



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0032477
(43) 공개일자 2020년03월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/08 (2006.01) A61B 8/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 8/0875 (2013.01)
A61B 8/5223 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0111553
(22) 출원일자 2018년09월18일
심사청구일자 2018년09월18일

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

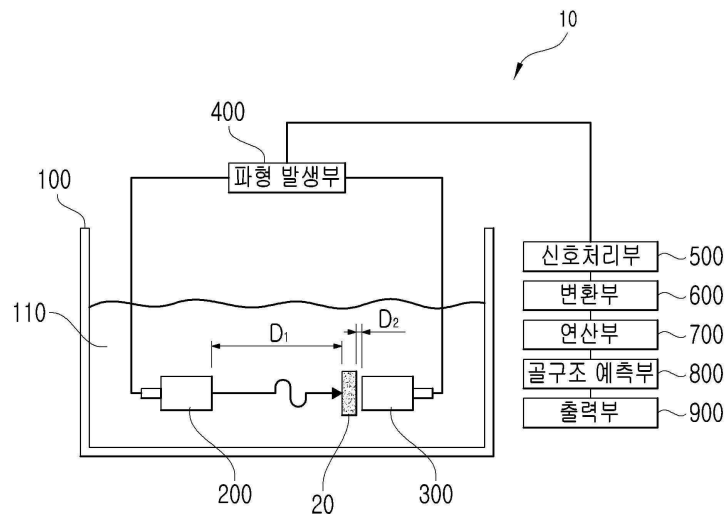
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치 및 방법에 관한 것으로, 초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치는 골구조의 예측시 사용되는 변수로서, 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨만을 이용하며, 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 통해 골구조를 예측할 수 있으므로 골구조의 예측시 사용되는 변수의 개수가 기존에 비해 대폭 감소되고, 복잡한 수식 또한 간소화되어 기존에 비해 측정 오차를 줄일 수 있고, 결과적으로 골구조 예측 정확도가 향상되는 효과가 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 8/54 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017R1A2B4007214

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구지원사업

연구과제명 치료용 초음파 의료기기의 성능 예측 및 평가 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 강원대학교산학협력단

연구기간 2018.03.01 ~ 2019.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

인가된 전기적 신호를 초음파로 변환하여 해면질골에 입사시키는 초음파 송신부;

상기 해면질골을 통과한 초음파를 수신하고, 이를 전기적 신호로 변환하는 초음파 수신부;

상기 해면질골에 초음파가 입사되도록 제1주파수를 갖는 송신 초음파에 대한 전기적 신호를 생성하여 상기 초음파 송신부로 전송하는 파형 발생부;

상기 초음파 수신부에서 변환된 전기적 신호를 검출하는 신호처리부;

상기 신호처리부에서 검출된 전기적 신호를 변환함으로써, 상기 제1주파수 및 상기 제1주파수의 2배인 주파수인 제2주파수에 대한 파워 스펙트럼 레벨을 도출하는 변환부;

상기 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 상기 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 산출하는 연산부; 및

상기 연산부에서 산출된 값과 골구조 간의 상관관계를 이용하여 상기 해면질골의 골구조를 예측하는 골구조 예측부;를 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 해면질골의 골구조는 골소주 선밀도를 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 해면질골의 골구조는 골 용적비율을 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 골구조 예측부는 상기 연산부에서 산출된 값을 1차 선형 방정식에 대입함으로써, 상기 골소주 선밀도를 예측하되,

상기 1차 선형 방정식은, 해면질골 샘플에 초음파를 투과시켜 도출한 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 독립변수로 설정하고, 상기 해면질골 샘플의 골소주 선밀도를 종속변수로 설정하며, 상기 독립변수와 종속변수를 선형회귀분석함으로써 도출된 것을 특징으로 하는

초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 골구조 예측부는 상기 연산부에서 산출된 값을 1차 선형 방정식에 대입함으로써, 상기 골 용적비율을 예측하되,

상기 1차 선형 방정식은, 해면질골 샘플에 초음파를 투과시켜 도출한 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 제2주

파수의 파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 독립변수로 설정하고, 상기 해면질골 샘플의 골 용적비율을 종속변수로 설정하며, 상기 독립변수와 종속변수를 선형회귀분석함으로써 도출된 것을 특징으로 하는

초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 해면질골은 상기 초음파 송신부 및 초음파 수신부의 사이에 위치하되, 전달 매질의 특성에 의해 발생하는 신호 왜곡을 최소화하도록 상기 해면질골과 초음파 수신부 간의 직선거리는 상기 해면질골과 초음파 송신부 간의 직선거리에 비해 상대적으로 짧게 형성된 것을 특징으로 하는

초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치.

청구항 7

파형 발생부가 제1주파수를 갖는 송신 초음파에 대한 전기적 신호를 생성하여 초음파 송신부로 전송하면, 상기 초음파 송신부가 해면질골에 초음파를 입사시키는 초음파 입사 단계;

초음파 수신부가 상기 해면질골을 통과한 초음파를 수신하고, 이를 전기적 신호로 변환하는 신호 수신 단계;

신호처리부가 상기 초음파 수신부에서 변환된 전기적 신호를 검출하는 신호 검출 단계;

변환부가 상기 신호처리부에서 검출된 전기적 신호를 변환함으로써, 상기 제1주파수 및 상기 제1주파수의 2배인 주파수인 제2주파수에 대한 파워 스펙트럼 레벨을 도출하는 변환 단계;

연산부가 상기 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 상기 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 산출하는 연산 단계; 및

골구조 예측부가 상기 연산부에서 산출된 값과 골구조 간의 상관관계를 이용하여 상기 해면질골의 골구조를 예측하는 골구조 예측 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는

초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 골구조 예측 단계에서 상기 해면질골의 골구조는 골소주 선밀도를 포함하고, 상기 골구조 예측부는 상기 연산부에서 산출된 값을 1차 선형 방정식에 대입함으로써, 상기 골소주 선밀도를 예측하되,

상기 1차 선형 방정식은, 해면질골 샘플에 초음파를 투과시켜 도출한 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 독립변수로 설정하고, 상기 해면질골 샘플의 골소주 선밀도를 종속변수로 설정하며, 상기 독립변수와 종속변수를 선형회귀분석함으로써 도출된 것을 특징으로 하는

초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 골구조 예측 단계에서 상기 해면질골의 골구조는 골 용적비율을 포함하고, 상기 골구조 예측부는 상기 연산부에서 산출된 값을 1차 선형 방정식에 대입함으로써, 상기 골 용적비율을 예측하되,

상기 1차 선형 방정식은, 해면질골 샘플에 초음파를 투과시켜 도출한 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 독립변수로 설정하고, 상기 해면질골 샘플의 골 용적비율을 종속변수로 설정하며, 상기 독립변수와 종속변수를 선형회귀분석함으로써 도출된 것을 특징으로 하는

초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 초음파 입사 단계 및 신호 수신 단계에서 상기 해면질골은 상기 초음파 송신부 및 초음파 수신부의 사이에 위치하되, 전달 매질의 특성에 의해 발생하는 신호 왜곡을 최소화하도록 상기 해면질골과 초음파 수신부 간의 직선거리는 상기 해면질골과 초음파 송신부 간의 직선거리에 비해 상대적으로 짧게 형성된 것을 특징으로 하는 초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 골다공증은 골량의 감소와 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.

[0003] 골다공증은 발병하고 나면 정상 상태로 되돌릴 수 없는 비가역성 질환이라는 점에서 조기 진단 및 진단에 의한 예방이 중요시되는 질병으로, 종래에 골다공증 진단을 위한 여러 가지 진단방법 중 대표적으로 이중 에너지 X-선 흡수계측법(dual energy X-ray absorptiometry; DEXA)을 이용한 골밀도 측정이 있다.

[0004] 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.

[0005] 그에 따라, 인체에 무해한 골다공증 진단 방법에 대한 연구가 다각도로 이루어지고 있으며, 이러한 연구의 일환으로 초음파를 이용하여 골다공증을 진단하는 정량적 초음파(quantitative ultrasound; QUS) 기술이 제시되었다. 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.

[0006] 그런데, 동일한 골밀도를 갖더라도 연령이 높은 경우나 골절상의 병력 및 스테로이드류의 약물 치료를 받은 경우는 골절률이 더 높으며, 골다공증 약제의 골절률 감소 효과는 골밀도의 변화만으로는 설명하기가 어렵다. 따라서, 골밀도뿐만 아니라 골구조의 변화도 함께 고려하여 종합적으로 골강도를 예측해야만 골다공증의 원인을 규명하고 보다 정확하게 골다공증을 진단할 수 있다.

[0007] 최근에는 초음파 측정 방식을 이용하여 골구조를 예측하는 기술이 연구되고 있으며, 대한민국 공개특허공보 제 10-2018-0037351호(이하, '종래기술'이라 함)에는 초음파 비선형 변수를 이용한 골구조 예측 장치 및 방법에 관한 기술이 제시된 바 있다. 종래기술은 특정 수식을 이용하여 해면질골의 비선형 변수를 구한 후, 이를 이용하여 해면질골의 골구조를 예측하는 방식이었으나, 비선형 변수를 도출하기 위한 특정 수식 내에는 많은 변수들이 존재하고 수식이 복잡함에 따라 수식을 계산하는 과정이 복잡해지고, 측정 오차가 발생할 우려가 있으며, 골구조의 예측시 정밀도가 저하될 수 있으므로 종래기술보다 계산을 간소화하면서도 보다 정밀하게 골구조를 예측하는 기술의 개발이 시급한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 골구조 예측시 사용되는 변수의 개수를 줄이고, 수식을 간소화하여 간단한 계산으로도 손쉽게 골구조를 예측할 수 있고, 측정 오차를 줄여 골구조 예측 정밀도를 높이는 기술을 제공하는데 목적이 있다.

[0009] 본 발명이 해결하려는 과제는 전술한 과제로 제한되지 아니하며, 언급되지 아니한 또 다른 기술적 과제들은 후술할 내용으로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을

것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 이러한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시형태로서, 초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치는 인가된 전기적 신호를 초음파로 변환하여 해면질골에 입사시키는 초음파 송신부; 상기 해면질골을 통과한 초음파를 수신하고, 이를 전기적 신호로 변환하는 초음파 수신부; 상기 해면질골에 초음파가 입사되도록 제1주파수를 갖는 송신 초음파에 대한 전기적 신호를 생성하여 상기 초음파 송신부로 전송하는 파형 발생부; 상기 초음파 수신부에서 변환된 전기적 신호를 검출하는 신호처리부; 상기 신호처리부에서 검출된 전기적 신호를 변환함으로써, 상기 제1주파수 및 상기 제1주파수의 2배인 주파수인 제2주파수에 대한 파워 스펙트럼 레벨을 도출하는 변환부; 상기 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 상기 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 산출하는 연산부; 및 상기 연산부에서 산출된 값과 골구조 간의 상관관계를 이용하여 상기 해면질골의 골구조를 예측하는 골구조 예측부;를 포함할 수 있다.
- [0011] 그리고, 해면질골의 골구조는 골소주 선밀도를 포함할 수 있다.
- [0012] 또한, 해면질골의 골구조는 골 용적비율을 포함할 수 있다.
- [0013] 아울러, 골구조 예측부는 상기 연산부에서 산출된 값을 1차 선형 방정식에 대입함으로써, 상기 골소주 선밀도를 예측하되, 상기 1차 선형 방정식은, 해면질골 샘플에 초음파를 투과시켜 도출한 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 독립변수로 설정하고, 상기 해면질골 샘플의 골소주 선밀도를 종속변수로 설정하며, 상기 독립변수와 종속변수를 선형회귀분석함으로써 도출될 수 있다.
- [0014] 그리고, 골구조 예측부는 상기 연산부에서 산출된 값을 1차 선형 방정식에 대입함으로써, 상기 골 용적비율을 예측하되, 상기 1차 선형 방정식은, 해면질골 샘플에 초음파를 투과시켜 도출한 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 독립변수로 설정하고, 상기 해면질골 샘플의 골 용적비율을 종속변수로 설정하며, 상기 독립변수와 종속변수를 선형회귀분석함으로써 도출될 수 있다.
- [0015] 또한, 해면질골은 상기 초음파 송신부 및 초음파 수신부의 사이에 위치하되, 전달 매질의 특성에 의해 발생하는 신호 왜곡을 최소화하도록 상기 해면질골과 초음파 수신부 간의 직선거리는 상기 해면질골과 초음파 송신부 간의 직선거리에 비해 상대적으로 짧게 형성될 수 있다.
- [0016] 이러한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 다른 실시형태로서, 초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 방법은 파형 발생부가 제1주파수를 갖는 송신 초음파에 대한 전기적 신호를 생성하여 초음파 송신부로 전송하면, 상기 초음파 송신부가 해면질골에 초음파를 입사시키는 초음파 입사 단계; 초음파 수신부가 상기 해면질골을 통과한 초음파를 수신하고, 이를 전기적 신호로 변환하는 신호 수신 단계; 신호처리부가 상기 초음파 수신부에서 변환된 전기적 신호를 검출하는 신호 검출 단계; 변환부가 상기 신호처리부에서 검출된 전기적 신호를 변환함으로써, 상기 제1주파수 및 상기 제1주파수의 2배인 주파수인 제2주파수에 대한 파워 스펙트럼 레벨을 도출하는 변환 단계; 연산부가 상기 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 상기 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 산출하는 연산 단계; 및 골구조 예측부가 상기 연산부에서 산출된 값과 골구조 간의 상관관계를 이용하여 상기 해면질골의 골구조를 예측하는 골구조 예측 단계;를 포함할 수 있다.
- [0017] 그리고, 골구조 예측 단계에서 상기 해면질골의 골구조는 골소주 선밀도를 포함하고, 상기 골구조 예측부는 상기 연산부에서 산출된 값을 1차 선형 방정식에 대입함으로써, 상기 골소주 선밀도를 예측하되, 상기 1차 선형 방정식은, 해면질골 샘플에 초음파를 투과시켜 도출한 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 독립변수로 설정하고, 상기 해면질골 샘플의 골소주 선밀도를 종속변수로 설정하며, 상기 독립변수와 종속변수를 선형회귀분석함으로써 도출될 수 있다.
- [0018] 또한, 골구조 예측 단계에서 상기 해면질골의 골구조는 골 용적비율을 포함하고, 상기 골구조 예측부는 상기 연산부에서 산출된 값을 1차 선형 방정식에 대입함으로써, 상기 골 용적비율을 예측하되, 상기 1차 선형 방정식은, 해면질골 샘플에 초음파를 투과시켜 도출한 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 독립변수로 설정하고, 상기 해면질골 샘플의 골 용적비율을 종속변수로 설정하며, 상기 독립변수와 종속변수를 선형회귀분석함으로써 도출될 수 있다.
- [0019] 그리고, 초음파 입사 단계 및 신호 수신 단계에서 상기 해면질골은 상기 초음파 송신부 및 초음파 수신부의 사이에 위치하되, 전달 매질의 특성에 의해 발생하는 신호 왜곡을 최소화하도록 상기 해면질골과 초음파 수신부 간의 직선거리는 상기 해면질골과 초음파 송신부 간의 직선거리에 비해 상대적으로 짧게 형성될 수 있다.

[0020] 상술한 과제 해결 수단은 단지 예시적인 것으로서, 본 발명을 제한하려는 의도로 해석되지 않아야 한다. 상술한 예시적인 실시예 외에도, 도면 및 발명의 상세한 설명에 기재된 추가적인 실시예가 존재할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 의하면 골구조의 예측시 사용되는 변수의 개수를 최소로 줄이고, 수식을 간소화시킴으로써 간단한 계산으로도 골구조를 예측할 수 있으므로 많은 변수와 복잡한 수식을 이용하여 골구조를 예측하는 기술에 비해 편리하고 손쉽게 골구조를 예측할 수 있다.

[0022] 또한, 일 실시예에서는 골구조의 예측시 사용되는 변수로서, 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨만을 이용하며, 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 통해 간단하게 골구조를 예측할 수 있으므로 골구조의 예측시 사용되는 변수의 개수가 기존에 비해 대폭 감소되고, 복잡한 수식 또한 간소화되어 기존에 비해 측정 오차를 줄일 수 있고, 결과적으로 골구조 예측 정밀도가 향상되는 효과가 있다.

[0023] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치를 개략적으로 도시한 개념도이다.

도2는 해면질골 샘플들로부터 획득한 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값 및 골 용적비율 간의 상관관계를 도시한 그래프이다.

도3은 해면질골 샘플들로부터 획득한 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값 및 골소주선밀도 간의 상관관계를 도시한 그래프이다.

도4는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 방법을 도시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 첨부된 도면을 참조하여 더 구체적으로 설명하되, 이미 주지되어진 기술적 부분에 대해서는 설명의 간결함을 위해 생략하거나 압축하기로 한다.

[0026] 본 명세서에서 본 발명의 "일" 또는 "하나의" 실시예에 대한 언급들은 반드시 동일한 실시예에 대한 것은 아니며, 이들은 적어도 하나를 의미한다는 것에 유의해야 한다.

[0027] 이하의 실시예에서, 제1, 제2 등의 용어는 한정적인 의미가 아니라 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하는 목적으로 사용되었다.

[0028] 이하의 실시예에서, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다른 의미를 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0029] 이하의 실시예에서, 포함하다 또는 가지다 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징 또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것이고, 하나 이상의 다른 특징들 또는 구성요소가 부가될 가능성을 미리 배제하는 것은 아니다.

[0030] 도면에서는 설명의 편의를 위하여 구성 요소들이 그 크기가 과장 또는 축소될 수 있다. 예컨대, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다.

[0031] <초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치에 대한 설명>

[0032] 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치를 개략적으로 도시한 개념도이다. 도1을 참조하면, 초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치(10)는 하우징(100), 초음파 송신부(200), 초음파 수신부(300), 파형 발생부(400), 신호처리부(500), 변환부(600), 연산부(700), 골구조 예측부(800) 및 출력부(900)를 포함할 수 있다.

[0033] 하우징(100)은 매질(110)을 수용할 수 있는 내부 공간을 가지며, 상부가 개방된 형태로 적용될 수 있다. 일 실시예에서 매질(110)은 초음파를 전파하는 역할을 하며, 인체의 연부조직과 유사한 음향특성을 갖는 물(일 예로,

증류수)이 초음파 전파 매질로서 이용될 수 있다.

- [0034] 초음파 송신부(200)는 후술될 파형 발생부(400)로부터 전기적 신호를 수신하면, 인가된 전기적 신호를 초음파로 변환하여 해면질골(20)에 입사시킬 수 있다. 그리고, 초음파 수신부(300)는 해면질골(20)을 통과한 초음파를 수신하고, 이를 전기적 신호로 변환할 수 있다. 이때, 초음파 송신부(200), 초음파 수신부(300) 및 해면질골(20)은 매질(110)로 채워진 상태의 하우징(100)의 내부 공간에 위치할 수 있다.
- [0035] 그리고, 일 실시예에서 해면질골(20)은 초음파 송신부(200) 및 초음파 수신부(300)의 사이에 위치하되, 해면질골(20) 일면과 초음파 수신부(300) 간의 직선거리(D2)는 해면질골(20) 타면과 초음파 송신부(200) 간의 직선거리(D1)에 비해 상대적으로 짧게 형성됨으로써, 전달 매질의 특성에 의해 발생하는 신호 왜곡을 최소화시킬 수 있다. 즉, 초음파 송신부(200)로부터 조사된 초음파는 해면질골(20)을 투과한 후에 초음파 수신부(300)에 도달하게 되는데, 해면질골(20)을 통과한 초음파가 초음파 수신부(300)로 이동하는 과정에서 전달 매질의 비선형 특성에 의해 초음파 신호의 진폭이나 파형이 미묘하게 달라질 수 있기 때문에 해면질골(20) 일면과 초음파 수신부(300) 간의 직선거리(D2)는 해면질골(20) 타면과 초음파 송신부(200) 간의 직선거리(D1)에 비해 상대적으로 짧게 형성시켜 물에서의 비선형 특성을 최소화하여 초음파 측정의 정확도를 높일 수 있다.
- [0036] 한편, 실시하기에 따라, 하우징(100) 내에는 초음파 송신부(200), 초음파 수신부(300) 및 해면질골(20)의 위치를 고정할 수 있는 별도의 고정장치(미도시)가 더 포함될 수도 있다.
- [0037] 파형 발생부(400)는 해면질골(20)에 초음파가 입사되도록 제1주파수를 갖는 송신 초음파에 대한 전기적 신호를 생성하여 초음파 송신부(200)로 전송할 수 있다. 여기서, 제1주파수는 송신 초음파가 갖는 기본 주파수(일 예로, 0.5MHz)를 의미한다.
- [0038] 신호처리부(500)는 초음파 수신부(300)에서 변환된 전기적 신호를 검출할 수 있다. 초음파 송신부(200)에서 기본 주파수를 갖는 송신 초음파를 조사 대상물체인 해면질골(20)에 입사시키면, 입사된 초음파는 초음파 수신부(300)에 수신된다. 그리고, 수신된 초음파는 초음파 수신부(300)에서 전기적 신호로 변환된다. 이때, 변환된 전기적 신호로부터 기본 주파수 및 기본 주파수의 2배, 3배 등의 주파수 성분이 함께 측정되는 현상을 초음파의 비선형 특성이라고 한다.
- [0039] 변환부(600)는 신호처리부(500)에서 검출된 전기적 신호를 변환함으로써, 주파수 함수에 대한 파워 스펙트럼 레벨을 구할 수 있다. 즉, 변환부(600)는 제1주파수에 대한 파워 스펙트럼 레벨(이하, '제1파워 스펙트럼 레벨'이라 함)과 제1주파수의 2배인 주파수인 제2주파수(일 예로, 1.0MHz)에 대한 파워 스펙트럼 레벨(이하, '제2파워 스펙트럼 레벨'이라 함)을 도출할 수 있다.
- [0040] 예를 들어, 변환부(600)는 신호처리부(500)가 검출한 전기적 신호를 고속 푸리에 변환함으로써, 0.5MHz인 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨은 12dB이고, 1.0MHz인 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨은 -35dB이라고 도출할 수 있다.
- [0041] 연산부(700)는 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 산출할 수 있다. 즉, 연산부(700)는 제1파워 스펙트럼 레벨에서 제2파워 스펙트럼 레벨을 감한 값을 산출할 수 있다. 일 예로, 제1파워 스펙트럼 레벨이 12dB이고, 제2파워 스펙트럼 레벨이 -35dB일 때, 연산부(700)는 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값이 47dB라고 산출하게 된다.
- [0042] 골구조 예측부(800)는 연산부(700)에서 산출된 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값 및 골구조 간의 상관관계를 이용하여 해면질골(20)의 골구조를 예측할 수 있다. 여기서, 해면질골(20)의 골구조는 골소주 선밀도에 대한 데이터 및 골 용적비율에 대한 데이터 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0043] 이때, 골소주 선밀도는 단위부피당 골소주의 양을 의미하며, 골 용적비율 값을 골소주의 두께 값으로 나눈 것이다. 그리고, 골 용적비율은 기둥 형상의 골소주(bone trabecula)를 포함하는 조직 체적에서 골소주가 차지하는 골체적의 비율을 의미한다.
- [0044] 본 발명자는 골 용적비율이 서로 다른 해면질골 샘플에 각각 초음파를 조사했을 때, 해면질골 샘플마다 제1파워 스펙트럼 레벨값과 제2파워 스펙트럼 레벨값이 상이하다는 것을 확인하였고, 해면질골 샘플에 초음파를 조사하여 획득한 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값 및 해면질골 샘플의 골구조(예를 들어, 골소주 선밀도, 골 용적비율) 간에는 긴밀한 상관관계가 있다는 것을 밝혀냄으로써, 이를 이용해 실제 환자의 해면질골의 골구조를 예측할 수 있는 기술을 완성하였다.
- [0045] 즉, 환자의 해면질골에 초음파를 조사하여 실제 해면질골의 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간

의 차이값을 구하고, 구한 차이값을 선형 방정식에 대입하면 환자의 골구조(골 용적비율 또는 골소주 선밀도)를 쉽게 예측할 수 있다.

[0046] 이에 대해 보다 구체적으로 설명하면 다음과 같다. 본 발명자는 소의 대퇴골 근위부를 이용하여 제작된 32개의 해면질골 샘플(두께 15mm의 직육면체 형태)을 대상으로 각각 초음파를 조사하였다. 그로부터 각 샘플의 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨을 구하고, 제1파워 스펙트럼 레벨 값에서 제2파워 스펙트럼 레벨 값을 감한 차이값을 도출하였다. 그리고, 마이크로 전산화 단층 촬영(micro-computed tomography)을 이용하여 각 해면질골 샘플을 촬영하고, 촬영된 이미지를 소정의 프로그램(일 예로, skyscan CTAn 소프트웨어)으로 분석하여 각 해면질골 샘플의 골 용적비율, 골소주의 두께, 골소주 선밀도 값 등을 도출하였다.

[0047] 그 후, 도출된 해면질골 샘플의 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 독립변수로 설정하고, 해면질골 샘플의 골 용적비율을 종속변수로 설정하며, 독립변수와 종속변수를 이용하여 선형회귀분석함으로써 도2의 1차 선형 방정식을 도출하였다.

[0048] 도2는 32개의 해면질골 샘플들로부터 획득한 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값 및 골 용적비율 간의 상관관계를 도시한 그래프이다. 도2를 참조하면, 선형회귀분석을 통해 얻어진 피어슨(Pearson) 상관계수 R이 -0.85이므로 제1파워 스펙트럼 레벨과 제1파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값은 골 용적비율과 강한 음의 상관관계를 갖는다는 것을 확인할 수 있다. 여기서, 상관관계는 독립변수와 종속변수 간의 관계의 강도를 의미한다. 또한, 도2의 그래프에 도시된 1차 선형 방정식(즉, 골 용적비율 도출용 방정식)은 하기 수학적 식 1로 표현될 수 있다.

[0049] [수학적 식 1]

$$Y=A_1X+B_1$$

[0051] (여기서, Y는 종속변수인 해면질골 샘플의 골 용적비율, X는 독립변수인 해면질골 샘플의 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값, A_1 은 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값이 증가함에 따른 골 용적비율의 변화량, B_1 은 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값이 20일 때 골 용적비율의 값)

[0052] 한편, 도출된 해면질골 샘플의 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 독립변수로 설정하고, 해면질골 샘플의 골소주 선밀도를 종속변수로 설정하며, 독립변수와 종속변수를 선형회귀분석함으로써 도3의 1차 선형 방정식을 도출하였다.

[0053] 도3은 해면질골 샘플들로부터 획득한 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값 및 골소주 선밀도(골소주 선밀도 단위는 mm^{-1}) 간의 상관관계를 도시한 그래프이다. 도3을 참조하면, 선형회귀분석을 통해 얻어진 피어슨 상관계수 R이 -0.71이므로 제1파워 스펙트럼 레벨과 제1파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값은 골소주 선밀도와 강한 음의 상관관계를 갖는다는 것을 확인할 수 있다. 또한, 도3의 그래프에 도시된 1차 선형 방정식(즉, 골소주 선밀도 도출용 방정식)은 하기 수학적 식 2로 표현될 수 있다.

[0054] [수학적 식 2]

$$Y=A_2X+B_2$$

[0056] (여기서, Y는 종속변수인 해면질골 샘플의 골소주 선밀도, X는 독립변수인 해면질골 샘플의 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값, A_2 는 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값이 증가함에 따른 골소주 선밀도의 변화량, B_2 는 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값이 20일 때 골소주 선밀도의 값)

[0057] 따라서, 수학적 식 1과 수학적 식 2를 통해 이미 1차 선형 방정식이 확보된 상태이므로, 골구조 예측부(800)는 연산부(700)에서 산출된 차이값을 수학적 식 1이나 수학적 식 2의 1차 선형 방정식의 X값에 대입함으로써, 실제 환자의 해면질골의 골 용적비율 또는 골소주 선밀도를 구할 수 있다. 물론, 이때 얻어지는 골 용적비율이나 골소주 선밀도 결과값은 해면질골 샘플의 골구조 데이터에 근거하여 환자의 골구조를 예측한 결과값이다.

[0058] 즉, 해면질골 샘플의 제1파워 스펙트럼 레벨과 제2파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값은 해면질골 샘플의 실제 골 용적비율이나 골소주 선밀도와 밀접한 상관관계를 가지고 있기 때문에 이러한 상관관계를 이용하여 실제 환자의

해면질골의 골구조를 예측할 수 있는 것이다.

- [0059] 출력부(900)는 디스플레이 장치나 스피커 등으로 구현될 수 있다. 출력부(900)는 골구조 예측부(800)에서 예측된 해면질골(20)의 골구조(즉, 골 용적비율과 골소주 선밀도) 결과값을 화면에 출력하거나 음성으로 안내할 수 있다.
- [0060] <초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 방법에 대한 설명>
- [0061] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 방법에 대하여 도4에 도시된 흐름도를 따라 설명하고, 도1 내지 도3에 도시된 도면을 참조하여 설명하되, 편의상 순서를 붙여 설명하기로 한다.
- [0062] 1. 초음파 입사 단계<S401>
- [0063] 본 단계에서는 파형 발생부(400)가 제1주파수를 갖는 송신 초음파에 대한 전기적 신호를 생성하여 초음파 송신부(200)로 전송하면, 초음파 송신부(200)가 해면질골(20)에 초음파를 입사시키는 과정이 이루어질 수 있다. 여기서, 초음파 송신부(200)는 제1주파수와 동일한 중심 주파수(일 예로, 0.5MHz)를 갖는 비집속형 트랜스듀서로 적용될 수 있다.
- [0064] 2. 신호 수신 단계<S402>
- [0065] 본 단계에서는 초음파 수신부(300)가 해면질골(20)을 통과한 초음파를 수신하고, 이를 전기적 신호로 변환하는 과정이 진행될 수 있다. 여기서, 초음파 수신부(300)는 초음파 송신부(200)의 중심 주파수의 2배인 중심 주파수(일 예로, 1.0MHz)를 갖는 비집속형 트랜스듀서로 적용될 수 있다. 만일, 초음파 수신부(300)의 중심 주파수가 초음파 송신부(200)와 동일할 경우에는 초음파의 비선형 특성에 의해 발생하는 제2주파수를 민감하게 감지하기가 어려우므로 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 정밀도가 저하될 우려가 있다. 따라서, 초음파 수신부(300)는 초음파 송신부(200)의 중심 주파수에 비해 2배 큰 중심 주파수를 갖는 트랜스듀서로 적용하는 것이 바람직하다.
- [0066] 3. 신호 검출 단계<S403>
- [0067] 본 단계에서 신호처리부(500)는 초음파 수신부(300)로부터 변환된 전기적 신호를 검출할 수 있다.
- [0068] 4. 변환 단계<S404>
- [0069] 본 단계에서는 변환부(600)가 신호처리부(500)에서 검출된 전기적 신호를 고속 푸리에 변환함으로써, 제1주파수 및 제1주파수의 2배인 주파수인 제2주파수에 대한 파워 스펙트럼 레벨을 도출하는 과정이 진행될 수 있다.
- [0070] 5. 연산 단계<S405>
- [0071] 본 단계에서는 연산부(700)가 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨 간의 차이값을 산출하는 과정이 이루어질 수 있다. 즉, 연산부(700)는 제1파워 스펙트럼 레벨에서 제2파워 스펙트럼 레벨을 감한 값을 산출할 수 있다.
- [0072] 6. 골구조 예측 단계<S406>
- [0073] 본 단계에서 골구조 예측부(800)는 연산부(700)에서 산출된 값과 골구조 간의 상관관계를 이용하여 해면질골(20)의 골구조를 예측하는 과정이 진행될 수 있다. 즉, 골구조 예측부(800)는 단계 S405에서 연산부(700)가 산출한 차이값을 전술한 수학적 식 1의 X값에 대입함으로써, 실제 환자의 해면질골의 골 용적비율을 예측할 수 있다. 아울러, 골구조 예측부(800)는 단계 S405에서 연산부(700)가 산출한 차이값을 전술한 수학적 식 2의 X값에 대입함으로써, 실제 환자의 해면질골의 골소주 선밀도를 예측할 수 있다.
- [0074] 아울러, 골구조 예측부(800)는 예측된 골소주 선밀도 또는 골 용적비율 값을 기설정된 기준값과 비교하여 환자의 골다공증 여부를 진단할 수 있다. 예를 들어, 환자의 골소주 선밀도 값이나 골 용적비율 값이 기준값 미만일 때, 골구조 예측부(800)는 환자의 골다공증이 진행 중이라고 판단할 수 있다.
- [0075] 7. 출력 단계<S407>
- [0076] 골구조 예측부(800)에서 예측된 해면질골(20)의 골구조(즉, 골 용적비율과 골소주 선밀도) 결과값 또는 예측된 골구조 결과값에 따른 골다공증 진단 결과를 본 단계에서 출력부(900)가 화면에 출력하거나 사용자에게 음성으로 안내하는 과정이 이루어질 수 있다.
- [0077] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치 및 방법은 골구조의 예측시 사용되는 변수의 개수를 최소화 줄이고, 수식을 간소화시킴으로써 간단한 계산으로도 골구조를

예측할 수 있으므로 많은 변수와 복잡한 수식을 이용하여 골구조를 예측하는 기술에 비해 편리하고 손쉽게 골구조를 예측할 수 있다.

[0078] 또한, 일 실시예에서는 골구조의 예측시 사용되는 변수로서, 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨만을 이용하며, 제1주파수의 파워 스펙트럼 레벨과 제2주파수의 파워 스펙트럼 레벨 간의 차이 값을 통해 간단하게 골구조를 예측할 수 있으므로 골구조의 예측시 사용되는 변수의 개수가 기존에 비해 대폭 감소되고, 복잡한 수식 또한 간소화되어 기존에 비해 측정 오차를 줄일 수 있고, 결과적으로 골구조 예측 정밀도가 향상되는 효과가 있다.

[0079] 아울러, 일 실시예에 따르면, 환자의 해면질골의 골구조를 파악하기 위해 마이크로 전산화 단층 촬영을 실시하지 않아도 해면질골의 골소주 선밀도나 골 용적비율 등의 골구조를 쉽게 예측할 수 있으므로 사용상 편의성이 높고, 골다공증의 진단이 신속하게 이루어지는 효과가 있다.

[0080] 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 균등개념으로 이해되어져야 할 것이다.

부호의 설명

[0081] 10 : 초음파의 비선형 특성을 이용한 골구조 예측 장치

100 : 하우징

110 : 매질

200 : 초음파 송신부

300 : 초음파 수신부

400 : 파형 발생부

500 : 신호처리부

600 : 변환부

700 : 연산부

800 : 골구조 예측부

900 : 출력부

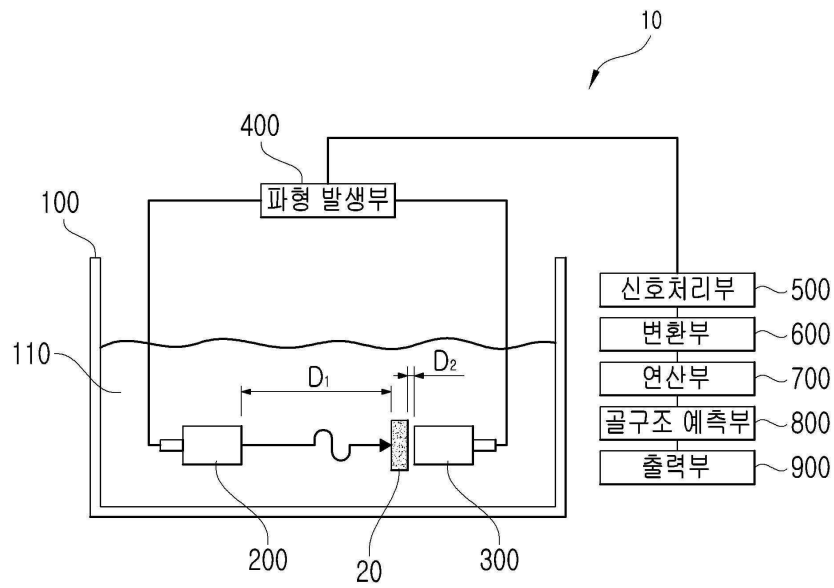
D1 : 해면질골과 초음파 송신부 간의 직선거리

D2 : 해면질골과 초음파 수신부 간의 직선거리

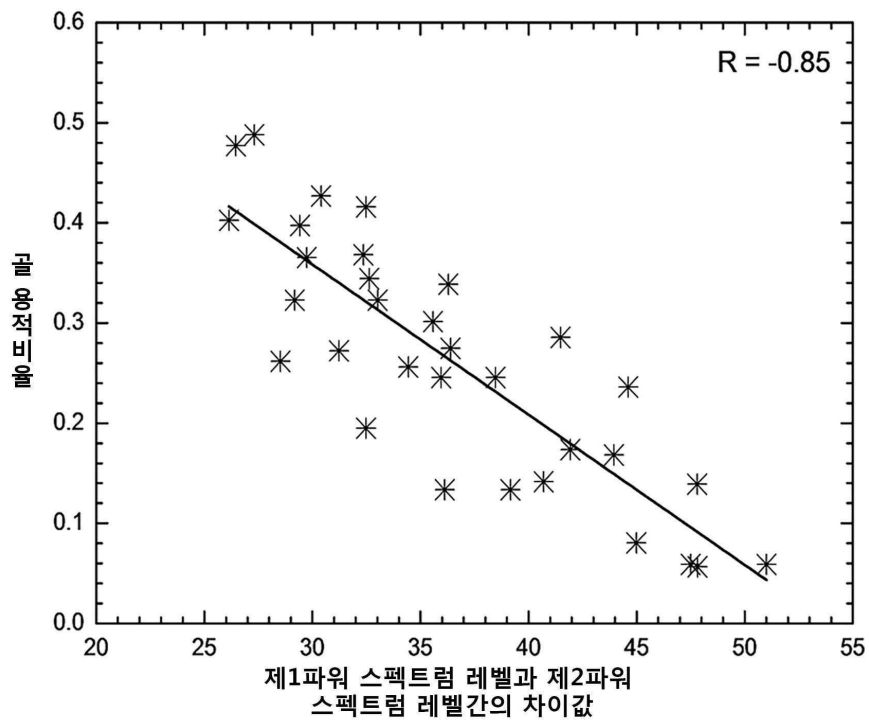
20 : 해면질골

도면

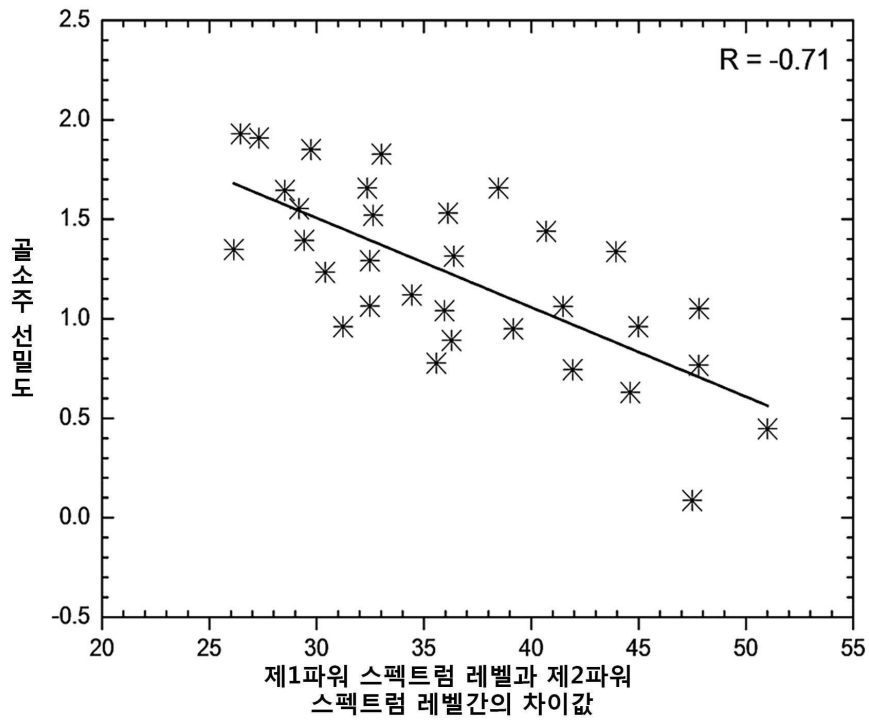
도면1



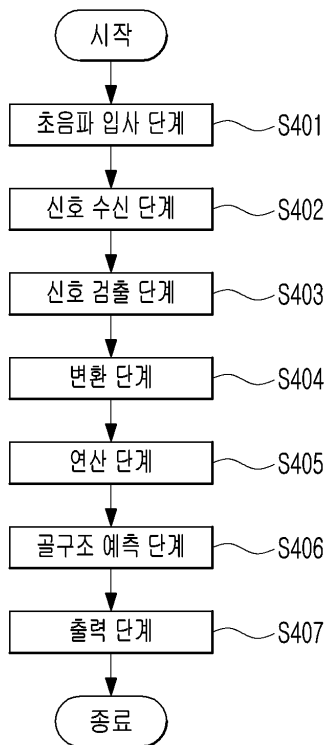
도면2



도면3



도면4



专利名称(译)	超声非线性估计骨结构的装置和方法		
公开(公告)号	KR1020200032477A	公开(公告)日	2020-03-26
申请号	KR1020180111553	申请日	2018-09-18
申请(专利权)人(译)	江原道国家学术基金会		
[标]发明人	이강일		
发明人	이강일		
IPC分类号	A61B8/08 A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/0875 A61B8/5223 A61B8/54		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明涉及通过使用超声非线性特性来预测骨结构的设备和方法。利用超声非线性特性预测骨结构的装置仅通过使用第一频率的功率谱水平,就可以通过第一频率的功率谱水平与第二频率的功率谱水平之间的差值来预测骨结构。和第二频率的功率谱电平作为用于预测骨骼结构的变量,与现有设备相比,大大减少了用于预测骨骼结构的变量的数量,并且与现有设备相比,通过简化复杂的公式来减少测量误差,从而提高了预测骨骼结构的准确性。

