



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0037351
(43) 공개일자 2018년04월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/08 (2006.01) A61B 8/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 8/0875 (2013.01)
A61B 8/4483 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0127363
(22) 출원일자 2016년10월04일
심사청구일자 2016년10월04일

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

전체 청구항 수 : 총 16 항

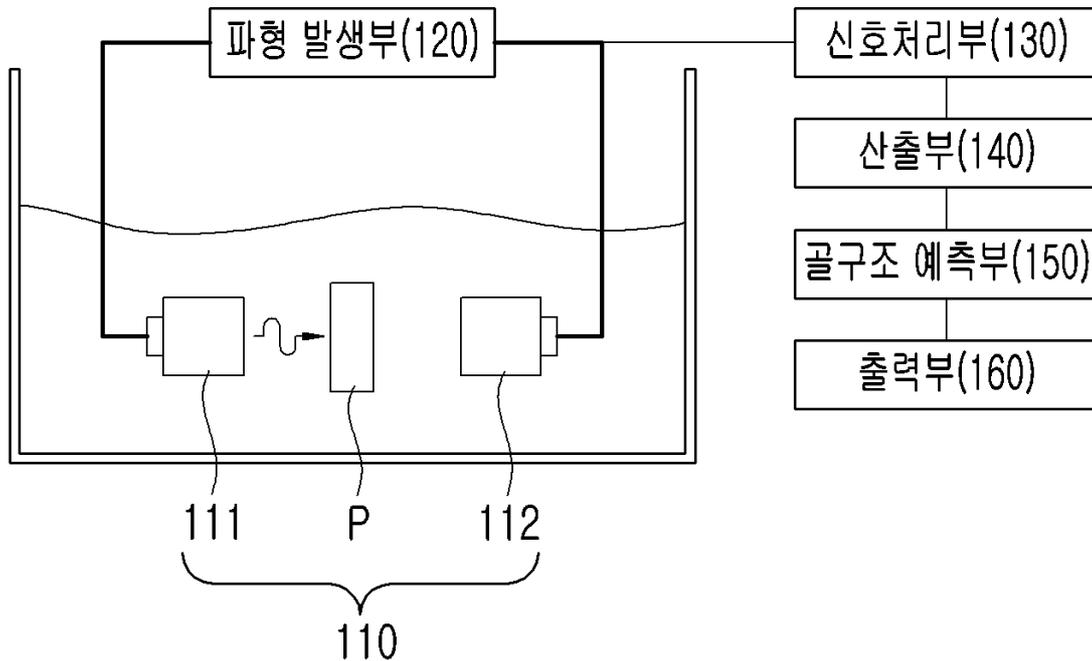
(54) 발명의 명칭 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 해면질골을 투과한 초음파 신호를 분석하여 상기 해면질골의 비선형 변수를 산출하고, 산출된 상기 비선형 변수와 상기 해면질골의 골구조 간의 상관관계를 통해 상기 해면질골의 골구조를 예측하는 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치 및 방법을 제공한다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



본 발명에 의하면, 초음파 투과법을 이용하여 측정된 해면질골의 비선형 변수는 해면질골의 비선형 변수와 해면질골의 골용량비율 및 해면질골의 골소주 간격 간 각각의 높은 상관관계로부터 골용량 비율 및 골소주 간격을 포함하는 골구조의 예측이 가능할 수 있고, 기존의 정량적 초음파 기술에 사용되던 파라미터와 더불어 새로운 파라미터인 초음파 비선형 변수를 제공함으로써 골구조 예측이 가능하여, 종래의 음속 및 광대역 초음파 감쇠율만을 이용해 골밀도를 측정하는 방식에 비해 본 발명은 골밀도와 더불어 골구조를 함께 평가할 수 있어, 골다공증 진단의 정확도를 향상시킬 수 있으며, 본 발명은 초음파를 조사하여 골다공증 진단이 이루어지므로 측정자가 방사선에 노출 될 위험이 없기 때문에 측정자에게 안전한 측정 방법을 제공할 수 있는 효과가 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

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

명세서

청구범위

청구항 1

인가된 전기적 신호를 초음파로 변환하는 송신부와 수신한 초음파를 전기적 신호로 변환하는 수신부를 포함하여 초음파를 송수신하고, 해면질골을 중심으로 초음파를 송수신하는 일면이 마주보도록 위치한 한 쌍의 초음파 변환기;

송신초음파에 대한 전기적 신호를 생성하여 상기 송신부로 전송하는 파형 발생부;

상기 수신부에서 수신된 수신초음파의 전기적 신호를 검출하는 신호처리부;

상기 신호처리부에서 검출된 전기적 신호를 분석하여 상기 해면질골의 비선형 변수를 산출하는 산출부; 및

상기 산출부에서 산출된 상기 비선형 변수와 상기 해면질골의 골구조 간의 상관관계를 통해 상기 해면질골의 골구조를 예측하는 골구조 예측부;를 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 신호처리부는 상기 송신초음파가 갖는 기본주파수(이하, 'f1 주파수' 라 함.)의 2배인 주파수(이하, 'f2 주파수' 라 함.)를 갖는 수신초음파에 대한 전기적 신호를 선별적으로 검출하는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 해면질골의 비선형 변수는 하기 수학적 식 1에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치.

[수학적 식 1]

$$\left(\frac{B}{A}\right)_s = \left(\left[\left\{ \frac{P_{2s}}{P_{2w}} \cdot \frac{L}{d} - \left(\frac{L}{d} - 1\right) \cdot \exp(-\alpha_{s2} \cdot d) \cdot M_{ws} \cdot M_{sw} \right\} \cdot \frac{\rho_s c_s^3}{\rho_w c_w^3} \cdot \frac{d}{M_{ws} \cdot M_{sw}^2} \right. \right. \\ \left. \left. \cdot \frac{2\alpha_{s1} - \alpha_{s2}}{\exp(-\alpha_{s2} \cdot d) - \exp(-2\alpha_{s2} \cdot d)} \right] \cdot \left\{ \left(\frac{B}{A}\right)_w + 2 \right\} \right)^{-2}$$

(여기서, (B/A)_s는 해면질골의 비선형 변수, P_{2s}는 한 쌍의 초음파 변환기 사이에 해면질골이 있는 경우에 해면질골을 투과한 f2주파수 성분의 진폭, P_{2w}는 한 쌍의 초음파 변환기 사이에 해면질골이 없는 경우 물만을 투과한 f2주파수 성분의 진폭, L은 한 쌍의 초음파 변환기 사이의 거리, d는 해면질골의 두께, α_{s1}은 f1주파수 성분에서 해면질골의 감쇠계수, α_{s2}는 f2주파수 성분에서 해면질골의 감쇠계수, M_{ws}는 물/해면질골 사이 경계면에서의 음압투과계수, M_{sw}는 해면질골/물 사이 경계면에서의 음압투과계수, ρ_w는 물의 밀도, c_w는 물의

음속, P_s 는 해면질골의 밀도, C_s 는 해면질골의 음속, $(B/A)_w$ 는 물의 비선형 변수, exp는 지수함수)

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 해면질골의 골구조는 골 용량비율(BT/TV) 및 골소주 간격(Tb.Sp)을 포함하는 것을 특징으로 하는
초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 골구조 예측부는 상기 해면질골의 비선형 변수를 독립변수로 하고, 상기 해면질골의 골 용량비율(BT/TV) 및 상기 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)을 종속변수로 하여, 독립변수와 각각의 종속변수를 회귀분석하고, 이로 부터 도출된 상기 독립변수와 상기 종속변수 간의 상관관계를 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 골구조 예측부에서 상기 해면질골의 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골 용량비율(BT/TV)간의 상관관계는 상기 비선형 변수가 증가함에 따라 상기 해면질골의 골 용량비율(BT/VT)이 선형적으로 증가하는 양의 상관관계를 갖는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 골구조 예측부에서 상기 해면질골의 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)간의 상관관계는 상기 비선형 변수가 증가함에 따라 상기 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)이 선형적으로 감소하는 음의 상관관계를 갖는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치는 상기 골구조 예측부로부터 예측된 골구조를 출력하는 출력부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측장치.

청구항 9

초음파를 송신하는 일면이 마주보도록 배열된 한 쌍의 초음파 변환기 중 송신부에서 송신하는 송신초음파를

해면질골에 입사시켜, 상기 송신초음파를 상기 해면질골을 투과시키는 초음파 투과단계;

상기 초음파 투과 단계에서 상기 해면질골을 투과한 수신초음파를 한 쌍의 초음파 변환기 중 수신부가 수신하고, 상기 수신부는 수신된 수신초음파를 전기적 신호로 변환하는 신호 수신단계;

신호처리가 상기 신호 수신 단계에서 변환된 상기 전기적 신호를 검출하고, 산출부는 상기 신호처리부에서 검출된 상기 전기적 신호를 분석하여 상기 해면질골의 비선형 변수를 산출하는 신호 처리단계; 및

골구조 예측부가 상기 신호 처리단계에서 산출된 상기 비선형 변수와 상기 해면질골의 골구조 간의 상관관계를 통해 상기 해면질골의 골구조를 예측하는 골구조 예측 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 신호 처리단계는 상기 송신초음파가 갖는 기본주파수(이하, ‘f1 주파수’ 라 함.)의 2배인 주파수(이하, f2 주파수라 함.)를 가지는 수신초음파에 대한 전기적 신호를 선별적으로 검출하는 검출단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 신호 처리단계는 상기 검출단계에서 검출된 상기 전기적 신호로부터 하기 수학식 1을 통해 상기 해면질골의 비선형 변수를 산출하는 산출단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 방법.

[수학식 1]

$$\left(\frac{B}{A}\right)_s = \left(\left[\left\{ \frac{P_{2s}}{P_{2w}} \cdot \frac{L}{d} - \left(\frac{L}{d} - 1\right) \cdot \exp(-\alpha_{s2} \cdot d) \cdot M_{ws} \cdot M_{sw} \right\} \cdot \frac{\rho_s c_s^3}{\rho_w c_w^3} \cdot \frac{d}{M_{ws} \cdot M_{sw}^2} \right. \right. \\ \left. \left. \cdot \frac{2\alpha_{s1} - \alpha_{s2}}{\exp(-\alpha_{s2} \cdot d) - \exp(-2\alpha_{s2} \cdot d)} \right] \cdot \left\{ \left(\frac{B}{A}\right)_w + 2 \right\} \right)^{-2}$$

(여기서, (B/A)_s는 해면질골의 비선형 변수, P_{2s} 는 한 쌍의 초음파 변환기 사이에 해면질골이 있는 경우에 해면질골을 투과한 f2주파수 성분의 진폭, P_{2w} 는 한 쌍의 초음파 변환기 사이에 해면질골이 없는 경우 물만을 투과한 f2주파수 성분의 진폭, L은 한 쌍의 초음파 변환기 사이의 거리, d는 해면질골의 두께, α_{s1} 은 f1주파수 성분에서 해면질골의 감쇠계수, α_{s2} 는 f2주파수 성분에서 해면질골의 감쇠계수, M_{ws} 는 물/해면질골 사이 경계면에서의 음압투과계수, M_{sw} 는 해면질골/물 사이 경계면에서의 음압투과계수, ρ_w 는 물의 밀도, c_w 는 물의 음속, ρ_s 는 해면질골의 밀도, c_s 는 해면질골의 음속, (B/A)_w는 물의 비선형 변수, exp는 지수함수)

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 해면질골의 골구조는 상기 해면질골의 골 용량비율(BT/TV) 및 골소주 간격(Tb.Sp)을 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 골구조 예측단계는 상기 해면질골의 비선형 변수를 독립변수로 하고, 상기 해면질골의 골 용량비율(BT/TV) 및 상기 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)을 종속변수로 하여, 독립변수와 각각의 종속변수를 회귀분석하고, 상기 독립변수와 상기 종속변수 간의 상관관계를 도출하며, 도출된 상관관계로부터 골구조를 예측하는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 골구조 예측단계에서 상기 해면질골의 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골 용량비율(BT/TV)간의 상관관계는 상기 비선형 변수가 증가함에 따라 상기 해면질골의 골 용량비율(BT/TV)이 선형적으로 증가하는 양의 상관관계를 갖는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 방법.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 골구조 예측단계에서 해면질골의 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)간의 상관관계는 상기 비선형 변수가 증가함에 따라 상기 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)이 선형적으로 감소하는 음의 상관관계를 갖는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 방법.

청구항 16

제9항에 있어서,

상기 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 방법은 상기 골구조 예측단계에서 예측된 결과를 출력부에 출력하는 출력단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 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, 골다공증은 발병하고 나면 정상상태로 되돌릴 수 없는 비가역성 질환이라는 점에서 조기 진단 및 진단에 의한 예방이 중요시 되는 질병으로, 골다공증 진단을 위한 여러 가지 진단방법 중 대표적으로 이중 에너지 X-선 흡수계측법(dual energy X-ray absorptiometry; DEXA)을 이용한 골밀도 측정이 있다.
- [0005] 그러나, 골다공증 진단을 위한 골밀도 측정은 골다공증의 진단 뿐 아니라 치료반응의 평가를 위하여 반복적인 측정이 이루어져야 하기 때문에 방사선을 이용하는 이중 에너지 X-선 흡수계측법은 방사선에 반복적으로 노출되어야 하는 위험성이 존재하였으며, 특히 임산부의 골밀도 측정에는 어려움이 있었다.
- [0006] 그렇기에, 인체에 무해한 골다공증 진단 방법에 대한 연구가 다각도로 이루어지고 있으며, 이러한 연구에 일환으로 초음파를 이용하여 골다공증을 진단하는 정량적 초음파(quantitative ultrasound; QUS) 기술이 제시되었다.
- [0007] 여기서, 정량적 초음파 기술은 인체의 발 뒤꿈치 뼈 즉, 종골(calcaneus)에 초음파를 투과시키고, 종골의 음속(speed of sound; SOS) 및 광대역 초음파 감쇠(normalized broadband ultrasound attenuation; nBUA)와 같은 초음파 특성을 측정하여 전신의 골밀도(bone mineral density; BMD)를 간접적으로 예측하여 골다공증을 진단하는 방법으로써, 방사선을 이용한 골다공증 진단 방법에 비해 반복적인 검사에도 방사선 노출의 위험성이 전혀 없고, 진단기기의 가격 및 검진비용이 상대적으로 저렴하다.
- [0008] 이러한 정량적 초음파 기술은 대한민국 공개특허공보 제10-2005-0038812호(출원일 : 2003. 10. 23, 공개일 : 2005. 04. 29, 이하 ‘종래기술’이라 칭함.)에 제시된 바 있다.
- [0009] 한편, 동일한 골밀도를 갖더라도 연령의 차이, 골절 관련 병력, 스테로이드류의 약물치료를 받은 경우, 및 인체의 골구조를 구성하는 해면질골 골소주 간격과 골 용량비율의 차이에 따라서 골절 발생률이 다르기 때문에 골밀도 뿐 아니라 골구조의 변화를 함께 고려해야할 필요성이 있다.
- [0010] 그러나, 종래기술은 골다공증 진단을 위해 골밀도의 변화만을 측정하고 있어 골구조 변화로 인해 발생하는 골다공증의 원인 규명 및 진단에는 어려움이 존재하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로 초음파 측정을 통해 골구조를 예측하고, 예측된 골구조로부터 골다공증 진단의 정확도를 향상시킬 수 있는 기술을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 이러한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치는 인가된 전기적 신호를 초음파로 변환하는 송신부와 수신한 초음파를 전기적 신호로 변환하는 수신부를 포함하여 초음파를 송수신하고, 해면질골을 중심으로 초음파를 송수신하는 일면이 마주보도록 위치한 한 쌍의 초음파 변환기; 송신초음파에 대한 전기적 신호를 생성하여 상기 송신부로 전송하는 과형 발생부; 상기 수신부에서 수신된 수신초음파의 전기적 신호를 검출하는 신호처리부; 상기 신호처리부에서 검출된 전기적 신호를 분석하여 상기 해면질골의 비선형 변수를 산출하는 산출부; 및 상기 산출부에서 산출된 상기 비선형 변수와 상기 해면질골의 골구조 간의 상관관계를 통해 상기 해면질골의 골구조를 예측하는 골구조 예측부;를 포함할 수 있다.
- [0015] 여기서, 상기 신호처리부는 상기 송신초음파가 갖는 기본주파수(이하, ‘f1 주파수’라 함.)의 2배인 주파수(이하, ‘f2 주파수’라 함.)를 갖는 수신초음파에 대한 전기적 신호를 선별적으로 검출할 수 있다.
- [0016] 그리고, 상기 해면질골의 비선형 변수는 하기 수학식 1에 의해 산출될 수 있다.

[0017] [수학식 1]

$$\left(\frac{B}{A}\right)_s = \left(\left[\left\{ \frac{P_{2s}}{P_{2w}} \cdot \frac{L}{d} - \left(\frac{L}{d} - 1\right) \cdot \exp(-\alpha_{s2} \cdot d) \cdot M_{ws} \cdot M_{sw} \right\} \cdot \frac{\rho_s c_s^3}{\rho_w c_w^3} \cdot \frac{d}{M_{ws} \cdot M_{sw}^2} \right. \right. \\ \left. \left. \cdot \frac{2\alpha_{s1} - \alpha_{s2}}{\exp(-\alpha_{s2} \cdot d) - \exp(-2\alpha_{s2} \cdot d)} \right] \cdot \left\{ \left(\frac{B}{A}\right)_w + 2 \right\} \right) - 2$$

[0018]

[0019] (여기서, (B/A)_s는 해면질골의 비선형 변수, P_{2s} 는 한 쌍의 초음파 변환기 사이에 해면질골이 있는 경우에 해면질골을 투과한 f2주파수 성분의 진폭, P_{2w} 는 한 쌍의 초음파 변환기 사이에 해면질골이 없는 경우 물만을 투과한 f2주파수 성분의 진폭, L은 한 쌍의 초음파 변환기 사이의 거리, d는 해면질골의 두께, α_{s1} 은 f1주파수 성분에서 해면질골의 감쇠계수, α_{s2} 는 f2주파수 성분에서 해면질골의 감쇠계수, M_{ws} 는 물/해면질골 사이 경계면에서의 음압투과계수, M_{sw} 는 해면질골/물 사이 경계면에서의 음압투과계수, ρ_w 는 물의 밀도, c_w 는 물의 음속, ρ_s 는 해면질골의 밀도, c_s 는 해면질골의 음속, (B/A)_w는 물의 비선형 변수, exp는 지수함수)

[0020] 또한, 상기 해면질골의 골구조는 골 용량비율(BT/TV) 및 골소주 간격(Tb.Sp)을 포함할 수 있다.

[0021] 그리고, 상기 골구조 예측부는 상기 해면질골의 비선형 변수를 독립변수로 하고, 상기 해면질골의 골 용량비율(BT/TV) 및 상기 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)을 종속변수로 하여, 독립변수와 각각의 종속변수를 회귀분석하고, 이로부터 도출된 상기 독립변수와 상기 종속변수 간의 상관관계를 포함할 수 있다.

[0022] 이때, 상기 골구조 예측부에서 상기 해면질골의 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골 용량비율(BT/TV)간의 상관관계는 상기 비선형 변수가 증가함에 따라 상기 해면질골의 골 용량비율(BT/TV)이 선형적으로 증가하는 양의 상관관계를 가질 수 있다.

[0023] 또한, 상기 골구조 예측부에서 상기 해면질골의 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)간의 상관관계는 상기 비선형 변수가 증가함에 따라 상기 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)이 선형적으로 감소하는 음의 상관관계를 가질 수 있다.

[0024] 그리고, 상기 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치는 상기 골구조 예측부로부터 예측된 골구조를 출력하는 출력부;를 더 포함할 수 있다.

[0025] 한편, 이러한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 방법은 초음파를 송수신하는 일면이 마주보도록 배열된 한 쌍의 초음파 변환기 중 송신부에서 송신하는 송신초음파를 해면질골에 입사시켜, 상기 송신초음파를 상기 해면질골을 투과시키는 초음파 투과 단계; 상기 초음파 투과 단계에서 상기 해면질골을 투과한 수신초음파를 한 쌍의 초음파 변환기 중 수신부가 수신하고, 상기 수신부는 수신된 수신초음파를 전기적 신호로 변환하는 신호 수신단계; 신호처리부가 상기 신호 수신 단계에서 변환된 상기 전기적 신호를 검출하고, 산출부는 상기 신호처리부에서 검출된 상기 전기적 신호를 분석하여 상기 해면질골의 비선형 변수를 산출하는 신호 처리단계; 및 골구조 예측부가 상기 신호 처리단계에서 산출된 상기 비선형 변수와 상기 해면질골의 골구조 간의 상관관계를 통해 상기 해면질골의 골구조를 예측하는 골구조 예측 단계;를 포함할 수 있다.

[0026] 여기서, 상기 신호 처리단계는 상기 송신초음파가 갖는 기본주파수(이하, 'f1 주파수' 라 함.)의 2배인 주파수(이하, f2 주파수라 함.)를 가지는 수신초음파에 대한 전기적 신호를 선별적으로 검출하는 검출단계를 포함할 수 있다.

[0027] 그리고, 상기 신호 처리단계는 상기 검출단계에서 검출된 상기 전기적 신호로부터 하기 수학식 1을 통해 상기 해면질골의 비선형 변수를 산출하는 산출단계를 포함할 수 있다.

[0028] [수학식 1]

$$\left(\frac{B}{A}\right)_s = \left(\left[\left\{ \frac{P_{2s}}{P_{2w}} \cdot \frac{L}{d} - \left(\frac{L}{d} - 1\right) \cdot \exp(-\alpha_{s2} \cdot d) \cdot M_{ws} \cdot M_{sw} \right\} \cdot \frac{\rho_s c_s^3}{\rho_w c_w^3} \cdot \frac{d}{M_{ws} \cdot M_{sw}^2} \right. \right. \\ \left. \left. \cdot \frac{2\alpha_{s1} - \alpha_{s2}}{\exp(-\alpha_{s2} \cdot d) - \exp(-2\alpha_{s2} \cdot d)} \right] \cdot \left\{ \left(\frac{B}{A}\right)_w + 2 \right\} \right) - 2$$

[0029]

[0030] (여기서, (B/A)_s는 해면질골의 비선형 변수, P_{2s} 는 한 쌍의 초음파 변환기 사이에 해면질골이 있는 경우에 해면질골을 투과한 f2주파수 성분의 진폭, P_{2w} 는 한 쌍의 초음파 변환기 사이에 해면질골이 없는 경우 물만을 투과한 f2주파수 성분의 진폭, L은 한 쌍의 초음파 변환기 사이의 거리, d는 해면질골의 두께, α_{s1} 은 f1주파수 성분에서 해면질골의 감쇠계수, α_{s2} 는 f2주파수 성분에서 해면질골의 감쇠계수, M_{ws} 는 물/해면질골 사이 경계면에서의 음압투과계수, M_{sw} 는 해면질골/물 사이 경계면에서의 음압투과계수, ρ_w 는 물의 밀도, c_w 는 물의 음속, ρ_s 는 해면질골의 밀도, c_s 는 해면질골의 음속, (B/A)_w는 물의 비선형 변수, exp는 지수함수)

[0031] 또한, 상기 해면질골의 골구조는 상기 해면질골의 골 용량비율(BT/TV) 및 골소주 간격(Tb.Sp)을 포함할 수 있다.

[0032] 그리고, 상기 골구조 예측단계는 상기 해면질골의 비선형 변수를 독립변수로 하고, 상기 해면질골의 골 용량비율(BT/TV) 및 상기 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)을 종속변수로 하여, 독립변수와 각각의 종속변수를 회귀분석하고, 상기 독립변수와 상기 종속변수 간의 상관관계를 도출하며, 도출된 상관관계로부터 골구조를 예측할 수 있다.

[0033] 이때, 상기 골구조 예측단계에서 상기 해면질골의 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골 용량비율(BT/TV)간의 상관관계는 상기 비선형 변수가 증가함에 따라 상기 해면질골의 골 용량비율(BT/TV)이 선형적으로 증가하는 양의 상관관계를 가질 수 있다.

[0034] 또한, 상기 골구조 예측단계에서 해면질골의 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)간의 상관관계는 상기 비선형 변수가 증가함에 따라 상기 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)이 선형적으로 감소하는 음의 상관관계를 가질 수 있다.

[0035] 그리고, 상기 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 방법은 상기 골구조 예측단계에서 예측된 결과를 출력부에 출력하는 출력단계;를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0037] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명에 의하면, 다음과 같은 효과가 있다.

[0038] 첫째, 동일한 골밀도를 갖더라도 골 소주 간격 및 골 용량 비율을 포함하는 골구조에 따라 상이한 골절 발생률을 가지므로, 초음파 비선형 변수를 이용하여 골구조를 예측함으로써, 골다공증 진단의 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0039] 둘째, 초음파 투과법을 이용하여 측정된 해면질골의 비선형 변수는 해면질골의 비선형 변수와 해면질골의 골용량비율 및 해면질골의 골소주 간격 간 각각의 높은 상관관계로부터 골용량 비율 및 골소주 간격을 포함하는 골구조의 예측이 가능할 수 있다.

[0040] 셋째, 기존의 정량적 초음파 기술에 사용되던 파라미터와 더불어 새로운 파라미터인 초음파 비선형 변수를 제곱함으로써 골구조 예측이 가능하여, 종래의 음속 및 광대역 초음파 감쇠율만을 이용해 골밀도를 측정하는 방식에 비해 본 발명은 골밀도와 더불어 골구조를 함께 평가할 수 있어, 골다공증 진단의 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0041] 넷째, 본 발명은 초음파를 조사하여 골다공증 진단이 이루어지므로 측정자가 방사선에 노출 될 위험이 없기 때문에 측정자에게 안전한 측정 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0043] 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치를 도시한 개략도이다.
 도2는 본 발명의 일 실시예에 따른 해면질골 팬텀의 비선형 변수 및 골구조 간의 상관관계를 도시한 그래프이다.
 도3은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 방법을 도시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0044] 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 첨부된 도면을 참조하여 더 구체적으로 설명하되, 이미 주지되어진 기술적 부분에 대해서는 설명의 간결함을 위해 생략하거나 압축하기로 한다.

<초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치에 대하여>

[0046] 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치를 도시한 개략도이다.

[0047] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치(100)는 한 쌍의 초음파 변환기(110), 과형 발생부(120), 신호처리부(130), 산출부(140), 골구조 예측부(150), 출력부(160)을 포함하여 구성된다.

[0048] 한 쌍의 초음파 변환기(110)는 인가된 전기적 신호를 초음파로 변환하거나, 수신한 초음파를 전기적 신호로 변환하는 것이 가능하다.

[0049] 이때, 한 쌍의 초음파 변환기(110) 중 어느 하나는 전기적 신호를 초음파로 변환하여 송신초음파를 송신하는 송신부(111)로 동작하며, 한 쌍의 초음파 변환기(110) 중 다른 하나는 수신초음파를 전기적 신호로 변환하는 수신부(112)로 동작한다.

[0050] 여기서, 한 쌍의 초음파 변환기(110)는 초음파를 송수신하는 일면이 마주보도록 위치하며, 한 쌍의 초음파 변환기(110) 사이거리는 소정 간격 이격되어 있다.

[0051] 이때, 한 쌍의 초음파 변환기(110) 사이에는 해면질골(trabecular bone)이 위치할 수 있다.

[0052] 여기서, 해면질골은 매우 치밀한 구조를 갖는 피질골(cortical bone)과 함께 인체의 뼈를 구성하는 골조직으로, 피질골에 비하여 넓은 표면적을 가지고 있어 골조직 물질대사의 대부분이 해면질골에서 발생하며, 현재 임상에서 골다공증을 진단하기 위한 지표로서 해면질골의 골밀도를 측정하고 있다.

[0053] 그렇기에, 본 발명의 일 실시예에서는 해면질골과 유사한 골구조를 갖는 발포 금속 중 하나인 알루미늄 폼(aluminum foam)으로 제작된 해면질골 팬텀(P)을 위치시켰다.

[0054] 여기서, 해면질골 팬텀(P)은 후술할 골구조 예측부(150)에 골구조 예측 지표로서 포함되기 위하여 다수개가 이용되었으며, 해면질골 팬텀(P)은 3차원 그물 구조로 이루어진 해면질골과 유사하고, 각각이 상이한 다공구조를 가지도록 제작되었다.

[0055] 또한, 알루미늄의 음속(약 5000m/s)은 무기질골의 음속(약 2520-4290 m/s)과 비교적 큰 차이를 나타내지 않으므로 본 발명의 일 실시예에서는 해면질골 팬텀(P)이 이용되었다.

[0056] 그리고, 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치(100)의 한 쌍의 초음파 변환기(110)는 수중에 설치되며, 물은 인체의 연부조직과 유사한 음향특성을 가지며, 초음파 전파 매질로서 이용된다.

[0057] 이때, 물은 증류수를 이용할 수 있다.

[0058] 과형 발생부(120)는 초음파 변환기(110)를 구동시키는 역할을 하며, 송신초음파에 대한 전기적 신호를 생성하여

송신부(111)로 전송한다.

[0060] 이때, 파형 발생부(120)가 생성하는 전기적 신호는 펄스 형태 혹은 연속파 형태가 될 수 있다.

[0061] 여기서, 본 발명의 일 실시예에서는 펄스 형태의 송신초음파를 발생시키기 위한 전기적 신호를 생성하였다.

[0062] 신호처리부(130)는 수신부(112)에서 수신한 수신초음파의 전기적 신호를 검출한다.

[0063] 이때, 검출된 전기적 신호의 증폭 및 필터링 과정이 수행될 수 있다.

[0064] 또한, 신호처리부(130)는 송신초음파가 갖는 기본주파수(이하, 'f1 주파수' 라 함.)의 2배인 주파수(이하, 'f2 주파수' 라 함.)를 갖는 수신초음파에 대한 전기적 신호를 선별적으로 검출한다.

[0065] 산출부(140)는 신호처리부(130)에서 검출된 전기적 신호를 분석하여 해면질골의 비선형 변수(B/A)를 산출한다.

[0066] 이때, 해면질골의 비선형 변수(B/A)는 하기 수학적식1에 의해 산출된다.

[0067] [수학적식 1]

$$\left(\frac{B}{A}\right)_s = \left(\left[\left\{ \frac{P_{2s}}{P_{2w}} \cdot \frac{L}{d} - \left(\frac{L}{d} - 1\right) \cdot \exp(-\alpha_{s2} \cdot d) \cdot M_{ws} \cdot M_{sw} \right\} \cdot \frac{\rho_s c_s^3}{\rho_w c_w^3} \cdot \frac{d}{M_{ws} \cdot M_{sw}^2} \right. \right. \\ \left. \left. \cdot \frac{2\alpha_{s1} - \alpha_{s2}}{\exp(-\alpha_{s2} \cdot d) - \exp(-2\alpha_{s2} \cdot d)} \right] \cdot \left\{ \left(\frac{B}{A}\right)_w + 2 \right\} \right)^{-2}$$

[0068]

[0069] (여기서, (B/A)_s는 해면질골의 비선형 변수, P_{2s} 는 한 쌍의 초음파 변환기 사이에 해면질골이 있는 경우에 해면질골을 투과한 f2주파수 성분의 진폭, P_{2w} 는 한 쌍의 초음파 변환기 사이에 해면질골이 없는 경우 물만을 투과한 f2주파수 성분의 진폭, L은 한 쌍의 초음파 변환기 사이의 거리, d는 해면질골의 두께, α_{s1} 은 f1주파수 성분에서 해면질골의 감쇠계수, α_{s2} 는 f2주파수 성분에서 해면질골의 감쇠계수, M_{ws} 는 물/해면질골 사이 경계면에서의 음압투과계수, M_{sw} 는 해면질골/물 사이 경계면에서의 음압투과계수, ρ_w 는 물의 밀도, c_w 는 물의 음속, ρ_s 는 해면질골의 밀도, c_s 는 해면질골의 음속, (B/A)_w는 물의 비선형 변수, exp는 지수함수)

[0070] 여기서, 물의 밀도(ρ_w)는 1000 kg/m³ 을 이용하였으며, 물의 음속(c_w)은 하기 수학적식2에 의해 계산되었다.

[0071] [수학적식 2]

$$c_w = 1402.9 + 4.835 \times T^2 + 0.00012725 \times T^3$$

[0072]

[0073] (여기서, c_w 는 온도에 의존하는 수중에서의 음속(m/s), T는 수중 섭씨온도)

[0074] 또한, 해면질골의 음속(c_s)은 하기 수학적식 3에 의해 계산되었다.

[0075] [수학적식3]

$$SOS(c_s) = \frac{c_w}{1 - \frac{c_w \Delta t}{d}}$$

[0076]

[0077] (여기서, SOS는 해면질골의 음속(m/s), c_w 는 수중에서의 음속(m/s), Δt 는 초한 쌍의 초음파 변환기 사이에 해면질골이 없는 경우 수신된 기준신호와 한 쌍의 초음파 변환기 사이에 해면질골이 있는 경우 수신된 수신신호 간의 수신시간 차이, d는 해면질골의 두께)

[0078] 그리고, 물/해면질골 사이 경계면에서의 음압투과계수(M_{ws})는 하기 수학식 4에 의해 계산되었다.

[0079] [수학식 4]

$$M_{ws} = \frac{2\rho_w c_w}{\rho_w c_w + \rho_s c_s}$$

[0081] (여기서, M_{ws} 는 물/해면질골 사이 경계면에서의 음압투과계수, ρ_w 는 물의 밀도, c_w 는 물의 음속, ρ_s 는 해면질골의 밀도, c_s 는 해면질골의 음속)

[0082] 또한, 해면질골/물 사이 경계면에서의 음압투과계수(M_{sw})는 하기 수학식 5에 의해 계산되었다.

[0083] [수학식 5]

$$M_{sw} = \frac{2\rho_s c_s}{\rho_s c_s + \rho_w c_w}$$

[0085] (여기서, M_{sw} 는 물/해면질골 사이 경계면에서의 음압투과계수, ρ_w 는 물의 밀도, c_w 는 물의 음속, ρ_s 는 해면질골의 밀도, c_s 는 해면질골의 음속)

[0086] 그리고, f1주파수 성분의 해면질골 감쇠계수(α_{s1})는 하기 수학식 6에 의해 계산되었다.

[0087] [수학식 6]

$$\alpha_{s1} = \frac{8.686}{d} \left[\ln \frac{A_0(f)}{A_s(f)} + \ln|\tau| \right]$$

[0089] (여기서, α_{s1} 은 f1 주파수 성분의 해면질골 감쇠계수(dB/cm), d는 해면질골의 두께, $A_0(f)$ 는 해면질골이 없는 경우에 수신된 f1 주파수 신호의 파워스펙트럼레벨, $A_s(f)$ 는 해면질골이 있는 경우에 수신된 f1 주파수 신호의 파워스펙트럼레벨, τ 는 물과 해면질골 사이의 경계면에서 파워투과계수, ln은 자연로그)

[0090] 또한, f2주파수 성분의 해면질골 감쇠계수(α_{s2})는 하기 수학식 7에 의해 계산되었다.

[0091] [수학식 7]

$$\alpha_{s2} = \frac{8.686}{d} \left[\ln \frac{A'_0(f)}{A'_s(f)} + \ln|\tau| \right]$$

[0093] (여기서, α_{s2} 은 f2 주파수 성분의 해면질골 감쇠계수(dB/cm), d는 해면질골의 두께, $A'_0(f)$ 는 해면질골이 없는 경우에 수신된 f2 주파수 신호의 파워스펙트럼레벨, $A'_s(f)$ 는 해면질골이 있는 경우에 수신된 f2 주파수 신호의 파워스펙트럼레벨, τ 는 물과 해면질골 사이의 경계면에서 파워투과계수, ln은 자연로그)

[0094] 골구조 예측부(150)는 산출부(140)에서 산출된 비선형 변수(B/A)와 해면질골의 골구조 간의 상관관계를 통해 해면질골의 골구조를 예측한다.

[0095] 이때, 해면질골의 골구조는 기둥 형상의 골소주(bone trabecula)를 포함하는 조직체적에서 골소주가 차지하는 골체적의 비로 나타내는 골 용량비율(BT/TV) 및 골소주 간의 간격을 의미하는 골소주 간격(trabecular spacing; Tb.Sp)를 포함한다.

- [0096] 여기서, 골구조 예측부(150)는 해면질골의 비선형 변수(B/A)를 독립변수로 하고, 해면질골의 골 용량비율(BT/TV) 및 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)을 종속변수로 하여, 독립변수와 각각의 종속변수를 회귀분석하고, 이로부터 도출된 독립변수와 각각의 종속변수 간의 상관관계를 포함한다.
- [0097] 이때, 도2(a)에 도시된 바와 같이 해면질골 팬텀(P)의 비선형 변수(B/A)와 해면질골 팬텀(P)의 골 용량비율(BT/TV)간의 상관관계는 비선형 변수(B/A)가 증가함에 따라 해면질골 팬텀(P)의 골 용량비율(BT/TV)가 선형적으로 증가하는 양의 상관관계를 갖는 것을 확인할 수 있다.
- [0098] 또한, 도2(b)에 도시된 바와 같이 해면질골 팬텀(P)의 비선형 변수(B/A) 및 해면질골 팬텀(P)의 골소주 간격(Tb.Sp)간의 상관관계는 비선형 변수(B/A)가 증가함에 따라 해면질골 팬텀(P)의 골소주 간격(Tb.Sp)이 선형적으로 감소하는 음의 상관관계를 갖는 것을 확인할 수 있다.
- [0099] 여기서, 본 발명의 일 실시예에서는 해면질골 팬텀(P)의 비선형 변수(B/A)와 해면질골 팬텀(P)의 골구조 간의 상관관계를 포함하였지만, 해면질골 팬텀(P)과 인체의 해면질골은 유사한 구조 및 음향 특성을 가지므로, 상술한 상관관계를 통해 사람의 골구조 측정 또한 가능할 수 있으며, 이 경우 골구조 예측부(150)에 포함되는 상관관계는 임상으로 측정된 사람의 해면질골 비선형 변수(B/A)와 골구조의 상관관계가 될 수 있다.
- [0100] 또한, 골구조 예측부(150)에 포함되는 상관관계는 해면질골 뿐 아니라 피질골과 연부조직이 포함된 경우 이루어진 측정결과가 포함될 수 있다.
- [0101] 이때, 초음파 측정을 통해 계산된 해면질골의 비선형 변수(B/A)는 골구조 예측부(150)에 포함된 해면질골의 비선형 변수(B/A)와 해면질골의 골구조 간의 상관관계를 통해 해당 비선형 변수(B/A)에 대응되는 골구조가 도출될 수 있고, 이로부터 예측되는 골다공증 진단 결과를 예측할 수 있다.
- [0102] 예를 들어, 비선형 변수(B/A)가 작은 값을 가진다면, 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)이 넓으므로 골소주(T)가 적게 존재한다는 것을 의미하며, 해면질골의 골 용량비율(BV/TV)이 적은 값을 가지게 된다.
- [0103] 또한, 비선형 변수(B/A)가 큰 값을 가진다면, 골소주 간격(Tb.Sp)은 좁은 값을 가지므로, 골소주가 많이 존재한다는 것을 의미하며, 골 용량비율(BV/TV)은 큰 값을 가지게 된다.
- [0104] 여기서, 골소주가 적게 존재한다는 것은 골다공증의 위험도가 높다는 것을 의미한다.
- [0105] 출력부(160)는 골구조 예측부(150)로부터 골 용량비율(BV/TV) 및 골소주 간격(Tb.Sp)을 포함하는 골구조와 더불어 골구조로부터 예측되는 골다공증 진단 결과를 함께 출력할 수 있다.
- [0106] 이때, 출력부(160)는 음성신호 또는 영상신호로 출력이 가능한 스피커, 디스플레이 모니터 등을 포함할 수 있다.
- [0108] **<초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 방법에 대하여>**
- [0109] 도3은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 방법을 도시한 흐름도이다.
- [0110] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 방법은 초음파 투과단계(S100), 신호 수신단계(S200), 신호 처리단계(S300), 골구조 예측단계(S400), 출력단계(S500)를 포함한다.
- [0111] 초음파 투과단계(S100)는 한 쌍의 초음파 변환기(110) 중 송신부(111)에서 송신하는 송신초음파를 해면질골에 입사시켜 해면질골에 송신초음파를 투과시키는 단계이다.
- [0112] 이때, 송신초음파는 펄스 형태로 마련될 수 있으며, 파형 발생부(120)가 펄스파에 대한 전기적 신호를 송신부(111)에 전송하면, 송신부(111)는 해당 전기적 신호를 초음파 신호로 변환하여 펄스 형태의 송신초음파를 발생시키고, 발생된 펄스 형태의 송신초음파는 해면질골을 투과하게 된다.
- [0113] 여기서, 송신부(111)는 중심주파수 0.5 MHz를 가지는 비 집속형 트랜스듀서가 이용될 수 있다.
- [0114] 신호 수신단계(S200)는 초음파 투과단계(S100)에서 해면질골을 투과한 초음파(이하, '수신초음파'라 함.)를 한 쌍의 초음파 변환기 중 수신부(112)가 수신하고, 수신부(112)는 수신된 수신초음파를 전기적 신호로 변환하는 단계이다.
- [0115] 여기서, 수신부(112)는 중심주파수 1 MHz를 가지는 비 집속형 트랜스듀서가 이용될 수 있다.

- [0116] 이때, 송신부(111)와 수신부(112)는 송수신하는 일면이 마주보도록 위치하며, 송신부(111)와 수신부(112)간의 사이 거리는 약 60 mm를 가질 수 있다.
- [0117] 여기서, 송신부(111)와 수신부(112)간의 거리는 초음파 변환기(100)의 근거리 음장(near filed length; NFL)에 의해 결정될 수 있다.
- [0118] 이때, 근거리 음장은 비 집속형 트랜스듀서를 통해 초음파가 발생할 경우 초음파의 빔 폭이 가장 좁아지는 지점을 의미하며, 해면질골은 그 중심이 송신부(111)의 근거리 음장 길이와 일치하는 지점에 위치하도록 할 수 있다.
- [0119] 신호 처리단계(S300)는 신호 수신단계(S200)에서 변환된 전기적 신호를 검출하고, 검출된 전기적 신호를 분석하여 해면질골의 비선형 변수(B/A)를 산출하는 단계이다.
- [0120] 이때, 신호 처리단계(S300)는 신호 검출단계(S310)과 산출단계(S320)를 포함한다.
- [0121] 여기서, 신호 처리단계(S300)는 신호처리부(130)에서 이루어지며, 송신초음파가 갖는 f1주파수의 2배인 주파수 f2주파수를 갖는 수신초음파에 대한 전기적 신호를 선별적으로 검출하는 단계이다.
- [0122] 또한, 산출단계(S320)는 산출부(140)에서 이루어지며, 검출단계(S310)에서 검출된 전기적 신호로부터 상술한 수학식 1을 통해 해면질골의 비선형 변수(B/A)를 산출하는 단계이다.
- [0123] 이때, 비선형 변수(B/A)를 산출하기 위한 파라미터들의 값의 산출 또한 이루어지며, 상술한 수학식 2 내지 수학식 7을 통해 산출될 수 있다.
- [0124] 골구조 예측단계(S400)는 골구조 예측부(150)에서 이루어지며, 신호 처리단계(S300)에서 산출된 비선형 변수(B/A)와 해면질골의 골구조 간의 상관관계를 통해 해면질골의 골구조를 예측하는 단계이다.
- [0125] 여기서, 해면질골의 골구조는 해면질골의 골 용량비율(BT/TV) 및 골소주 간격(Tb.Sp)를 포함한다.
- [0126] 이때, 골구조 예측단계(S400)는 해면질골의 비선형 변수(B/A)를 독립변수로 하고, 해면질골의 골 용적비율(BT/VT) 및 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)을 종속변수로 하여, 독립변수와 각각의 종속변수를 회귀분석하고, 상기 독립변수와 종속변수들 간의 상관관계를 도출하여 도출된 상관관계로부터 골구조를 예측한다.
- [0127] 이때, 도2(a)에 도시된 바와 같이 해면질골의 비선형 변수(B/A)와 해면질골의 골 용량비율(BT/TV)간의 상관관계는 비선형 변수(B/A)가 증가함에 따라 해면질골의 골 용량비율(BT/TV)가 선형적으로 증가하는 양의 상관관계를 갖는 것을 확인할 수 있다.
- [0128] 또한, 도2(b)에 도시된 바와 같이 해면질골의 비선형 변수(B/A) 및 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)간의 상관관계는 비선형 변수(B/A)가 증가함에 따라 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)이 선형적으로 감소하는 음의 상관관계를 갖는 것을 확인할 수 있다.
- [0129] 이때, 도2(a) 및 도2(b)는 해면질골과 유사한 골구조를 갖는 발포금속 중 하나인 알루미늄 폼(aluminum foam)으로 제작된 18개의 해면질골 팬텀(P)의 초음파 비선형 변수(B/A)와 골구조 사이의 상관관계를 나타낸 것으로, 해면질골 팬텀(P)의 비선형 변수(B/A)와 해면질골 팬텀(P)의 골 용량비율(BT/VT)는 양의 상관관계가 있다는 것을 확인할 수 있으며, 선형회귀를 통해 구해진 피어슨(Pearson) 상관관계수 R값은 0.71인 것을 통해 비선형 변수(B/A)와 골 용량비율(BT/VT)간의 높은 상관관계를 가지는 것을 알 수 있다.
- [0130] 또한, 해면질골 팬텀(P)의 비선형 변수(B/A)와 해면질골 팬텀(P)의 골소주 간격(Tb.Sp)이 음의 상관관계가 있다는 것을 확인할 수 있으며, 선형회귀를 통해 구해진 피어슨 상관관계수 R값은 -0.75인 것을 통해 비선형 변수(B/A)와 골소주 간격(Tp.Sp)이 높은 상관관계를 가지는 것을 알 수 있다.
- [0131] 이때, 측정자의 초음파 특성을 측정하여 비선형 변수(B/A)를 산출하고, 해면질골의 비선형 변수(B/A)와 해면질골 골구조 간의 상관관계를 통해 골구조를 도출할 수 있고, 이로부터 골다공증 진단 결과를 예측하는 것이 가능할 수 있다.
- [0132] 예를 들어, 비선형 변수(B/A)가 작은 값을 가진다면, 해면질골의 골소주 간격(Tb.Sp)이 넓으므로 골소주가 적게 존재한다는 것을 의미하며, 해면질골의 골 용량비율(BV/TV)이 적은 값을 가지게 된다.
- [0133] 여기서, 골소주가 적게 존재한다는 것은 골다공증의 위험도가 높다는 것을 의미한다.
- [0134] 출력단계(S500)는 골구조 예측단계(S400)에서 예측된 결과를 출력부(160)에 출력하는 단계이다.

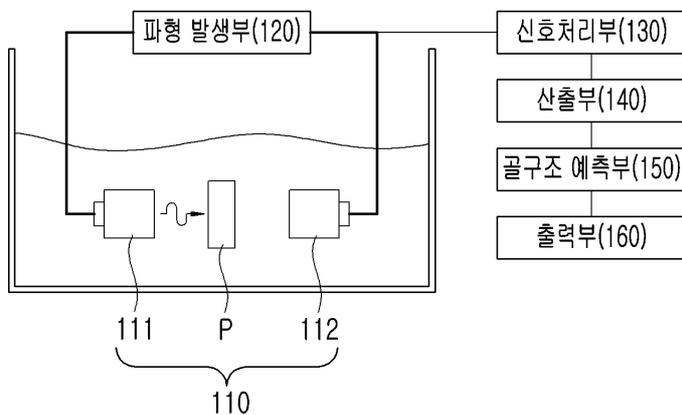
- [0135] 여기서, 예측된 골구조는 영상신호 또는 음성신호 등으로 출력될 수 있다.
- [0136] 이때, 예측된 결과는 골 용량비율(BV/TV) 및 골소주 간격(Tb.Sp)을 포함하는 골구조와 더불어 골구조로부터 예측되는 골다공증 진단 결과를 함께 출력할 수 있다.
- [0137] 결국, 본 발명은, 초음파 투과법을 이용하여 측정된 해면질골의 비선형 변수는 해면질골의 비선형 변수와 해면질골의 골용량비율 및 해면질골의 골소주 간격 간 각각의 높은 상관관계로부터 골용량 비율 및 골소주 간격을 포함하는 골구조의 예측이 가능할 수 있고, 기존의 정량적 초음파 기술에 사용되던 파라미터와 더불어 새로운 파라미터인 초음파 비선형 변수를 제공함으로써 골구조 예측이 가능하여, 종래의 음속 및 광대역 초음파 감쇠율만을 이용해 골밀도를 측정하는 방식에 비해 본 발명은 골밀도와 더불어 골구조를 함께 평가할 수 있어, 골다공증 진단의 정확도를 향상시킬 수 있으며, 본 발명은 초음파를 조사하여 골다공증 진단이 이루어지므로 측정자가 방사선에 노출 될 위험이 없는 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 방법을 제공한다.
- [0138] 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

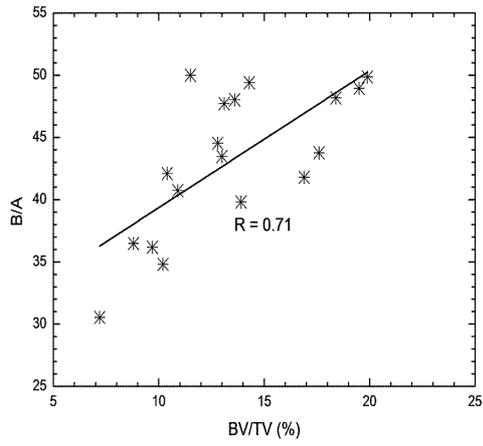
- [0140] 100 : 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치
- 110 : 초음파 변환기
- 111 : 송신부
- 112 : 수신부
- 120 : 파형 발생부
- 130 : 신호처리부
- 140 : 산출부
- 150 : 골구조 예측부
- 160 : 출력부
- P : 해면질골 팬텀

도면

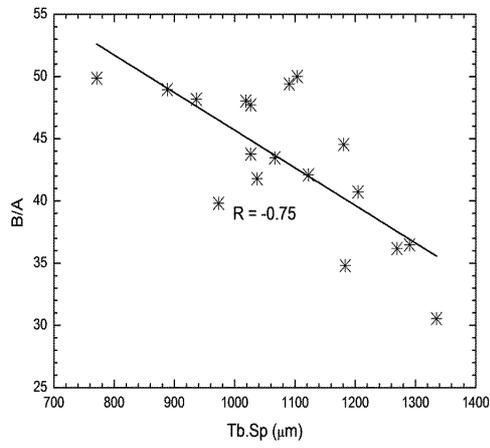
도면1



도면2

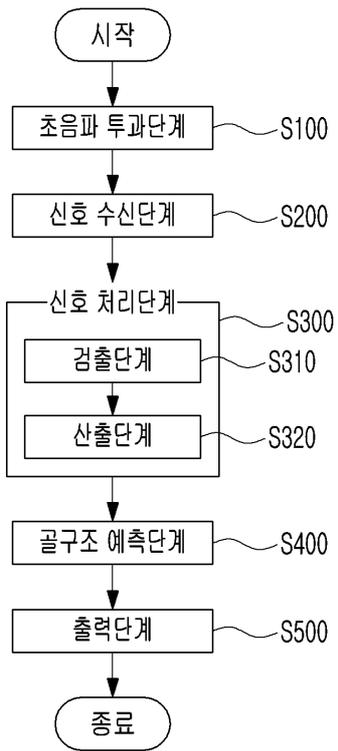


(a)



(b)

도면3



专利名称(译)	使用超声非线性参数预测骨结构的装置和方法		
公开(公告)号	KR1020180037351A	公开(公告)日	2018-04-12
申请号	KR1020160127363	申请日	2016-10-04
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		
CPC分类号	A61B8/0875 A61B8/4483		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明的超声波通过穿过海绵骨计算所述松质骨和非线性可变的松质骨的骨结构发射的超声波信号的分析之间的相关性预测松质骨的骨结构和计算出的非线性参数提供了一种使用非线性参数预测骨骼结构的装置和方法。根据本发明，非线性可变海绵非线性变量和松质骨容量比和从每个骨的骨松质骨的与超声波透射法测定骨之间的高相关性的骨容量比和骨小梁间距之间的海绵状骨小梁间距骨结构的预测是可能的，包括，具有通过提供一种超声波非线性参数在常规定量超声技术中使用的参数一起，一新的参数是一个骨结构预测，骨密度只有声音的常规速度和宽带超声波衰减相比测量，能够与骨矿物质密度一起评估骨结构的方法本发明中，它可以提高骨质疏松症诊断的准确性，并且因此，本发明是通过施加超声波测量自执行的骨质疏松症诊断没有暴露于辐射的风险因此，可以提供有有效的。支持本发明的国家研发项目 挑战的唯一编号 2014R1A1A1A05002187 bucheomyeong未来创造科研管理的专业机构 韩国研究基金会研究项目萌芽研究支持项目(进一步研究)研究项目名称线性和非线性超声波技术对骨质疏松症的诊断率超过1.1根据主办方的发展，江原大学产学合作基金会学习期间2016.05.01~2017.04.30

