



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월27일
(11) 등록번호 10-1412785
(24) 등록일자 2014년06월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 8/08 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0111283

(22) 출원일자 2012년10월08일

심사청구일자 2012년10월08일

(65) 공개번호 10-2014-0045124

(43) 공개일자 2014년04월16일

(56) 선행기술조사문헌

KR101102784 B1*

KR1020020082378 A

KR101025159 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

강원대학교산학협력단

강원도 춘천시 강원대학길 1 (효자동)

(72) 발명자

이강일

강원 춘천시 지석로 67, 212동 501호 (석사동, 현진에버빌2차)

(74) 대리인

특허법인태동

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 박승배

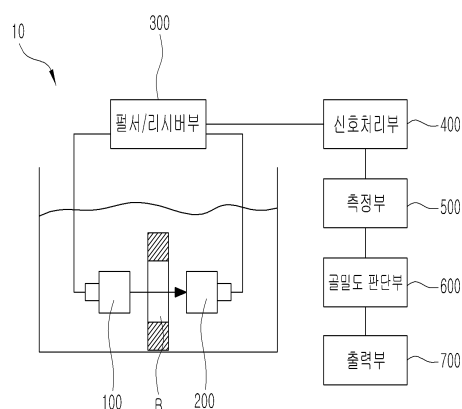
(54) 발명의 명칭 초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 방법 및 장치에 관한 것으로, 초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 방법은 펄스형 초음파를 해면질골에 입사시키는 초음파 입사 단계; 상기 초음파 입사 단계에서 상기 해면질골을 투과한 상기 펄스형 초음파 중 상기 펄스형 초음파가 갖는 기본주파수(이하, ' f_1 주파수'라 함)의 2배인 주파수(이하, ' f_2 주파수'라 함)를 갖는 초음파만을 선별적으로 수신하는 초음파 수신 단계; 상기 초음파 수신 단계에서 선별적으로 수신된 상기 f_2 주파수를 갖는 초음파를 전기적 신호로 변환시키는 변환 단계; 및 상기 변환 단계에서 변환된 상기 전기적 신호를 분석하여 상기 해면질골의 비선형 변수를 측정하고, 상기 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골밀도 간의 상관관계를 통해 상기 해면질골의 골밀도를 예측하는 골밀도 예측 단계;를 포함하고, 그로 인해 해면질골의 골밀도의 측정 정확도를 향상시킬 수 있는 기술을 제공한다.

본 발명에 의하면, 본 발명은 기존의 정량적 초음파 기술에 사용되던 파라미터와 더불어 새로운 파라미터인 비선형 변수를 제공함으로써, 골밀도의 측정 정확도를 향상시키는 효과가 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-0014292

부처명 교육과학기술부

연구사업명 일반연구자지원사업

연구과제명 대퇴골 근위부에서 골다공증 진단을 위한 정량적 초음파 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 강원대학교산학협력단

연구기간 2012.05.01 ~ 2013.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

펄스형 초음파를 해면질골에 입사시키는 초음파 입사 단계;

상기 초음파 입사 단계에서 상기 해면질골을 투과한 상기 펄스형 초음파 중 상기 펄스형 초음파가 갖는 기본주파수(이하, 'f₁주파수'라 함)의 2배인 주파수(이하, 'f₂주파수'라 함)를 갖는 초음파만을 선별적으로 수신하는 초음파 수신 단계;

상기 초음파 수신 단계에서 선별적으로 수신된 상기 f₂주파수를 갖는 초음파를 전기적 신호로 변환시키는 변환 단계; 및

상기 변환 단계에서 변환된 상기 전기적 신호를 분석하여 상기 해면질골의 비선형 변수를 측정하고, 상기 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골밀도 간의 상관관계를 통해 상기 해면질골의 골밀도를 예측하는 골밀도 예측 단계; 를 포함하되,

상기 골밀도 예측 단계에서

상기 해면질골의 비선형 변수는 하기 수학식1에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 방법.

[수학식 1]

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

(여기서, (B/A)_s는 해면질골의 비선형 변수, P_{2s}는 초음파 송신부 및 초음파 수신부 사이에 해면질골이 있는 경우에 해면질골을 투과한 f₂주파수 성분의 진폭, P_{2w}는 초음파 송신부 및 수신부 사이에 해면질골이 없는 경우에 물만을 투과한 f₂주파수 성분의 진폭, L은 초음파 송신부 및 초음파 수신부 사이의 거리, d는 해면질골의 두께, α_{s1}은 해면질골의 f₁주파수 성분의 감쇠계수, α_{s2}는 해면질골의 f₂주파수 성분의 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, ρ_s는 해면질골의 밀도, c_s는 해면질골의 음속, (B/A)_w는 증류수의 비선형 변수, exp는 지수함수)

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 골밀도 예측 단계에서 상기 해면질골의 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골밀도 간의 상관관계는 상기 해면질골의 골밀도가 증가할 때 상기 해면질골의 비선형 변수가 선형적으로 증가하는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 초음파 입사 단계에서 입사된 상기 펄스형 초음파의 상기 f_1 주파수는 0.5 MHz이고, 상기 초음파 수신 단계에서 선별적으로 수신된 초음파의 상기 f_2 주파수는 1.0 MHz 인 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 방법은

상기 골밀도 예측 단계에서 계산된 결과를 출력하는 출력 단계; 를 더 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 방법.

청구항 6

펄스파를 유입하여 해면질골로 펄스형 초음파를 입사시키는 초음파 송신부;

상기 초음파 송신부로부터 입사된 상기 펄스형 초음파 중 상기 펄스형 초음파가 갖는 기본주파수(이하, ' f_1 주파수'라 함)의 2배인 주파수(이하, ' f_2 주파수'라 함)를 갖는 초음파만을 선별적으로 수신하는 초음파 수신부;

상기 펄스형 초음파가 상기 해면질골로 입사되도록 상기 펄스파를 생성하여 상기 초음파 송신부로 전송하거나, 상기 초음파 수신부가 선별적으로 수신한 상기 초음파를 전기적 신호로 변환시키는 펄서/리시버부;

상기 펄서/리시버부에 의해 변환된 상기 전기적 신호를 검출하는 신호처리부;

상기 신호처리부에서 검출된 상기 전기적 신호를 분석하여 상기 해면질골의 비선형 변수를 측정하는 측정부; 및

상기 측정부로부터 측정된 상기 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골밀도 간의 상관관계를 통해 상기 해면질골의 골밀도를 예측하는 골밀도 판단부; 를 포함하되,

상기 측정부는 하기 수학식1에 의해 상기 해면질골의 비선형 변수를 측정하는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 장치.

[수학식 1]

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

(여기서, $(B/A)_s$ 는 해면질골의 비선형 변수, P_{2s} 는 초음파 송신부 및 초음파 수신부 사이에 해면질골이 있는 경우에 해면질골을 투과한 f_2 주파수 성분의 진폭, P_{2w} 는 초음파 송신부 및 수신부 사이에 해면질골이 없는 경우에 물만을 투과한 f_2 주파수 성분의 진폭, L 은 초음파 송신부 및 초음파 수신부 사이의 거리, d 는 해면질골의 두께, α_{s1} 은 해면질골의 f_1 주파수 성분의 감쇠계수, α_{s2} 는 해면질골의 f_2 주파수 성분의 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, $(B/A)_w$ 는 증류수의 비선형 변수, $\exp$ 는 지수함수)

청구항 7

삭제

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 해면질골의 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골밀도 간의 상관관계는 상기 해면질골의 골밀도가 증가할 때 상기 해면질골의 비선형 변수가 선형적으로 증가하는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 초음파 수신부의 중심주파수는 상기 초음파 송신부의 중심주파수보다 2배 높은 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 초음파 송신부로부터 입사된 상기 펄스형 초음파의 상기 f_1 주파수는 0.5 MHz이고, 상기 초음파 수신부로부터 선별적으로 수신된 초음파의 상기 f_2 주파수는 1.0 MHz 인 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 장치는

상기 골밀도 판단부로부터 도출된 결과를 출력하는 출력부; 를 더 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로, 골다공증은 골소실에 의한 골량의 감소 및 골조직의 미세구조 파괴로 인해 뼈가 약해짐에 따라 작은 충격에도 쉽게 골절이 발생할 수 있는 질환으로서, 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 불가피함에 따라, 최근에는 인체에 무해한 정량적 초음파 기술이 각광받고 있다. 정량적 초음파 기술은 초음파를 이용한 골다공증 진단 방법으로서, 종래의 X-선을 이용한 골다공증 진단법에 비해 인체에 미치는 영향이 거의 없으며, 사용이 간편하고 가격이 저렴한 장점을 가지고 있다.

[0004] 정량적 초음파 기술은 초음파를 해면질골로 이루어진 인체의 종골(Calcaneus)에 투과시키고, 종골의 음속(Speed of sound; SOS) 및 광대역 초음파 감쇠(Broadband ultrasound attenuation; BUA)를 측정하여 골밀도(Bone mineral density; BMD)를 간접적으로 예측하고 골다공증을 진단하는 방법으로서, 대한민국 공개특허공보 제10-2005-0038812호, 제10-2003-0034550호 등에는 이러한 정량적 초음파 진단 기술에 대해 제시된 바 있다.

[0005] 하지만, 종래의 정량적 초음파 기술은 종골의 음속에 의한 측정과 광대역 초음파 감쇠의 측정에 의해 획득된 파라미터만으로 골밀도의 측정이 이루어지므로, 골밀도의 측정 정확도를 향상시키기 위한 추가적인 파라미터가 요구되는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 해면질골의 골밀도의 측정 정확도를 향상시킬 수 있는 기술을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 이러한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일 태양으로 초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 방법은 펄스형 초음파를 해면질골에 입사시키는 초음파 입사 단계; 상기 초음파 입사 단계에서 상기 해면질골을 투과한 상기 펄스형 초음파 중 상기 펄스형 초음파가 갖는 기본주파수(이하, 'f₁주파수'라 함)의 2배인 주파수(이하, 'f₂주파수'라 함)를 갖는 초음파만을 선별적으로 수신하는 초음파 수신 단계; 상기 초음파 수신 단계에서 선별적으로 수신된 상기 f₂주파수를 갖는 초음파를 전기적 신호로 변환시키는 변환 단계; 및 상기 변환 단계에서 변환된 상기 전기적 신호를 분석하여 상기 해면질골의 비선형 변수를 측정하고, 상기 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골밀도 간의 상관관계를 통해 상기 해면질골의 골밀도를 예측하는 골밀도 예측 단계; 를 포함할 수 있다.

[0008] 또한, 골밀도 예측 단계에서 해면질골의 비선형 변수는 하기 수학식1에 의해 계산될 수 있다.

[0009] [수학식 1]

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

[0010]

[0011] (여기서, (B/A)_s는 해면질골의 비선형 변수, P_{2s}는 초음파 송신부 및 초음파 수신부 사이에 해면질골이 있는 경우에 해면질골을 투과한 f₂주파수 성분의 진폭, P_{2w}는 초음파 송신부 및 수신부 사이에 해면질골이 없는 경우에 물만을 투과한 f₂주파수 성분의 진폭, L은 초음파 송신부 및 초음파 수신부 사이의 거리, d는 해면질골의 두께, α_{s1}은 해면질골의 f₁주파수 성분의 감쇠계수, α_{s2}는 해면질골의 f₂주파수 성분의 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, ρ_s는 해면질골의 밀도, c_s는 해면질골의 음속, (B/A)_w는 증류수의 비선형 변수, exp는 지수함수)

[0012] 아울러, 골밀도 예측 단계에서 상기 해면질골의 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골밀도 간의 상관관계는 상기 해면질골의 골밀도가 증가할 때 상기 해면질골의 비선형 변수가 선형적으로 증가하도록 마련될 수 있다.

[0013] 한편, 초음파 입사 단계에서 입사된 상기 펄스형 초음파의 상기 f₁주파수는 0.5 MHz이고, 상기 초음파 수신 단계에서 선별적으로 수신된 초음파의 상기 f₂주파수는 1.0 MHz일 수 있다.

[0014] 또한, 초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 방법은 상기 골밀도 예측 단계에서 계산된 결과를 출력하는 출력 단계; 를 더 포함할 수 있다.

[0015] 이러한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 다른 태양으로 초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 장치는 펄스파를 유입하여 해면질골로 펄스형 초음파를 입사시키는 초음파 송신부; 상기 초음파 송신부로부터 입사된 상기 펄스형 초음파 중 상기 펄스형 초음파가 갖는 기본주파수(이하, 'f₁주파수'라 함)의 2배인 주파수(이하, 'f₂주파수'라 함)를 갖는 초음파만을 선별적으로 수신하는 초음파 수신부; 상기 펄스형 초음파가 상기 해면질골로 입사되도록 상기 펄스파를 생성하여 상기 초음파 송신부로 전송하거나, 상기 초음파 수신부가 선별적으로 수신한 상기 초음파를 전기적 신호로 변환시키는 펄서/리시버부; 상기 펄서/리시버부에 의해 변환된 상기 전기적 신

호를 검출하는 신호처리부; 상기 신호처리부에서 검출된 상기 전기적 신호를 분석하여 상기 해면질골의 비선형 변수를 측정하는 측정부; 및 상기 측정부로부터 측정된 상기 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골밀도 간의 상관 관계를 통해 상기 해면질골의 골밀도를 예측하는 골밀도 판단부; 를 포함할 수 있다.

[0016] 또한, 측정부는 하기 수학식1에 의해 상기 해면질골의 비선형 변수를 측정할 수 있다.

[0017] [수학식 1]

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

[0018]

[0019] (여기서, (B/A)_s는 해면질골의 비선형 변수, P_{2s}는 초음파 송신부 및 초음파 수신부 사이에 해면질골이 있는 경우에 해면질골을 투과한 f₂주파수 성분의 진폭, P_{2w}는 초음파 송신부 및 수신부 사이에 해면질골이 없는 경우에 물만을 투과한 f₂주파수 성분의 진폭, L은 초음파 송신부 및 초음파 수신부 사이의 거리, d는 해면질골의 두께, α_{s1}은 해면질골의 f₁주파수 성분의 감쇠계수, α_{s2}는 해면질골의 f₂주파수 성분의 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, ρ_s는 해면질골의 밀도, c_s는 해면질골의 음속, (B/A)_w는 증류수의 비선형 변수, exp는 지수함수)

[0020] 아울러, 해면질골의 비선형 변수 및 상기 해면질골의 골밀도 간의 상관관계는 상기 해면질골의 골밀도가 증가할 때 상기 해면질골의 비선형 변수가 선형적으로 증가하도록 마련될 수 있다.

[0021] 또한, 초음파 수신부의 중심주파수는 상기 초음파 송신부의 중심주파수보다 2배 높도록 마련될 수 있다.

[0022] 그리고, 초음파 송신부로부터 입사된 상기 펄스형 초음파의 상기 f₁주파수는 0.5 MHz이고, 상기 초음파 수신부로부터 선별적으로 수신된 초음파의 상기 f₂주파수는 1.0 MHz일 수 있다.

[0023] 초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 장치는 상기 골밀도 판단부로부터 도출된 결과를 출력하는 출력부; 를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0024] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명에 의하면, 초음파 송신부에 의해 해면질골을 투과한 펄스형 초음파는 전기적 신호로 변환되고, 변환된 전기적 신호를 분석하여 해면질골의 비선형 변수가 계산되며, 비선형 변수 및 해면질골의 골밀도 간의 상관관계를 통해 해면질골의 골밀도를 예측할 수 있다.

[0025] 따라서, 본 발명은 초음파 조사를 통해 해면질골의 골밀도를 예측할 수 있으므로 환자가 방사선에 노출되지 않으며, 본 발명은 환자에게 안전한 측정 방법을 제공하는 효과가 있다.

[0026] 아울러, 본 발명은 기존의 정량적 초음파 기술에 사용되던 파라미터와 더불어 새로운 파라미터인 비선형 변수를 제공함으로써, 골밀도의 측정 정확도를 향상시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 골밀도 예측 장치를 도시한 것이다.

도2은 본 발명에 따른 해면질골의 비선형 변수 및 골밀도 간의 상관관계를 도시한 그래프이다.

도3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 흐름도를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 첨부된 도면을 참조하여 더 구체적으로 설명하되, 이미 주지되어진 기술적 부분에 대해서는 설명의 간결함을 위해 생략하거나 압축하기로 한다.

[0029] <구성에 대한 설명>

[0030] 본 발명에 따른 초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 장치(10)는 초음파 송신부(100), 초음파 수신부(200), 펄서/리시버부(pelser/receiver, 300), 신호처리부(400), 측정부(500), 골밀도 판단부(600) 및 출력부(700)를 포함하여 구성되고, 이에 대하여 도1 및 도2를 참조하여 설명한다.

[0031] 초음파 송신부(100)는 해면질골(B)의 일측에 위치하며, 펄서/리시버부(300)로부터 펄스파를 유입하여 해면질골(B) 내부로 펄스형 초음파를 입사시킨다.

[0032] 초음파 수신부(200)는 해면질골(B)의 타측에 위치하며, 초음파 송신부(100)에 의해 해면질골(B) 내부로 입사된 펄스형 초음파를 수신한다. 여기서, 초음파 수신부(200)는 초음파 송신부(100)로부터 입사된 펄스형 초음파 중 펄스형 초음파가 갖는 기본주파수(이하, 'f₁주파수'라 함)의 2배인 주파수(이하, 'f₂주파수'라 함)를 갖는 초음파만을 선별적으로 수신한다.

[0033] 초음파 송신부(100)로부터 해면질골(B)로 기본주파수를 갖는 펄스형 초음파가 입사될 경우, 초음파 수신부(200)는 기본주파수와 같거나 기본주파수의 2배, 3배 등의 주파수 성분이 측정되며, 이러한 현상을 초음파의 비선형 형성이라고 한다.

[0034] 본 발명의 일실시예에서는 초음파의 비선형성을 용이하게 측정하기 위해 초음파 수신부(200)의 중심주파수를 초음파 송신부(100)의 중심주파수보다 2배 높도록 구성함으로써, 초음파 송신부(100)로부터 입사된 펄스형 초음파의 f₁주파수는 0.5 MHz이고, 초음파 수신부(200)로부터 선별적으로 수신된 초음파의 f₂주파수는 1.0 MHz가 되도록 설정하였다.

[0035] 펄서/리시버부(300)는 펄스형 초음파가 해면질골(B)로 입사되도록 펄스파를 생성하여 초음파 송신부(100)로 전송한다. 또한, 펄서/리시버부(300)는 초음파 송신부(100)에 의해 해면질골(B)로 입사된 펄스형 초음파 중 f₂주파수를 갖는 초음파를 초음파 수신부(200)가 수신할 경우, 초음파 수신부(200)가 선별적으로 수신한 초음파를 전기적 신호로 변환시켜 신호처리부(400)로 전송한다.

[0036] 신호처리부(400)는 펄서/리시버부(300)에 의해 변환된 전기적 신호를 검출하며, 검출된 전기적 신호의 증폭 및 필터링 과정을 수행한다.

[0037] 측정부(500)는 신호처리부(400)에서 검출된 상기 전기적 신호를 분석하고, 하기 수학적 식 1을 통해 해면질골(B)의 비선형 변수를 측정한다.

[0038] [수학적 식 1]

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

[0039]

[0040] (여기서, (B/A)_s는 해면질골의 비선형 변수, P_{2s}는 초음파 송신부 및 초음파 수신부 사이에 해면질골이 있는 경우에 해면질골을 투과한 f₂주파수 성분의 진폭(파워스펙트럼레벨), P_{2w}는 초음파 송신부 및 수신부 사이에 해면질골이 없는 경우에 물만을 투과한 f₂주파수 성분의 진폭(파워스펙트럼레벨), L은 초음파 송신부 및 초음파 수신부 사이의 거리, d는 해면질골의 두께, α_{s1}은 해면질골의 f₁주파수 성분의 감쇠계수, α_{s2}는 해면질골의 f₂주파수 성분의 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, ρ_s는 해면질골의 밀도, c_s는 해면질골의 음속, (B/A)_w는 증류수의 비선형 변수(37°C에서 약 5.3), exp는 지수함수)

[0041] 골밀도 판단부(600)는 측정부(500)로부터 측정된 해면질골(B)의 비선형 변수 및 해면질골(B)의 골밀도 간의 상관관계를 통해 해면질골(B)의 골밀도를 예측한다.

[0042] 출력부(700)는 골밀도 판단부(600)로부터 도출된 연산 결과 또는 해면질골(B)의 골밀도를 출력하는 출력 장치로서, 출력부(700)는 음성신호를 출력하는 스피커 또는 영상신호를 화면상에 디스플레이하는 모니터 등을 포함할 수 있다.

[0043] 본 발명의 일실시예에서 사용된 초음파 송신부(100)는 0.5 MHz의 중심주파수를 갖는 트랜스듀서이며, 초음파 수신부(200)는 1.0 MHz의 중심주파수를 갖는 트랜스듀서가 이용되었고, 해면질골 샘플과 각 초음파 송신부(100), 초음파 수신부(200) 간의 간격은 60 mm를 유지하였다.

[0044] 도1에 도시된 바와 같이, 골밀도 측정대상물인 해면질골(B)을 수중에 설치하고, 초음파 송신부(100) 및 초음파 수신부(200)와 소정거리 이격시켰다.

[0045] 이때, 본 실험에 사용된 25개의 소 대퇴골 해면질골 샘플은 소의 대퇴골 근위부 해면질골로부터 얻어진 것으로, 마이크로 단층촬영장치(Micro computed tomography)에 의해 사전에 측정된 25개의 해면질골 샘플의 골밀도는 35.4 ~ 570.1 g/mm³의 범위 내에 분포하며, 해면질골 샘플의 골밀도 평균값은 242.1 g/mm³이다.

[0046] 도2에 도시된 바와 같이, 수중에서 초음파 투과법을 이용하여 측정된 25개의 해면질골 샘플의 비선형 변수는 63.5 ~ 176.4의 범위를 가지며, 평균값은 108.9이다.

[0047] 측정부(500)가 수학적 식 1에 의해 해면질골(B)의 비선형 변수를 계산할 경우, ρ_w 는 1000 kg/m³로 적용되었으며, c_w 는 하기 수학적 식 2에 의해 계산되었다. 아울러, c_s 는 하기 수학적 식 3에 의해 계산되었고, ρ_s 는 마이크로 사전에 측정된 25개의 해면질골 샘플의 평균 밀도이다. M_{ws} 는 하기 수학적 식 4에 의해 계산되었고, M_{sw} 는 하기 수학적 식 5에 의해 계산되었다. 그리고, α_{s1} 은 하기 수학적 식 6에 의해 계산되었고, α_{s2} 는 하기 수학적 식 7에 의해 계산되었다.

[0048] [수학적 식 2]

$$c_w = 1402.9 + 4.835 \times T - 0.047016 \times T^2 + 0.00012725 \times T^3$$

[0049]

[0050] (여기서, c_w 는 물의 음속, T는 섭씨온도)

[0051] [수학적 식 3]

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

[0052]

[0053] (여기서, SOS는 해면질골의 음속(m/s), c_w 는 수중에서의 음속(1483m/s @20℃), Δt 는 초음파 송수신부 사이에 해면질골 샘플이 없는 경우 및 있는 경우에 수신된 초음파 신호의 수신시간 차이, d는 해면질골 샘플의 두께)

[0054] [수학적 식 4]

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

[0055]

[0056] (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)

[0057] [수학식 5]

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

[0058]

[0059] (여기서, 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)

[0060] [수학식 6]

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

[0061]

[0062] (여기서, α_{s1} 은 해면질골의 f_1 주파수 성분의 감쇠계수(dB/cm), d 는 해면질골의 두께, $A_o(f)$ 는 해면질골이 없는 경우에 수신된 f_1 주파수 신호의 파워스펙트럼레벨, $A_s(f)$ 는 해면질골이 있는 경우에 수신된 f_1 주파수 신호의 파워스펙트럼레벨, T 는 물과 해면질골 사이의 경계면에서의 파워투과계수, $\ln$ 은 자연로그)

[0063] [수학식 7]

$$\alpha_{s2} = \frac{8.686}{d} \left[\ln \frac{|A'_o(f)|}{|A'_s(f)|} + \ln |T| \right]$$

[0064]

[0065] (여기서, α_{s2} 은 해면질골의 f_2 주파수 성분의 감쇠계수(dB/cm), d 는 해면질골의 두께, $A'_o(f)$ 는 해면질골이 없는 경우에 수신된 f_2 주파수 신호의 파워스펙트럼레벨, $A'_s(f)$ 는 해면질골이 있는 경우에 수신된 f_2 주파수 신호의 파워스펙트럼레벨, T 는 물과 해면질골 사이의 경계면에서의 파워투과계수, $\ln$ 은 자연로그)

[0066] **<방법에 대한 설명>**

[0067] 본 발명에 따른 초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 방법에 대하여 설명하기 위해, 도1 내지 도3를 참조하여 설명하고, 편의상 순서를 붙여 설명한다.

[0068] 1. 초음파 입사 단계<S301>

[0069] 본 단계에서는 해면질골(B)로 펄스형 초음파가 입사되도록 펄서/리시버부(300)가 펄스파를 생성하여 초음파 송신부(100)로 전송하면, 초음파 송신부(100)가 해면질골(B)에 펄스형 초음파를 입사시킨다.

[0070] 2. 초음파 수신 단계<S302>

[0071] 초음파 수신부(200)는 단계 S301에서 해면질골(B)을 투과한 펄스형 초음파 중 펄스형 초음파가 갖는 f_1 주파수의 2배인 주파수인 f_2 주파수를 갖는 초음파만을 선별적으로 수신한다.

[0072] 즉, 본 발명의 일실시예에서 초음파 수신부(200)의 중심주파수를 초음파 송신부(100)의 중심주파수보다 2배 높도록 구성함으로써, 본 단계에서 초음파 수신부(200)는 1.0 MHz를 갖는 주파수만을 수신하게 된다.

- [0073] 3. 변환 단계<S303>
- [0074] 본 단계에서 펄서/리시버부(300)는 단계 S302에서 초음파 수신부(200)가 수신한 f_2 주파수를 갖는 초음파를 전기적 신호로 변환시키고, 변환된 전기적 신호를 신호처리부(400)로 전송한다.
- [0075] 또한, 신호처리부(400)는 펄서/리시버부(300)로부터 전송된 전기적 신호를 증폭하고 필터링하여 노이즈를 제거하며, 필터링된 전기적 신호를 측정부(500)로 전송한다.
- [0076] 4. 골밀도 예측 단계<S304>
- [0077] 본 단계에서 측정부(500)는 단계 S303에서 신호처리부(400)로부터 전송된 전기적 신호를 분석하고, 전술한 수학적 식 1을 통해 해면질골(B)의 비선형 변수를 측정한다.
- [0078] 즉, 측정부(500)는 해면질골(B)의 비선형 변수를 계산하기 위해 전술한 수학적 식 2 내지 및 수학적 식 7을 통해 도출된 c_w , c_s , M_{ws} , M_{sw} , a_{s1} , a_{s2} 을 수학적 식 1에 적용하여 비선형 변수를 측정하게 된다.
- [0079] 또한, 본 단계에서 골밀도 판단부(600)는 측정부(500)로부터 도출된 해면질골(B)의 비선형 변수와 해면질골(B)의 골밀도 간의 상관관계를 통해 골밀도를 예측한다. 즉, 골밀도 판단부(600)는 해면질골(B)의 골밀도가 증가할 때 해면질골(B)의 비선형 변수가 선형적으로 증가하는 상관관계를 이용함으로써, 환자의 해면질골의 비선형 변수를 측정하여 환자의 해면질골 골밀도를 예측할 수 있다.
- [0080] 5. 출력 단계<S305>
- [0081] 본 단계에서 출력부(700)는 단계 S305에서 골밀도 판단부(600)에 의해 도출된 골밀도 결과 또는 골다공증 판정 결과 등을 화면상에 출력하거나 사용자가 청각으로 인지할 수 있도록 소정의 음성신호를 스피커를 통해 출력할 수 있다.
- [0082] 도2는 소의 대퇴골로부터 획득된 25개의 해면질골 샘플에 대하여 펄스형 초음파를 투과시켜 측정된 해면질골(B)의 비선형 변수 및 해면질골 골밀도의 상관관계를 도시한 그래프이다.
- [0083] 도2에서 ○ 기호는 각 해면질골 샘플에 펄스형 초음파를 투과시켜 10회씩 측정된 비선형 변수들의 평균값을 의미하고, ○ 기호의 에러 바는 표준편차를 나타낸다. 도2의 흑색실선은 25개의 비선형 변수들의 평균값에 대한 선형회귀를 의미한다.
- [0084] 도2에 도시된 바와 같이, 25개의 해면질골 샘플로부터 측정된 비선형 변수는 해면질골 골밀도와 양(+)의 상관관계가 있다는 것을 확인할 수 있으며, 선형회귀법에 의해 구해진 피어슨(Pearson) 상관관계수 R값이 0.95인 것을 통해 비선형 변수와 골밀도는 매우 높은 상관관계를 가진다는 것을 알 수 있다.
- [0085] 즉, 골밀도가 증가함에 따라 비선형 변수도 증가하는 것을 알 수 있으므로, 본 발명은 실제 환자의 해면질골의 비선형 변수를 측정함으로써, 환자의 해면질골 골밀도를 예측하는 것이 가능하다.
- [0086] 또한, 본 발명은 기존의 정량적 초음파 기술에 사용되던 음속 및 광대역 초음파 감쇠 등의 파라미터와 더불어 새로운 파라미터인 비선형 변수를 제공함으로써, 골밀도의 측정 정확도를 향상시키는 효과가 있다.
- [0087] 위에서 설명한 바와 같이 본 발명에 대한 구체적인 설명은 첨부된 도면을 참조한 실시예에 의해서 이루어졌지만, 상술한 실시예는 본 발명의 바람직한 예를 들어 설명하였을 뿐이기 때문에, 본 발명이 상기의 실시예에만 국한되는 것으로 이해되어져서는 아니 되며, 본 발명의 권리범위는 후술하는 청구범위 및 그 등가개념으로 이해되어져야 할 것이다.

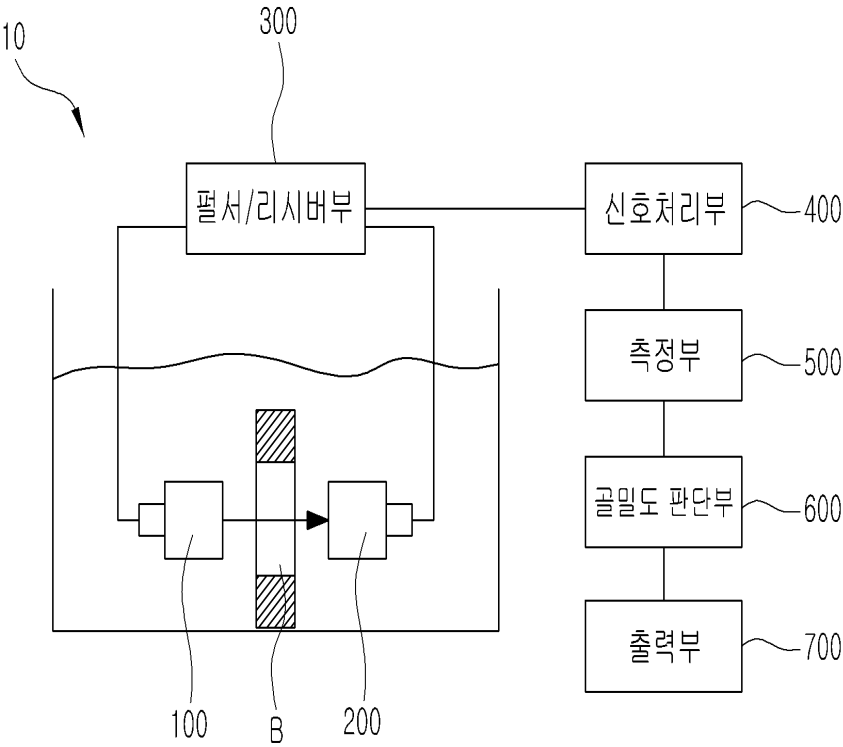
부호의 설명

- [0088] 10 : 초음파 비선형 변수를 이용한 골밀도 예측 장치

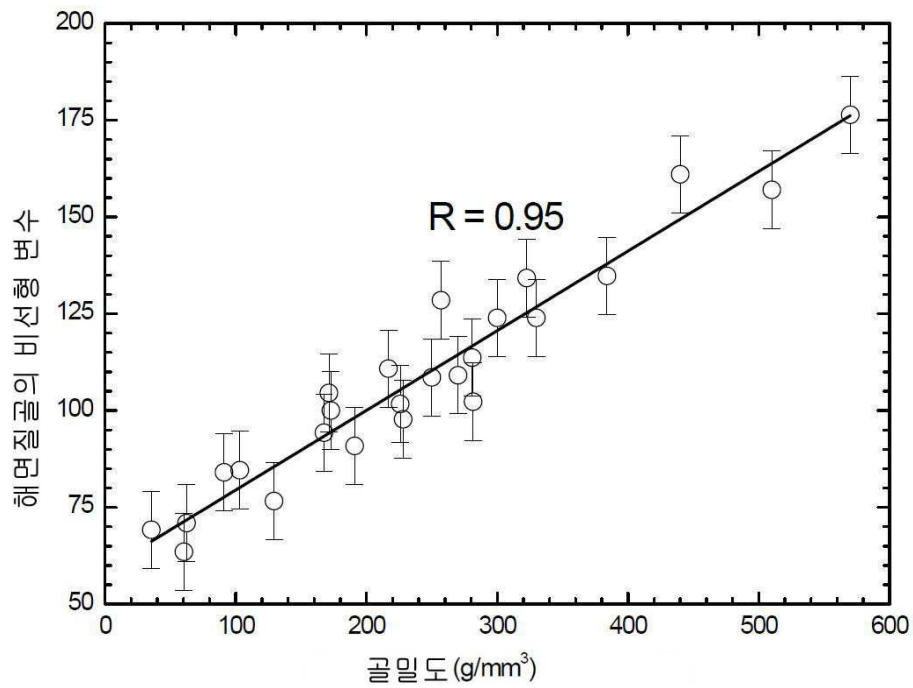
- 100 : 초음파 송신부
- 200 : 초음파 수신부
- 300 : 펄서/리시버부
- 400 : 신호처리부
- 500 : 측정부
- 600 : 골밀도 판단부
- 700 : 출력부
- B : 해면질골

도면

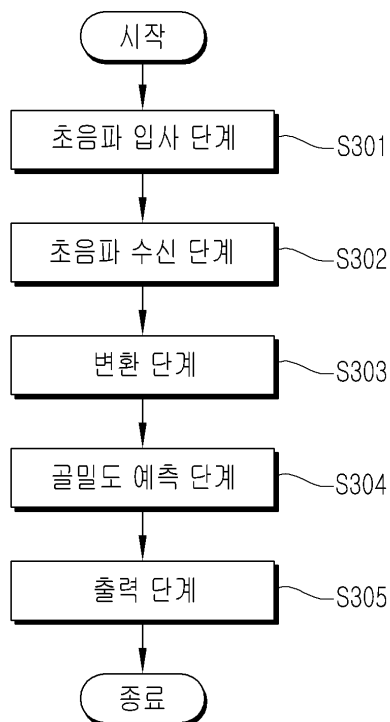
도면1



도면2



도면3



专利名称(译)	使用超声非线性参数预测骨矿物质密度的方法和设备		
公开(公告)号	KR101412785B1	公开(公告)日	2014-06-27
申请号	KR1020120111283	申请日	2012-10-08
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		
CPC分类号	A61B8/0875 G01S7/52026 G01S7/52046		
其他公开文献	KR1020140045124A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

另外，本发明的超声波接收合超声非线性参数的步骤涉及一种骨密度的方法和装置使用，骨密度在松质骨用超声波非线性参数脉冲状的超声波的预测方法预测;在具有双倍频率的超声波接收相位（以下，称为“，F2频率’）（F1频率“，下文的基本频率以下）的’是具有通过海绵骨传送的上述脉冲状的超声波的脉冲状的超声波接收步骤，选择性地仅接收超声波;将在超声波接收步骤中选择性地接收的具有f2频率的超声波转换成电信号的转换步骤;及骨密度预测用于预测松质骨的骨矿物质密度来分析在所述转换步骤中转换的电信号，以测量骨松质的非线性变化的，非线性参数之间的相关性的步骤，和松质骨的骨矿物质密度;从而提供了一种用于提高海绵体骨的骨矿物质密度的测量精度的技术。根据本发明，本发明是通过提供一种非线性参数，与在传统的定量超声技术中使用的参数的新的参数，有改善骨矿物质密度的测定精度的效果。支持本发明的国家研发项目 作业号码 2011-0014292 Bucheomyeong 教育，科学和技术部 研究项目名称 一般研究员支持项目 研究项目名称 定量超声技术在股骨近端骨质疏松症诊断中的应用 1.1 主要组织 江原国立大学产学研合作基金会 研究期 2012年5月1日 - 2013.04.30

