 상기 해면질골의 골밀도가 선형적으로 감소하는 음의 상관관계를 가질 수 있다.

[0023] 또한, 상기 골밀도 예측단계에서 예측된 상기 해면질골의 골밀도를 출력부에 출력하는 출력단계;를 더 포함할 수 있다.

**발명의 효과**

[0025] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명에 의하면, 다음과 같은 효과가 있다.

[0026] 첫째, 복수의 송신부에서 송출된 해면질골을 전파한 제1 초음파 및 제2 초음파를 반전시켜 제3 초음파 및 제4 초음파를 생성하고, 이를 복수의 송신부에 제공하여 복수의 송신부가 제3 초음파 및 제4 초음파를 송출함으로써, 해면질골을 전파한 제3 초음파 및 제4 초음파는 해면질골 바로 위에 위치한 수신부에 집중되고, 이때, 수신부가 수신한 제3 초음파 및 제4 초음파를 분석하여 제1 초음파와 제2 초음파가 가지는 중심주파수의 합에 해당하는 합주파수 성분을 검출하며, 골밀도 예측부에 포함된 해면질골의 합주파수 성분과 해면질골 골밀도 간의 상관관계를 통해 해면질골의 골밀도 예측이 가능할 수 있다.

[0027] 둘째, 기존의 정량적 초음파 기술에 사용되던 파라미터와 더불어 새로운 파라미터인 초음파 합주파수 성분을 제공함으로써 골밀도의 예측이 가능하여, 종래의 음속 및 광대역 초음파 감쇠율 만을 이용해 골밀도를 측정하는 방식에 비해 골다공증 진단의 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0028] 셋째, 본 발명은 초음파를 조사하여 골다공증 진단이 이루어지므로 측정자가 방사선에 노출 될 위험이 없기 때문에 측정자에게 안전한 측정 방법을 제공할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0030] 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치를 도시한 개략도이다.

도2는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치를 통해 측정된 (a)초음파 신호의 파형과 이에 대한 (b)주파수 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

도3은 본 발명의 일 실시예에 따른 해면질골의 합주파수 성분의 진폭 및 골밀도 간의 상관관계를 도시한 그래프이다.

도4는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 방법을 도시한 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0031] 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 첨부된 도면을 참조하여 더 구체적으로 설명하되, 이미 주지되어진 기술적 부분에 대해서는 설명의 간결함을 위해 생략하거나 압축하기로 한다.

[0033] <초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치에 대하여>

- [0034] 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치를 도시한 개략도이다.
- [0035] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치(100)는 송신부(110), 수신부(120), 파형생성부(130), 시간반전부(140), 신호처리부(150), 신호검출부(160), 골밀도 예측부(170), 출력부(180)을 포함하여 구성된다.
- [0036] 송신부(110)는 해면질골(trabecular bone; B)에 초음파를 송출한다.
- [0037] 이때, 해면질골(B)은 복수의 송신부(110)사이에서 위치할 수 있다.
- [0038] 여기서, 해면질골(B)은 매우 치밀한 구조를 갖는 피질골(cortical bone)과 함께 인체의 뼈를 구성하는 골조직으로, 피질골에 비하여 넓은 표면적을 가지고 있어 골조직 물질대사의 대부분이 해면질골(B)에서 발생하며, 현재 임상에서 골다공증을 진단하기 위한 지표로서 해면질골(B)의 골밀도를 측정하고 있다.
- [0039] 그렇기에, 본 발명의 일 실시예에서는 사람의 뼈와 유사한 소의 대퇴골 근위부를 이용하여 제작된 해면질골 샘플(이하, '해면질골'이라 칭함)을 위치시켰다.
- [0040] 여기서, 해면질골(B)은 후술할 골밀도 예측부(170)에 골밀도 예측 지표로 포함되기 위하여 다수개가 이용되었으며, 본 발명의 일 실시예에 따른 해면질골(B)의 위치에 사람의 종골이나 대퇴골이 위치할 수 있다.
- [0041] 그리고, 송신부(110)는 초음파를 송출하는 송신부분(111)과 송신부분의 초음파 송출방향에 위치하고, 송신부분에서 송출되는 초음파의 다중 반사를 유도하며 송신부분에서 송출되는 초음파에 잔향을 부가하는 잔향생성부분(112)을 포함하여 구성된다.
- [0042] 이때, 송신부분(111)에서 송출되는 초음파가 잔향생성부분(112)을 투과하면서 잔향생성부분(112) 내에서 다중 반사가 발생된다.
- [0043] 여기서, 잔향생성부분(112)을 투과한 초음파는 잔향생성부분(112)을 투과하지 않고 송출되는 초음파에 비해 잔향이 부가되어 후술할 수신부(120)에 수신된다.
- [0044] 이때, 잔향생성부분(112)은 소정의 두께를 가지는 알루미늄 블록으로 마련될 수 있으나, 이에 한정되지 않고 다양한 소재 및 형태로 마련될 수 있다.
- [0045] 또한, 복수개의 송신부분(111)이 하나의 잔향생성부분(112)을 공유하며 초음파를 송출할 수 있다.
- [0046] 그리고, 송신부(110)는 초음파의 송신이 가능한 압전소자(piezoelectric effect element), 트랜스듀서(transducer) 등으로 마련될 수 있다.
- [0047] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치(100)의 송신부(110)는 수중에 설치되었으며, 물은 인체의 연부조직과 유사한 음향특성을 가지기 때문에 초음파 전파매질로서 이용되었다.
- [0048] 이때, 물은 증류수를 이용할 수 있다.
- [0049] 수신부(120)는 송신부(110)로부터 송출되어 해면질골(B)을 전파한 초음파를 수신할 수 있다.
- [0050] 여기서, 수신부(120)는 해면질골(B)과 인접하여 해면질골(B)의 바로 위에 위치할 수 있다.
- [0051] 그리고, 수신부(120)는 수중청음기(hydrophone)으로 마련될 수 있으나 이에 한정되지 않고, 초음파의 수신이 가능한 트랜스듀서(transducer)가 이용될 수도 있다.
- [0052] 파형생성부(130)는 상이한 중심주파수를 갖는 제1 초음파 및 제2 초음파를 생성하고, 이를 송신부(110)에 제공한다.
- [0053] 여기서, 제1 초음파와 제2 초음파는 펄스 형태로 마련될 수 있으며, 펄스의 사이클 수(cycle number)가 10개 이상을 갖도록 생성될 수 있다.
- [0054] 여기서, 제1 초음파와 제2 초음파는 50 kHz~ 150 kHz의 차이를 갖도록 생성될 수 있으며, 만약 제1 초음파가 500 kHz의 중심주파수를 가진 경우 제2 초음파는 350 kHz~ 650 kHz의 중심주파수를 갖도록 생성될 수 있다.
- [0055] 그리고, 본 발명의 일 실시예에서 제1 초음파와 제2 초음파는 300 kHz ~ 700 kHz 정도의 중심주파수를 갖도록 생성되었으나, 이에 한정되지 않는다.



- [0056] 또한, 초음파의 펄스 사이클 수에 따라 해당 초음파가 포함하는 주파수 대역폭이 변경될 수 있으며, 펄스 사이클 수가 적을수록 주파수 대역폭이 넓어지게 되므로, 펄스 사이클 수와 이에 따른 주파수 대역폭을 고려하여 제1 초음파와 제2 초음파의 중심주파수를 결정하는 것이 바람직하다.
- [0057] 이때, 파형생성부(130)에서 생성된 제1 초음파와 제2 초음파는 각각 복수의 송신부(110)에 제공되고, 본 발명의 일 실시예에서 해면질골(B)을 중심으로 마주보고 위치한 한 쌍의 송신부(110)에서 각각 제1 초음파와 제2 초음파가 송출된다.
- [0058] 그리고, 송신부(110)에서 송출된 제1 초음파와 제2 초음파는 해면질골(B)을 전파하고, 해면질골(B)과 인접하여 위치한 수신부(120)가 해면질골(B)을 전파한 제1 초음파 및 제2 초음파를 수신한다.
- [0059] 시간반전부(140)는 해면질골(B)을 전파하고 수신부(120)를 통해 수신된 제1 초음파와 제2 초음파 각각을 시간반전시켜 제3 초음파와 제4 초음파를 생성한다.
- [0060] 이때, 수신부(120)를 통해 수신된 제1 초음파를 시간 반전시켜 제3 초음파를 생성하고, 수신부(120)를 통해 수신된 제2 초음파를 시간 반전시켜 제4 초음파를 생성할 수 있다.
- [0061] 여기서, 생성된 제3 초음파 및 제4 초음파는 복수의 송신부(110)에 제공되고, 최초 제1 초음파가 송출되었던 송신부(110)에는 제3 초음파, 최초 제2 초음파가 송출되었던 송신부(110)에는 제4 초음파가 송출될 수 있다.
- [0062] 이때, 복수의 송신부(110)에서 송출된 제3 초음파와 제4 초음파는 해면질골(B)을 전파한 후 수신부(120)가 설치된 위치에 집속되고, 이를 수신부(120)가 수신할 수 있다.
- [0063] 여기서, 수신부(120)가 수신한 집속된 초음파는 도2(a)에 도시된 바와 같다.
- [0064] 신호처리부(150)는 수신부(120)가 수신한 제3 초음파 및 제4 초음파가 일 지점에서 집속된 초음파의 전기적신호를 제공받아 푸리에 변환(Fourier transform)한다.
- [0065] 여기서, 푸리에 변환은 시간에 대한 함수를 주파수에 대한 함수로 변환하는 것을 의미하며, 본 발명의 일 실시예에서는 고속 푸리에 변환(fast Fourier transform; FFT)이 이용되었다.
- [0066] 이때, 신호처리부(150)는 고속 푸리에 변환(FFT)을 수행하여 도2(b)와 같은 그래프를 얻을 수 있다.
- [0067] 여기서, 도2(b)는 복수의 송신부(110)에서 송출된 제1 초음파 및 제2 초음파가 각각 460 kHz, 610 kHz의 상이한 중심주파수를 가지며 송출되었을 때, 이에 대한 제3 초음파 및 제4 초음파가 집속된 초음파를 수신부(120)가 수신하고, 이를 고속 푸리에 변환(FFT)을 수행하여, 주파수(Frequency, kHz)에 대한 파워스펙트럼(Power spectrum, dB)으로 도시한 그래프이다.
- [0068] 이때, 도2(b)에 도시된  $f_1$ 은 제1 초음파의 중심주파수인 460 kHz를 의미하며,  $f_2$ 는 제2 초음파의 중심주파수인 610 kHz를 의미한다.
- [0069] 신호검출부(160)는 신호처리부에서 변환된 초음파를 분석하여 해면질골(B)의 합주파수 성분을 검출한다.
- [0070] 여기서, 합주파수 성분은 제1 초음파 및 제2 초음파 각각이 갖는 중심주파수를 합한 주파수의 성분이 검출되는 것을 의미하며, 초음파 비선형성(non-linearity)에 의해 발생한다.
- [0071] 이때, 도2(b)에 도시된 바와 같이, 초음파가 집속된 지점에서 서로 다른 두 개의 중심주파수를 갖는 초음파들의 상호작용에 의하여  $f_1+f_2$  주파수, 즉, 1070 kHz 주파수에 해당하는 합주파수 성분이 발생하였음을 확인할 수 있다.
- [0072] 여기서, 신호검출부(160)는 합주파수 성분에 해당하는 진폭, 즉 도2(b)와 같이 주파수에 대한 함수로 변환된 상태에서 합주파수 성분에 해당하는 dB 값을 검출할 수 있다.
- [0073] 또한, 신호검출부(160)는 파형생성부(130)로부터 제1 초음파 및 제2 초음파의 중심주파수 정보를 제공받아 이에 해당하는 합주파수 성분을 검출할 수 있다.
- [0074] 골밀도 예측부(170)는 신호검출부에서 검출된 해면질골(B)의 합주파수 성분과 골밀도 간의 상관관계를 통해 해면질골(B)의 골밀도를 예측할 수 있다.
- [0075] 이때, 해면질골(B)의 합주파수 성분의 진폭 값을 독립변수로 하며, 해면질골(B)의 골밀도 값을 종속변수로 하여 독립변수와 종속변수를 회귀분석하고, 이로부터 도출된 독립변수와 종속변수 간의 상관관계로부터 골밀도를 예

측할 수 있다.

- [0076] 여기서, 도3에 도시된바와 같이, 해면질골(B)의 합주파수 성분의 진폭 및 해면질골(B)의 골밀도 간의 상관관계는 해면질골(B)의 합주파수 성분의 진폭이 증가함에 따라 해면질골(B)의 골밀도가 선형적으로 감소하는 음의 상관관계를 가진다.
- [0077] 이때, 도3은 본 발명의 일 실시예에 따른 해면질골의 합주파수 성분의 진폭 및 골밀도 간의 상관관계를 도시한 그래프로 가로축은 해면질골의 골밀도를 나타내며, 세로축은 해면질골의 합주파수 성분의 진폭을 나타낸다.
- [0078] 여기서, 도3은 소의 대퇴골 근위부를 이용하여 제작된 12개의 해면질골 샘플(이하, '해면질골' 이라 칭함)을 대상으로 합주파수 성분의 진폭을 측정하여, 합주파수 성분의 진폭과 골밀도의 선형회귀분석을 수행한 결과이다.
- [0079] 이때, 선형회귀분석을 통해 도출된 해면질골 합주파수 성분의 진폭과 해면질골의 골밀도 간 피어슨(pearson) 상관관계수 R값은 0.91을 가졌으며, 이를 통해 해면질골의 합주파수 성분과 해면질골 골밀도는 매우 높은 상관관계를 가진다는 것을 알 수 있다.
- [0080] 그리고, 골밀도 예측부(170)는 복수의 해면질골 샘플 혹은 사람의 뼈로 측정된 결과로 도출한 상술한 상관관계가 데이터베이스화 되어 저장된 저장부(미도시)를 더 포함할 수 있다.
- [0081] 이때, 저장부(미도시)에는 나이, 성별 등에 따른 골밀도 정상, 골감소증, 골다공증에 해당하는 기준치와 해당 골밀도와 유사한 값을 가지는 뼈 형상에 대한 복수의 이미지가 저장되어 있을 수 있다.
- [0082] 여기서, 골밀도 예측부(170)는 저장부(미도시)에 저장된 해면질골(B)의 합주파수 성분의 진폭 및 해면질골(B)의 골밀도 간의 상관관계에 신호검출부(160)에서 검출된 해면질골(B)의 합주파수 성분을 매칭하여 해당하는 해면질골(B)의 골밀도를 도출할 수 있다.
- [0083] 이때, 골밀도 예측부(170)는 도출된 골밀도를 통해 골다공증 진단 예측이 가능할 수 있으며, 도출된 골밀도는 측정자의 나이, 성별, 인종 등에 따라 정상 평균값과 비교하여 해석되어, 골밀도 정상수치에서 낮은 경우, 골감소증 혹은 골다공증으로 판별될 수 있다.
- [0084] 출력부(180)는 골밀도 예측부(170)로부터 예측된 해면질골(B)의 골밀도를 출력한다.
- [0085] 또한, 골밀도 예측부(170)로부터 예측된 골다공증 진단 판별 값을 출력할 수 있다.
- [0086] 이때, 출력부(180)는 화면상에 출력하는 디스플레이장치(미도시) 혹은 용지 상에 출력하는 프린터(미도시) 등의 형태로 마련될 수 있다.
- [0087] 또한, 출력부(180)는 골밀도 예측부(170)로부터 예측된 골다공증 진단 판별 값이 출력될 수 있으며, 예측된 골밀도와 대응되는 값과 유사한 형상의 이미지가 출력될 수 있다.
- [0088] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측장치(100)는 시간반전음향(Time Reversal Acoustics; TRA)기술을 골밀도 측정에 이용하기 위하여 고안된 것이다.
- [0089] 여기서, 시간반전음향(TRA)기술은 원하는 곳에 음향에너지를 집중시키는 기술로, 초음파 발생소자의 배열 혹은 렌즈형으로 마련된 집속 초음파 발생기 등을 이용하여 구현하던 기존에 집속 방식과 달리 다른 위치에서는 초음파 신호가 구성되지 않고 원하는 곳에만 신호가 재구성되어 집중되는 것을 의미한다.
- [0090] 이와 같은 기술을 골밀도 측정에 이용함으로써, 보다 정확도가 향상된 골밀도 예측 장치를 제공할 수 있다.
- [0092] **<초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 방법에 대하여>**
- [0093] 도4는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 방법을 도시한 흐름도이다.
- [0094] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 방법은 1차 초음파 송출단계(S100), 1차 초음파 수신단계(S200), 시간반전단계(S300), 2차 초음파 송출단계(S400), 2차 초음파 수신단계(S500), 신호처리단계(S600), 골밀도 예측단계(S700), 및 출력단계(S800)를 포함한다.
- [0095] 1차 초음파 송출단계(S100)는 파형생성부(130)로부터 생성된 상이한 중심주파수를 갖는 제1 초음파 및 제2 초음파를 복수의 송신부(110)가 각각 해면질골(B)에 송출하는 단계이다.
- [0096] 여기서, 파형생성부(130)는 상이한 중심주파수를 갖는 제1 초음파 및 제2 초음파를 생성하고, 이를 복수의 송신

부(110)에 제공한다.

- [0097] 이때, 제1 초음파와 제2 초음파는 300 kHz ~ 700 kHz 정도의 중심주파수를 갖도록 생성될 수 있으며, 제1 초음파와 제2 초음파는 50 kHz ~ 150 kHz의 차이를 갖도록 생성될 수 있다.
- [0098] 또한, 제1 초음파와 제2 초음파는 펄스 형태로 마련될 수 있으며, 펄스 사이클 수(cycle number)가 10개 이상을 갖도록 생성될 수 있다.
- [0099] 이때, 복수의 송신부(110)는 해면질골(B)을 중심으로 마주보고 위치하고 있으며, 해면질골(B) 양측에 위치한 한 쌍의 송신부(110) 각각에서 제1 초음파, 제2 초음파가 송출된다.
- [0100] 여기서, 송신부(110)는 초음파를 송출하는 송신부분(111)과 송신부분의 초음파 송출방향에 위치하고, 송신부분(111)에서 송출되는 초음파의 다중 반사를 유도하며 송신부분(111)에서 송출되는 초음파에 잔향을 추가하는 잔향생성부분(112)을 포함할 수 있다.
- [0101] 이때, 송신부(110)의 개수에 따라 후술할 2차 초음파 수신단계(S500)에서 수신부(120)가 수신하는 초음파의 집속 정도가 상이할 수 있으며, 송신부(120)의 개수가 많을수록 초음파 집속효과 또한 향상될 수 있다.
- [0102] 1차 초음파 수신단계(S200)는 수신부(120)가 1차 초음파 송출단계(S100)에서 송출되어 해면질골(B)을 전파한 제1 초음파 및 제2 초음파를 수신하는 단계이다.
- [0103] 이때, 수신부(120)는 해면질골(B)과 인접하여 해면질골(B) 바로 위에 위치할 수 있다.
- [0104] 또한, 수신부(120)는 수중청음기(hydrophone)으로 마련될 수 있다.
- [0105] 시간반전단계(S300)는 시간반전부(140)가 수신부(120)에서 수신한 제1 초음파 및 제2 초음파를 시간 반전하여 제3 초음파 및 제4 초음파를 생성하고, 생성한 제3 초음파 및 제4 초음파를 복수의 송신부(110)에 제공하는 단계이다.
- [0106] 이때, 시간반전부(140)는 해면질골(B)을 전파하고 수신부(120)를 통해 수신된 제1 초음파와 제2 초음파 각각을 시간 반전시켜 제3 초음파 및 제4 초음파를 생성하여 제1 초음파가 송출되었던 송신부(110)에는 제3 초음파, 제2 초음파가 송출되었던 송신부(110)에는 제4 초음파를 제공할 수 있다.
- [0107] 2차 초음파 송신단계(S400)는 복수의 송신부(110)가 각각 제3 초음파 및 제4 초음파를 해면질골(B)에 송출하는 단계이다.
- [0108] 2차 초음파 수신단계(S500)는 수신부(120)가 2차 초음파 송신단계(S400)에서 송출되어 해면질골(B)을 전파한 제3 초음파 및 제4 초음파를 수신하는 단계이다.
- [0109] 이때, 2차 초음파 송신단계(S400)에서 송출되어 해면질골(B)을 전파한 제3 초음파 및 제4 초음파는 수신부(120)가 설치된 위치에 집속되고, 이를 수신부(120)가 수신한다.
- [0110] 여기서, 수신부(120)가 수신한 수신부(120)가 설치된 위치에 집속된 제3 초음파와 제4 초음파는 상술한 잔향생성부분(112)에 영향으로 송신부(110)에 잔향생성부분(112)이 포함되지 않을 경우 상술한 과정을 수행한 경우에 비해, 수신부(120)에 수신되는 초음파의 집속 정도가 향상될 수 있다.
- [0111] 신호처리단계(S600)는 처리단계(S610), 검출단계(S620)를 포함한다.
- [0112] 여기서, 처리단계(S610)는 신호처리부(150)가 2차 초음파 수신단계(S500)에서 수신부(120)가 수신한 제3 초음파 및 제4 초음파의 전기적신호를 제공받아 푸리에 변환(Fourier transform)을 수행하는 단계이다.
- [0113] 이때, 수신부(120)가 수신한 제3 초음파 및 제4 초음파는 수신부(120) 위치에 집속되어 도2(a)에 도시된 바와 같이 나타날 수 있다.
- [0114] 여기서, 수신부(120)가 수신한 제3 초음파 및 제4 초음파의 전기적신호에 고속 푸리에 변환(fast Fourier transform; FFT)을 수행하여, 시간에 대한 함수를 도2(b)에 도시된 바와 같이 주파수에 대한 함수로 나타낼 수 있다.
- [0115] 이때, 도2(b)의 가로축은 주파수에 해당하고, 세로축은 파워스펙트럼 즉, 주파수 성분에 대한 진폭을 의미한다.
- [0116] 또한, 검출단계(S620)는 처리단계(S610)에서 주파수에 대한 함수로 변환된 초음파를 분석하여 해면질골(B)의 합

주파수 성분을 검출하는 단계이다.

- [0117] 여기서, 합주파수 성분은 제1 초음파 및 제2 초음파 각각이 갖는 중심주파수를 합한 주파수 성분을 의미한다.
- [0118] 이때, 검출단계(S620)는 합주파수 성분에 해당하는 진폭, 즉 도2(b)에 도시된바와 같이 제1 주파수(f1)과 제2 주파수(f2)의 중심주파수가 합해진 주파수 성분에 해당하는 dB값을 검출할 수 있다.
- [0119] 골밀도 예측단계(S700)는 골밀도 예측부(170)가 신호처리단계(S600)에서 검출된 합주파수 성분과 해면질골(B)의 골밀도 간의 상관관계를 통해 해면질골(B)의 골밀도를 예측하는 단계이다.
- [0120] 여기서, 골밀도 예측단계(S700)는 해면질골(B)의 합주파수 성분의 진폭 값을 독립변수로 하고, 해면질골(B)의 골밀도 값을 종속변수로 하여, 독립변수와 종속변수를 회귀분석하며, 이로부터 도출된 독립변수와 종속변수간의 상관관계로부터 골밀도를 예측할 수 있다.
- [0121] 이때, 골밀도 예측부(170)는 측정 이전에 도3에 도시된 바와 같이, 해면질골(B)의 합주파수 성분의 진폭 및 해면질골(B)의 골밀도 간의 상관관계를 포함할 수 있다.
- [0122] 여기서, 해면질골(B)의 합주파수 성분의 진폭 및 해면질골(B)의 골밀도 간의 상관관계는 해면질골(B)의 합주파수 성분의 진폭이 증가함에 따라 해면질골(B)의 골밀도가 선형적으로 감소하는 음의 상관관계를 가진다.
- [0123] 이때, 도3은 본 발명의 일 실시예에 따른 해면질골(B)의 합주파수 성분의 진폭 및 골밀도 간의 상관관계를 도시한 그래프로 가로축은 해면질골(B)의 골밀도를 나타내며, 세로축은 해면질골(B)의 합주파수 성분의 진폭을 나타낸다.
- [0124] 여기서, 도3은 소의 대퇴골 근위부를 이용하여 제작된 12개의 해면질골 샘플(이하, ‘해면질골’이라 칭함)을 대상으로 합주파수 성분의 진폭을 측정하였고, 선형회귀분석을 수행하였다.
- [0125] 이때, 선형회귀분석을 통해 도출된 해면질골(B)의 합주파수 성분의 진폭과 해면질골(B)의 골밀도 간 피어슨(pearson) 상관계수 R값은 0.91을 가졌으며, 이를 통해 해면질골(B)의 합주파수 성분과 해면질골 골밀도는 매우 높은 상관관계를 가진다는 것을 알 수 있다.
- [0126] 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 골밀도 예측부(170)는 상술한 측정 결과 외에도 정밀도를 향상하기 위해 다수의 해면질골(B)를 더 포함한 상관관계가 포함될 수 있으며, 또한, 사람의 종골, 대퇴골 등에 대한 상관관계가 더 포함될 수 있다.
- [0127] 여기서, 상술한 측정 방법을 통해 측정된 측정자 해면질골(B)의 합주파수 성분을 검출하고, 이를 기 저장된 해면질골(B)의 합주파수 성분의 진폭과 해면질골(B) 골밀도 간의 상관관계에 매칭시켜 골밀도의 예측이 가능하며, 이로부터 골다공증 진단 결과를 예측하는 것이 가능할 수 있다.
- [0128] 이때, 예측된 골밀도는 측정자의 나이, 성별, 인종 등에 따라 정상 평균값과 비교하여 해석될 수 있으며, 골밀도 정상수치에서 낮은 경우, 골감소증 혹은 골다공증으로 판별될 수 있다.
- [0129] 출력단계(S800)는 골밀도 예측단계(S700)로부터 예측된 해면질골(B)의 골밀도를 출력부(180)에 출력하는 단계이다.
- [0130] 여기서, 출력부(180)는 골다공증 진단 결과를 더 포함하여 출력할 수 있다.
- [0131] 이때, 출력부(180)는 화면상에 출력하는 디스플레이장치(미도시) 혹은 용지 상에 출력하는 프린터(미도시) 등의 형태로 마련될 수 있다.
- [0132] 결국, 본 발명은, 복수의 송신부에서 송출된 해면질골을 전파한 제1 초음파 및 제2 초음파를 반전시켜 제3 초음파 및 제4초음파를 생성하고, 이를 복수의 송신부에 제공하여 복수의 송신부가 제3 초음파 및 제4초음파를 송출함으로써, 해면질골을 전파한 제3 초음파 및 제4초음파는 해면질골 바로 위에 위치한 수신부에 집중되고, 이때, 수신부가 수신한 제3초음파 및 제4초음파를 분석하여 제1 초음파와 제2 초음파가 가지는 중심주파수의 합에 해당하는 합주파수 성분을 검출하며, 골밀도 예측부에 포함된 해면질골의 합주파수 성분과 해면질골 골밀도 간의 상관관계를 통해 해면질골의 골밀도 예측이 가능할 수 있으며, 기존의 정량적 초음파 기술에 사용되던 파라미터와 더불어 새로운 파라미터인 초음파 합주파수 성분을 제공함으로써 골밀도의 예측이 가능하며, 종래의 음속 및 광대역 초음파 감쇠율만을 이용해 골밀도를 측정하는 방식에 비해 골다공증 진단의 정확도를 향상시킬 수 있고, 초음파를 조사하여 골다공증 진단이 이루어지므로 측정자가 방사선에 노출 될 위험이 없기 때문에 측정자에게 안전한 초음파 합주파수를 이용한 골밀도 예측 장치 및 방법을 제공한다.

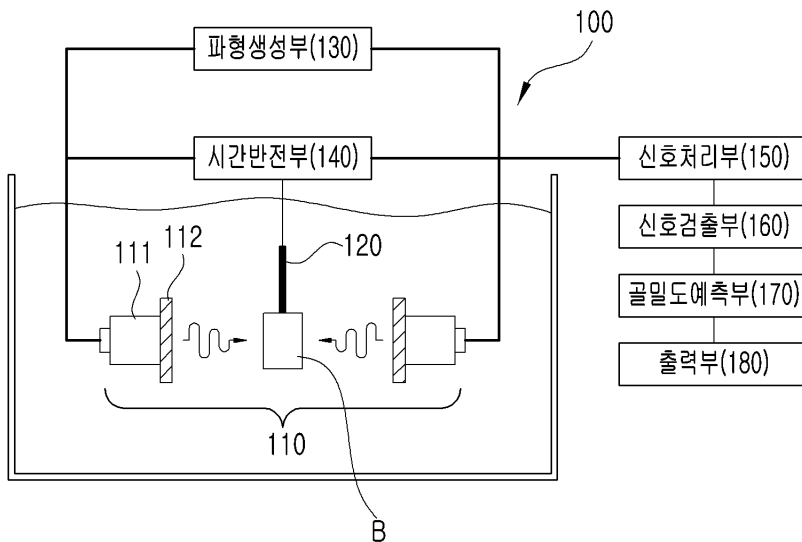
[0133] 위에서 설명한 바와 같이 본 발명에 대한 구체적인 설명은 첨부된 도면을 참조한 실시 예에 의해서 이루어졌지만, 상술한 실시 예는 본 발명의 바람직한 예를 들어 설명하였을 뿐이기 때문에, 본 발명이 상기의 실시 예에만 국한되는 것으로 이해되어져서는 아니 되며, 본 발명의 권리범위는 후술하는 청구범위 및 그 등가개념으로 이해되어져야 할 것이다.

**부호의 설명**

- [0135] 100 : 초음파 합주파수 성분을 이용한 골밀도 예측 장치  
 110 : 송신부  
     111 : 송신부분  
     112 : 잔향생성부분  
 120 : 수신부  
 130 : 파형생성부  
 140 : 시간반전부  
 150 : 신호처리부  
 160 : 신호검출부  
 170 : 골밀도 예측부  
 180 : 출력부  
 B : 해면질골

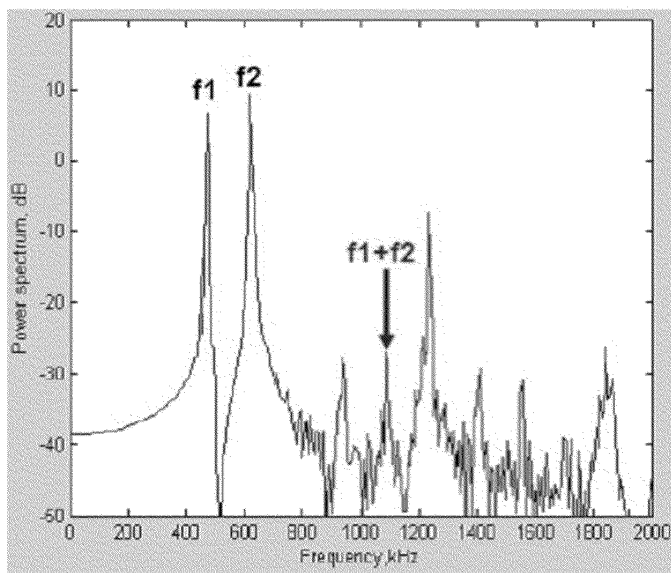
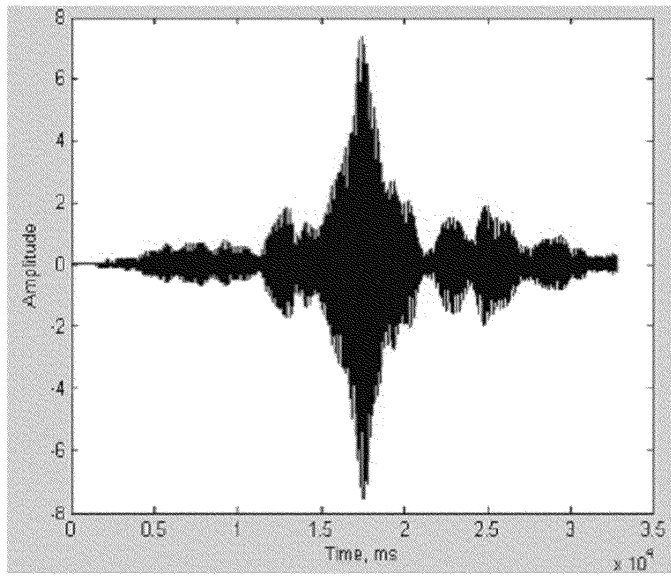
**도면**

**도면1**

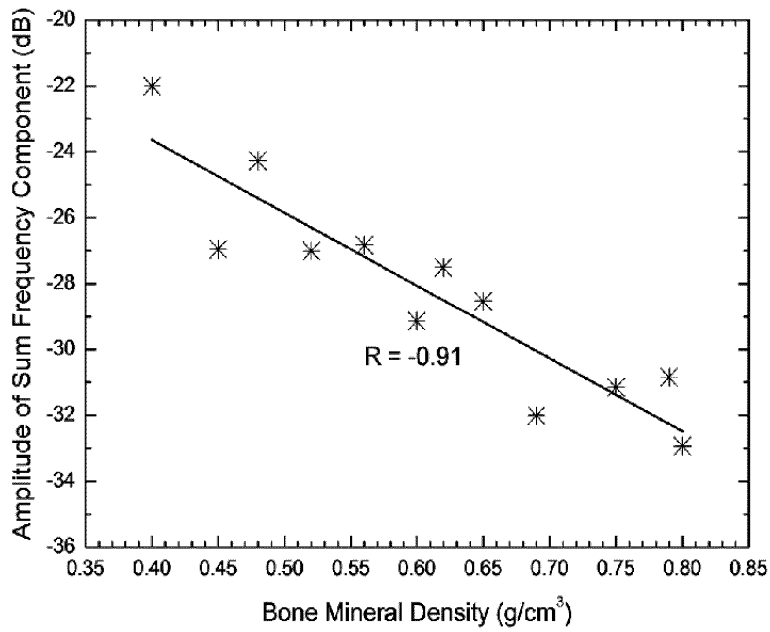




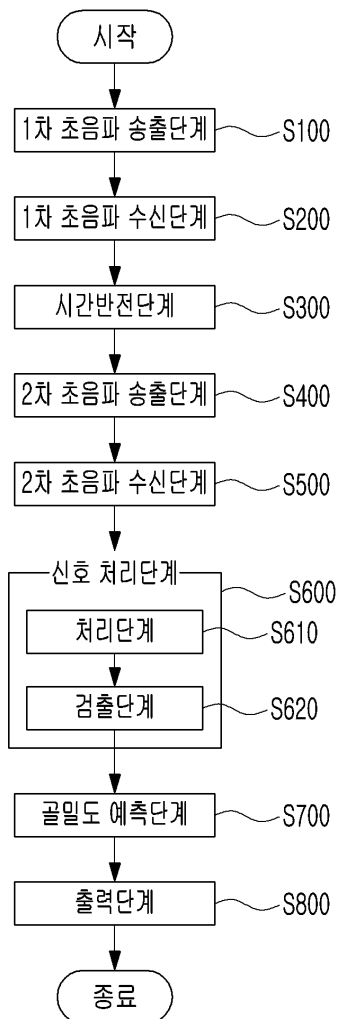
도면2



도면3



도면4



专利名称(译)	使用超声和频分量预测骨矿物质密度的装置和方法		
公开(公告)号	<a href="#">KR101840349B1</a>	公开(公告)日	2018-03-21
申请号	KR1020160151849	申请日	2016-11-15
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 A61B5/00		
CPC分类号	A61B8/0875 A61B5/7257		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

本发明提供骨密度\*\*\*和分析传播海绵骨的超声波信号并检测海绵骨的和频分量的方法，并利用超声波和频分量预测骨矿物质密度通过检测到的和频分量的振幅的骨矿物质密度和海绵骨之间的相关性来评估海绵状骨。根据本发明，具有如下效果：通过将作为新参数的超声波和频分量与用于现有定量超声波技术的参数一起提供，并且骨质疏松症诊断的准确性可以是与仅使用传统声速和宽带超声波衰减因子的测量骨矿物质密度的模式相比得到改善，并且由于超声被照射并且由于没有超声波而没有进行骨质疏松症诊断，因此可以为观察者提供安全测量方法观察者受到辐射的危险。

