(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0058243
(43) 공개일자 2012년06월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/0285 (2006.01) *A61B 5/02* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0119940
(22) 출원일자 2010년11월29일
심사청구일자 2010년11월29일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스내 (서천동, 경희대학교)
(주)더힘스
경기도 수원시 영통구 봉영로 1612, 315호 (영통동, 보보스프라자)
(72) 발명자
박승훈
경기도 화성시 동탄중앙로 189, 동탄시범다은마을 월드메르디앙반도유보라아파트 339동 202호 (반송동, 시범다은마을 월드메르디앙 반도유보라)
장대근
경상북도 상주시 낙동면 장천로 454
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
손민

전체 청구항 수 : 총 11 항

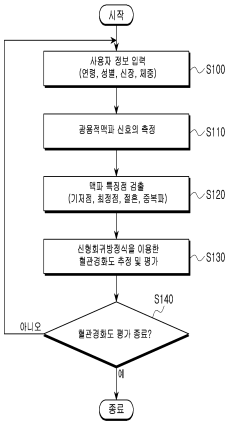
(54) 발명의 명칭 **혈관경화도 진단을 위한 정보 제공 방법**

(57) 요 약

본 발명은 광용적맥파(Photoplethysmography)를 이용하여 비침습적으로 혈관경화도(arterial stiffness)를 평가하는 방법을 제공한다. 광용적맥파를 이용한 혈관경화도 평가방법은 사용자의 성별, 연령, 신장, 및 체중 정보를 입력하는 사용자 정보 입력 단계, 사용자의 평가를 위한 다양한 특징점을 추출하는 특징점 추출 단계, 사용자의 성별에 따른 선형 회귀방정식을 이용하여 혈관경화도를 평가하는 혈관경화도 평가 단계를 포함한다. 특히, 특징점 추출 단계에서는 유효맥파 신호 추출, 맥파 신호 분절, 맥파형 분류, 맥박수에 따른 특징점 보상(correction)을 포함하며, 혈관경화도 평가 단계에서는 광용적맥파로부터 추출한 다양한 특징파라미터들과 혈관의 경화 정도를 정량적으로 표현하는 baPWV(brachial-ankle pulse wave velocity) 수치를 이용하여 다중선형 회귀분석(multiple linear regression analysis)한 결과를 포함한다.

또한, 본 발명에 의하여 사용자는 전문기관에서만 행해지던 고가(高價)의 혈관경화도 평가를 가정이나 회사와 같은 일상생활에서 저렴한 비용으로 실시할 수 있으며, 따라서 u-헬스케어 및 재택건강관리 서비스 환경에 응용될 수 있다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

한민수

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 303동 1103호 (전민동, 엑스포아파트)

파르크, 우말

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 전자정보대학 710호 (서천동, 경희대학교)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415115254
부처명	지식경제부
연구사업명	대학 IT연구센터 지원 사업
연구과제명	동서신의학 U-라이프케어 기술 연구
주관기관	경희대학교 산학협력단
연구기간	2006.11.01 ~ 2014.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

사용자의 광용적맥파로부터 혈관경화도를 평가하기 위한 파라미터를 추출하는 신호처리단계;

상기 신호처리단계에서 추출되는 파라미터를 이용하여 통계 처리함으로써 혈관경화도를 평가할 수 있는 예측 방정식을 도출하는 통계분석단계; 및

상기 통계분석단계에서 도출된 회귀방정식을 이용하여 사용자의 혈관경화도를 평가하고, 그 결과를 사용자에게 효과적으로 피드백하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는,

혈관경화도 진단을 위한 정보 제공 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 신호처리단계는,

사용자의 광용적맥파로부터 이차미분파(SDPTG; second derivative of photoplethysmography)를 추출하기 위한 이차미분파 추출 단계;

상기 사용자의 광용적맥파로부터 잡음성분을 제외한 유효맥파 신호만을 추출하는 유효맥파 신호 추출 단계;

상기 사용자의 광용적맥파를 주기 별로 분절하는 맥파 분절화 단계;

상기 광용적맥파와 이차미분파로부터 맥파형을 분류하는 맥파형 분류 단계; 및

상기 광용적맥파와 이차미분파로부터 특징점 및 혈관경화도 평가 파라미터를 추출하는 특징 파라미터 추출 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는,

혈관경화도 진단을 위한 정보 제공 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 통계분석단계는,

상기 사용자 정보 및 추출된 특징 파라미터를 이용하여 다중선형회귀분석하고, 그 결과로서 혈관경화도 평가 방정식을 도출하는 회귀방정식 도출 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는,

혈관경화도 진단을 위한 정보 제공 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 이차미분파 추출 단계는,

상기 광용적맥파에 포함되어 있는 양자화(quantization)에 의해 발생한 초고주파 성분을 제거하기 위하여 선형 피팅(linear fitting) 알고리즘, 이동평균필터(moving average filter), 및 저역통과필터(lowpass filter) 중 적어도 하나를 적용하는 단계; 및

상기 광용적맥파, 일차미분파(first derivative of photoplethysmography), 및 이차미분파 중 적어도 하나에 저역통과필터와 미분 연산자(differential operator)를 이용하여 이차미분파를 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는,

혈관경화도 진단을 위한 정보 제공 방법.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 유효맥파 신호 추출 단계는,

맥파 신호의 유효성을 검증하기 위한 전처리기로서 자기상관함수(autocorrelation function)와 AMDF(average magnitude difference function) 중 적어도 하나를 이용하여 분석 창(analysis window)의 크기를 계산하는 단계;

자기상관함수와 AMDF의 피치 반감(pitch halving) 및 피치 배가(pitch doubling)의 문제를 해결하기 위하여 이동평균필터와 중앙값 필터(median filter) 중 적어도 하나를 이용하여 해결하는 단계; 및

상기 분석 창에 포함된 신호의 최대?최소값과 그것의 변화량, 신호의 크기(최대?최소값의 차이), 피크(peak)의 개수 및 레벨 교차율(level crossing rate) 중 적어도 하나를 이용하여 무효(invalid) 신호 구간을 검출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는,

혈관경화도 진단을 위한 정보 제공 방법.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 맥파 분절화 단계는,

상기 광용적맥파로부터 맥파 길이(pulse length), 맥파 크기(pulse height), 맥파 면적(pulse area) 및 맥파 기저점의 변화량 중 적어도 하나를 이용하여 맥파 신호를 분절하는 단계; 및

상기 특징 파라미터들의 임계값(threshold)을 계산하기 위하여 각 특징 파라미터들의 사전지식을 바탕으로 신호-적응형(signal-adaptive) 임계값을 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는,

혈관경화도 진단을 위한 정보 제공 방법.

청구항 7

제 2 항에 있어서,

상기 맥파형 분류 단계는,

상기 광용적맥파로부터 중복파의 발생 유무 및 중복파의 위치 중 적어도 하나 이상을 이용하여 정량적으로 맥파형을 분류하는 단계, 및

상기 이차미분파로부터 "b"파의 크기와 발생 유무, "c"파의 부호와 발생유무, 및 "d"파의 크기와 발생 유무 중 적어도 하나 이상을 이용하여 이차미분파의 맥파형을 분류하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는,

혈관경화도 진단을 위한 정보 제공 방법.

청구항 8

제 2 항에 있어서,

상기 특징점 추출 단계는,

상기 맥파형 분류 단계에서 결정된 맥파형에 따라 특징점 추출 방법을 차등적으로 적용하여 광용적맥파의 기저점(pulse onset), 최정점(pulse peak), 절흔(incisura), 및 중복파(dicrotic wave) 중 적어도 하나 이상을

추출하는 단계; 및

상기 맥파형 분류 단계에서 결정된 맥파형에 따라 특징점 추출 방법을 차등적으로 적용하여 이차미분파의 초기양성파(initial positive wave), 초기음성파(early negative wave), 후기재상승파(late upsloping wave), 후기재하강파(late downsloping wave), 및 이완양성파(diastolic positive wave) 중 적어도 하나 이상을 추출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는,

혈관경화도 진단을 위한 정보 제공 방법.

청구항 9

제 2 항에 있어서,

상기 특징 파라미터 추출 단계는,

상기 특징점 추출 단계에서 추출한 광용적맥파의 기저점, 최정점, 절흔 및 중복파 중 적어도 하나 이상과 이차미분파의 초기양성파, 초기음성파, 후기재상승파, 후기재하강파, 및 이완양성파 중 적어도 하나 이상을 이용하여 증강지수(augmentation index), 반사파 도달 시간(reflected wave arrival time), 최정점-기저점 시간 간격, 최정점-절흔 시간 간격, 및 혈관나이지수(vascular aging index)를 계산하여 이 중 적어도 하나 이상을 혈관경화도 예측 파라미터로사용하는 단계; 및

상기 특징 파라미터들을 맥파 길이를 이용한 정규화, Bazett's formula, Fridericia's formula, Hodge formula 및 linear regression equation 중 적어도 하나 이상을 이용하여 보정한 값을 혈관경화도 예측 파라미터로 사용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는,

혈관경화도 진단을 위한 정보 제공 방법.

청구항 10

제 3 항에 있어서,

상기 회귀방정식 도출 단계는,

상기 특징 파라미터들 및 사용자 정보(연령, 성별, 신장, 체중, 및 BMI) 중 적어도 하나 이상의 파라미터(A, B, C)와 혈관경화도를 정량적으로 표현하는 baPWV 수치를 다중선형회귀분석함으로써

$$Y = \alpha \times A + \beta \text{ 또는}$$
$$Y = \alpha \times A + \beta \times B + \gamma \text{ 또는}$$
$$Y = \alpha \times A + \beta \times B + \gamma \times C + \delta$$

와 같은 선형회귀방정식을 도출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는,

혈관경화도 진단을 위한 정보 제공 방법.(여기서 Y는 혈관경화도 평가 결과를, A, B, C는 혈관경화도 평가 파라미터를, A, B, C는 혈관경화도 평가 파라미터를, α, β, γ, δ는 선형회귀방정식의 계수를 나타냄).

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 피드백 단계는,

상기 선형회귀방정식을 이용하여 도출된 혈관경화도 평가 결과를 성별?연령별 표준치와 비교하고, 이를 바탕으로 혈관나이를 산출함으로써 상기 사용자에게 바이오피드백(biofeedback) 효과를 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는,

혈관경화도 진단을 위한 정보 제공 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 광용적맥파를 이용하여 저비용?비침습적으로 혈관경화도를 평가하는 혈관경화도 진단을 위한 정보 제공 방법에 관한 것으로서, 먼저 광용적맥파와 이차미분파로부터 특징 파라미터를 추출한 후 다중회귀분석함으로써 혈관경화도를 평가하기 위한 선형회귀방정식을 도출하고, 이를 바탕으로 사용자의 혈관경화도와 혈관나이 정보를 평가하여 피드백하는 혈관경화도 진단을 위한 정보 제공 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 현대인들의 서구화된 식습관과 단순 반복적인 생활습관에 의해 심혈관계 관련 질환이 증가하고 있다. 2009년 통계청의 보고에 따르면 우리나라 전체 사망원인 중 심혈관질환에 의한 사망률이 악성 신생물(암)에 의한 사망률 다음으로 순위가 높았다. 또한 미국심장협회(American heart association)의 통계에 따르면 전체 인구의 1/3 수준인 약 8천만 명의 미국인들이 하나 이상의 심혈관질환을 가지고 있다고 보고하였다. 이처럼 심혈관질환은 한국뿐만 아니라 세계적으로도 중요한 사회적 이슈가 되고 있으며, 이에 대한 경각심이 고조되고 있다.

[0003] 최근 연구 결과에 따르면 높은 혈관경화도 수치를 가진 사람일수록 심혈관질환을 가지고 있을 확률이 높다고 한다. 또한 말기신질환(end-stage renal disease) 환자들의 경우 혈관경화도가 심혈관 사망의 중요한 예측 인자로서 사용될 수 있다고 보고되었다. 이를 확대하면 혈관경화도는 심혈관질환의 예후인자로서 유의하며, 따라서 혈관경화도의 지속적인 관리를 통하여 심혈관질환의 유병을 예방할 수 있다.

[0004] 현대인들의 혈관경화도를 측정하기 위한 다양한 방법들이 소개되어 왔다. 그 중 대표적인 예로, 맥파속도(pulse wave velocity)를 이용한 방법이 있다. 이 방법은 경직된 혈관일수록 혈액을 저장할 수 있는 능력이 떨어지게 되어 맥파의 이동속도가 빨라지게 된다는 사실에 기인한다. 상대적으로 비용이 저렴하고 비침습적으로 혈관경화도를 측정할 수 있다는 장점 때문에 임상적으로 흔히 사용되고 있다. 이 외에도 초음파나 MRI를 이용하여 탄성계수(elastic modulus), 영률(Young's modulus), 동맥 팽창성(arterial distensibility), 및 동맥 유연성(arterial compliance)을 계산한 후 이를 이용하여 혈관경화도를 측정하는 방법들이 소개되었다. 하지만 이러한 방법들은 상대적으로 정확한 측정결과를 나타내지만 측정에 소요되는 비용이 크고, 기기 조작을 위한 전문가의 상주가 요구된다는 단점이 있다.

[0005] 최근 상기의 문제점들을 보완하기 위하여 광용적맥파를 이용한 혈관경화도 평가가 각광받고 있으며, 이를 위한 다양한 특징 파라미터들이 제안되었다. 대표적인 예로 맥파 신호와 중복파 크기의 차이를 맥파 신호의 크기로 나눈 증강지수, 사용자의 신장을 반사파 도달 시간으로 나눈 경화지수, 맥파 신호와 절흔 크기의 차이를 맥파 신호의 크기로 나눈 절흔 지수 등이 있다. 기존의 많은 연구 결과들에 따르면 상기 특징 파라미터들은 혈관경화도와 통계적으로 유의한 상관관계를 가지는 것으로 보고되었다.

[0006] 광용적맥파를 이용하여 혈관경화도를 평가하기 위한 또 다른 접근 방법으로서 광용적맥파를 이차 미분한 신호인 이차미분파가 고안되었다. 이차미분파는 크게 5가지의 특징점을 가지며, 이들의 상대적 크기를 이용하여 혈관경화도를 평가할 수 있다. 특히, 혈관나이지수로 알려져 있는 (b-c-d-e)/a와 (b-c-d)/a 값은 혈관경화도와 통계적으로 유의한 상관관계를 가지는 것으로 알려져 있다.

[0007] 광용적맥파를 이용한 대부분의 기존 혈관경화도 평가 방법들은 상기 특징 파라미터들과 혈관경화도와의 상관관계를 명시하고 이들의 통계적 유의성을 검증하는 데 치우쳐져 있다. 이는 광용적맥파의 특징 파라미터를 이용한 혈관경화도 평가가 통계적으로 유의한 결과를 도출할 수 있음을 시사한다. 하지만 실제 혈관경화도를 평가하는 데 있어 하나의 특징 파라미터를 이용하여 혈관경화도를 평가하는 데에는 한계가 있으며, 이는 광용적맥파를 이용한 혈관경화도의 정확성, 재현성, 및 신뢰성에 영향을 끼치는 문제점이 있다.

[0008] 그러므로, 언제 어디서나 저렴한 비용으로 측정이 가능하고, 전문가의 상주가 필요 없으며, 지속적인 심혈관질환 관리가 이루어질 수 있는 하나 이상의 특징 파라미터를 이용한 광용적맥파 기반의 혈관경화도 평가 기술이 절실히 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 상대적으로 측정이 용이한 광용적맥파를 이용하여 시간과 장소의 구애 없이 비침습적으로 혈관경화도를 평가할 수 있는 방법을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 상대적으로 저렴한 비용으로 심혈관질환의 지속적인 관리가 가능하고 이를 효과적으로 바이오피드백할 수 있는 혈관경화도 관리 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 사용자의 광용적맥파를 이용하여 비침습적으로 혈관경화도를 평가하는 방법에 있어서, 사용자의 광용적맥파로부터 혈관경화도를 평가하기 위한 파라미터를 추출하는 신호처리단계; 상기 신호처리단계에서 추출되는 파라미터를 이용하여 통계 처리함으로써 혈관경화도를 평가할 수 있는 예측방정식을 도출하는 통계분석단계; 및 상기 통계분석단계에서 도출된 회귀방정식을 이용하여 사용자의 혈관경화도를 평가하고, 그 결과를 사용자에게 효과적으로 피드백하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 상기 신호처리단계는, 사용자의 광용적맥파로부터 이차미분파(SDPTG; second derivative of photoplethysmography)를 추출하기 위한 이차미분파 추출 단계; 상기 사용자의 광용적맥파로부터 잡음성분을 제외한 유효맥파 신호만을 추출하는 유효맥파 신호 추출 단계; 상기 사용자의 광용적맥파를 주기 별로 분절하는 맥파 분절화 단계; 상기 광용적맥파와 이차미분파로부터 맥파형을 분류하는 맥파형 분류 단계; 및 상기 광용적맥파와 이차미분파로부터 특징점 및 혈관경화도 평가 파라미터를 추출하는 특징 파라미터 추출 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 상기 통계분석단계는, 상기 사용자 정보 및 추출된 특징 파라미터를 이용하여 다중선형회귀분석하고, 그 결과로서 혈관경화도 평가 방정식을 도출하는 회귀방정식 도출 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 이차미분파 추출 단계는, 상기 광용적맥파에 포함되어 있는 양자화(quantization)에 의해 발생한 초고주파 성분을 제거하기 위하여 선형 피팅(linear fitting) 알고리즘, 이동평균필터(moving average filter), 및 저역통과필터(lowpass filter) 중 적어도 하나를 적용하는 단계; 및 상기 광용적맥파, 일차미분파(first derivative of photoplethysmography), 및 이차미분파 중 적어도 하나에 저역통과필터와 미분 연산자(differential operator)를 이용하여 이차미분파를 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 상기 유효맥파 신호 추출 단계는, 맥파 신호의 유효성을 검증하기 위한 전처리기로서 자기상관함수(autocorrelation function)와 AMDF(average magnitude difference function) 중 적어도 하나를 이용하여 분석 창(analysis window)의 크기를 계산하는 단계; 자기상관함수와 AMDF의 피치 반감(pitch halving) 및 피치 배가(pitch doubling)의 문제를 해결하기 위하여 이동평균필터와 중앙값 필터(median filter) 중 적어도 하나를 이용하여 해결하는 단계; 및 상기 분석 창에 포함된 신호의 최대?최소값과 그것의 변화량, 신호의 크기(최대?최소값의 차이), 피크(peak)의 개수 및 레벨 교차율(level crossing rate) 중 적어도 하나를 이용하여 무효(invalid) 신호 구간을 검출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 상기 맥파 분절화 단계는, 상기 광용적맥파로부터 맥파 길이(pulse length), 맥파 크기(pulse height), 맥파 면적(pulse area) 및 맥파 기저점의 변화량 중 적어도 하나를 이용하여 맥파 신호를 분절하는 단계; 및 상기 특징 파라미터들의 임계값(threshold)을 계산하기 위하여 각 특징 파라미터들의 사전지식을 바탕으로 신호-적응형(signal-adaptive) 임계값을 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 상기 맥파형 분류 단계는, 상기 광용적맥파로부터 중복파의 발생 유무 및 중복파의 위치 중 적어도 하나 이상을 이용하여 정량적으로 맥파형을 분류하는 단계, 및 상기 이차미분파로부터 "b"파의 크기와 발생 유무, "c"파의 부호와 발생유무, 및 "d"파의 크기와 발생 유무 중 적어도 하나 이상을 이용하여 이차미분파의 맥파형을 분류하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 상기 특징점 추출 단계는, 상기 맥파형 분류 단계에서 결정된 맥파형에 따라 특징점 추출 방법을 차등적으로 적용하여 광용적맥파의 기저점(pulse onset), 최정점(pulse peak), 절흔(incisura), 및 중복파(dicrotic wave) 중 적어도 하나 이상을 추출하는 단계; 및 상기 맥파형 분류 단계에서 결정된 맥파형에 따라

특징점 추출 방법을 차등적으로 적용하여 이차미분파의 초기양성파(initial positive wave), 초기음성파(early negative wave), 후기재상승파(late upsloping wave), 후기재하강파(late downsloping wave), 및 이완양성파(diastolic positive wave) 중 적어도 하나 이상을 추출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 상기 특징 파라미터 추출 단계는, 상기 특징점 추출 단계에서 추출한 광용적맥파의 기저점, 최정점, 절흔 및 중복파 중 적어도 하나 이상과 이차미분파의 초기양성파, 초기음성파, 후기재상승파, 후기재하강파, 및 이완양성파 중 적어도 하나 이상을 이용하여 증강지수(augmentation index), 반사파 도달 시간(reflected wave arrival time), 최정점-기저점 시간 간격, 최정점-절흔 시간 간격, 및 혈관나이지수(vascular aging index)를 계산하여 이 중 적어도 하나 이상을 혈관경화도 예측 파라미터로사용하는 단계; 및 상기 특징 파라미터들을 맥파 길이를 이용한 정규화, Bazett's formula, Fridericia's formula, Hodge formula 및 linear regression equation 중 적어도 하나 이상을 이용하여 보정한 값을 혈관경화도 예측 파라미터로 사용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 회귀방정식 도출 단계는, 상기 특징 파라미터들 및 사용자 정보(연령, 성별, 신장, 체중, 및 BMI) 중 적어도 하나 이상의 파라미터(A, B, C)와 혈관경화도를 정량적으로 표현하는 baPWV 수치를 다중선형회귀분석함으로써

[0021] $$Y = \alpha \times A + \beta$$ 또는
$$Y = \alpha \times A + \beta \times B + \gamma$$ 또는
$$Y = \alpha \times A + \beta \times B + \gamma \times C + \delta$$

[0022] 와 같은 선형회귀방정식을 도출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 상기 피드백 단계는, 상기 선형회귀방정식을 이용하여 도출된 혈관경화도 평가 결과를 성별?연령별 표준치와 비교하고, 이를 바탕으로 혈관나이를 산출함으로써 상기 사용자에게 바이오피드백(biofeedback) 효과를 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0024] 본 발명에 의하여, 사용자는 자신의 혈관경화도 상태를 지속적으로 모니터링할 수 있고, 성별 및 연령별 표준치와 비교하여 피드백을 해줌으로써 심혈관질환에 대한 경각심을 고조시키고, 지속적인 예방 및 관리를 통하여 심혈관질환의 유병률을 감소시킬 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명에 의하여, 저렴한 비용의 혈관경화도 평가가 가능하며, 시간과 장소의 구애됨에서 벗어나 u-헬스케어(u-healthcare) 및 재택건강관리 서비스환경에서 널리 사용될 수 있는 새로운 형태의 심혈관질환 관리 서비스가 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명에 따른 혈관경화도 진단을 위한 정보 제공 방법의 일 실시예를 개념적으로 나타내는 흐름도이다.

도 2는 도 1에 도시된 맥파 특징점 추출 단계(S120)의 일 실시예를 상세하게 나타내는 흐름도이다.

도 3a는 도 2에 도시된 이차미분파 추출 단계(S210)의 선형 피팅 알고리즘의 일 실시예를 나타내는 흐름도이다.

도 3b는 도 3a에 도시된 선형 피팅 알고리즘과 수학식 1을 이용하여 이차미분파를 추출한 일 실시예를 나타내는 흐름도이다.

도 4는 도 2에 도시된 유효 신호 구간 추출 단계(S220)에서 사용하는 유효 신호 추출 기준을 나타낸다.

도 5는 도 2에 도시된 광용적맥파의 분절화 단계(S230)에서 사용하는 분절화 기준을 나타낸다.

도 6a는 광용적맥파의 특징점과 특징 파라미터를 나타낸다.

도 6b는 이차미분파의 특징점과 특징 파라미터를 나타낸다.

도 7a는 광용적맥파의 4가지 맥파형을 나타낸다.

도 7b는 이차미분파의 7가지 맥파형을 나타낸다.

도 8a는 본 발명에 의한 광용적맥파와 이차미분파의 특징점 및 특징 파라미터 추출 결과의 일 실시예를 나타낸다.

도 8b는 본 발명에 의한 혈관경화도 평가 결과의 일 실시예를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 본 발명에 따른 혈관경화도 진단을 위한 정보 제공 방법의 바람직한 실시 예를 도 1 내지 도 8b를 참조하여 설명한다. 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다. 또한, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 기술되어야 할 것이다.

[0028] 도 1은 본 발명의 일면에 의한 광용적맥파를 이용한 혈관경화도 평가 방법의 일 실시예를 개념적으로 나타내는 흐름도이다.

[0029] 우선, 광용적맥파를 측정하기 전에 연령, 성별, 신장, 및 체중의 사용자 정보를 입력한다(S100). 일반적으로 혈관의 경화 정도는 연령 및 성별에 따라 다르며, 신장 및 체중과 같은 신체 상태의 영향도 받는 것으로 알려져 있다. 따라서 광용적맥파를 이용한 혈관경화도 평가 방법에 있어 사용자의 신체 정보는 독립적 예측인자로서 유의하며, 이를 입력받기 위한 사용자 인터페이스가 제공되어야 한다.

[0030] 사용자 정보가 입력되면 사용자의 손가락 끝에서 광용적맥파를 측정한다(S110). 혈관경화도를 올바르게 평가하기 위해서는 광용적맥파의 정확한 측정이 필수적이다. 그러므로, 광용적맥파를 측정하는 동안에 안정된 측정 자세를 취하며, 외부잡음(광원, 움직임 잡음 등)에 노출되지 않도록 하는 것이 중요하다.

[0031] 사용자의 광용적맥파는 다양한 방법으로 측정이 가능하다. 광용적맥파를 측정하기 위해서는 빛을 발생시키는 광센서(optical sensor)와 빛을 입력받는 광수용기(photoreceptor)가 필요하다. 광센서로부터 발생한 광(优)신호를 손가락 끝에 쏘면 그 중 일부가 투과 또는 반사되어 광수용기에 입력되고, 광수용기는 입력된 빛을 전기적인 신호로 변환하여 광용적맥파를 측정한다. 일반적으로 광용적맥파를 측정하기 위한 광센서로서 660nm의 파장을 갖는 적색 LED 광센서나 805nm의 파장을 갖는 적외선 LED 광센서를 이용한다.

[0032] 도 2는 도 1에 도시된 맥파 특징점 추출 단계(S120)의 일 실시예를 상세하게 나타내는 흐름도이다.

[0033] 사용자의 광용적맥파를 측정한 후 혈관경화도 평가를 위한 다양한 특징점 및 특징 파라미터들을 추출한다(S120).

[0034] 도 2는 특징점 및 특징 파라미터의 추출을 위한 일 실시예를 상세하게 나타내는 것으로서, 선형 피팅 알고리즘 및 저역통과필터를 이용하여 이차미분파를 계산하는 이차미분파 검출 단계(S210), 잡음 및 무효 신호구간을 원 신호로부터 제거하기 위한 유효 신호 검출 단계(S220), 특징점 추출을 위하여 한 주기의 맥파 신호를 분절하는 맥파 분절화 단계(S230), 광용적맥파와 이차미분파의 맥파형을 구분하는 맥파형 분류 단계(S240, S270), 광용적맥파와 이차미분파의 특징점을 추출하는 특징점 추출 단계(S250, S260) 및 맥박수의 영향을 받는 특징 파라미터들을 보상하기 위한 특징 파라미터 보정 단계(S280)를 포함한다.

[0035] 도 3a는 도 2에 도시된 이차미분파 추출 단계의 선형 피팅 알고리즘의 일 실시예를 나타내는 흐름도이며, 도 3b는 도 3a에 도시된 선형 피팅 알고리즘과 수학식 1의 저역통과필터를 이용하여 이차미분파를 추출한 일 실시예를 나타내는 흐름도이다(S210). 도 3b의 a)는 원 신호, b)는 선형 피팅 결과, c)는 일차미분파, d)는 이차미분파를 나타낸다.

[0036] 먼저 전처리(Preprocessing)에서는 정확한 특징점 추출을 위하여 다양한 신호들을 계산하고 이를 위하여 선형 피팅 알고리즘을 적용한다. 선형 피팅 알고리즘은 도 3a에 도시된 바와 같이 큰 고주파 성분을 선형적으로 평활화(smoothing)시키는 것을 수행한다. 좌측 최초의 그래프는 측정기기로부터 수집한 광용적맥파 신호를 나타

낸 것이며, 우측으로 갈수록 선형 피팅 알고리즘을 통과한 실시예가 도시되어 있다.

[0037] 선형 피팅 알고리즘을 수행하는 순서는 다음과 같다. 먼저, 인접한 샘플들 간의 차이를 이용하여 기울기를 계산한다. 계산된 기울기 정보를 바탕으로 기울기가 0인 성분과 0이 아닌 성분으로 구분한다. 입력된 신호의 각 샘플들은 기울기 상태에 따라 크게 4가지 상태로 구분된다: (기울기=0, 기울기=0), (기울기=0, 기울기≠0), (기울기≠0, 기울기=0) 및 (기울기≠0, 기울기≠0). 만약 샘플의 기울기가 0인 성분이 존재한다면, 1차 선형 방정식을 이용하여 해당 구간의 샘플 값을 변화시킨다. 이때 1차 선형 방정식은 기울기가 0인 성분과 인접한 두 샘플 값을 이용하여 산출한다.

[0038] 이러한 선형 피팅 알고리즘은 큰 고주파 성분을 제거함으로써 저역통과필터링시 발생할 수 있는 비선형적인 시간지연(time delay)을 미연에 방지할 수 있다.

[0039] 상기한 선형 피팅 알고리즘을 통한 우측의 3번째 그래프를 이용하여 이차미분파를 추출한다.

[0040] 광용적맥파로부터 사용자의 이차미분파를 추출하기 위하여 도 3의 선형 피팅 알고리즘과 수학식 1의 저역통과필터를 이용한다.

수학식 1

[0041] $$y[n] = \sum_{k=0}^{N} h[k]x[n-k]$$

[0042] 수학식 1에서 y[n]과 x[n]은 각각 저역통과필터를 통과한 결과신호와 입력신호를 나타낸다. h[k]와 N은 각각 저역통과필터의 필터계수와 차수를 나타낸다.

[0043] 기기로부터 측정된 광용적맥파는 사용자의 움직임, 외부 광원의 유입, 센서의 미세한 이동 등에 의해 왜곡된 신호가 포함될 수 있다. 이러한 잡음 및 왜곡신호는 혈관경화도 평가 결과의 정확성과 신뢰성을 떨어뜨리며, 따라서 잡음 및 왜곡신호가 포함되어 있는 원 신호로부터 유효 맥파 신호만을 추출하는 것이 요구된다.

[0044] 유효 맥파 신호 구간을 추출하기 위하여, 우선, 분석 창 크기를 계산하는 것이 필요하다. 이를 위하여 수학식 2의 정규화된 자기상관함수(normalized autocorrelation function)를 이용하여 한 주기의 맥파 신호를 대략적으로 추측한다.

수학식 2

[0045] $$R_n(\tau) = \frac{\sqrt{\sum_{n=0}^{N-1} s(n)s(n+\tau)}}{\sqrt{\sum_{n=0}^{N-1} s^2(n+\tau)}}$$

[0046] 수학식 2에서 s(n)과 Rn(τ)는 맥파 신호와 그것의 자기상관신호(autocorrelation signal)를 나타낸다. 자기상관신호로부터 특정 임계값을 넘는 첫 번째 피크값을 추출함으로써 대략적인 맥파 주기를 추출할 수 있다. 여기서, 자기상관함수의 사용에 있어 문제점인 피치 배가 또는 피치 반감 문제를 해결하기 위하여 이동평균필터 및 중앙값 필터 중 적어도 하나를 이용한다.

[0047] 도 4는 도 2에 도시된 유효 신호 구간 추출 단계(S220)에서 사용하는 유효 신호 추출 기준을 나타낸다. 여기서 a)는 최대?최소값과 그것의 변화량, b)는 최대?최소값의 차이와 그것의 변화량, c)는 피크 개수, d)는 레벨 교차율을 나타낸다.

[0048] 도시된 도 4는 주처리(main processing)에 관한 것으로, 측정된 맥파신호로부터 유효신호 구간을 판단하기 위한 분석창의 크기를 자기상관함수나 AMDF 함수를 이용하여 계산한다. 이때, 자기상관함수나 AMDF 함수의 경우 분석창 크기에 따라 요구되는 연산량이 달라진다. 따라서, 연산량 증가에 따른 오버플로우(overflow) 및 연산처리속도 문제를 해결하기 위하여 다중중심클리퍼(multi-level center clipper)를 이용하고, 피치 배가 및 피치 반감 문제를 보완하기 위하여 중앙값 필터를 이용한다. 이때, 계산된 분석창에 포함되어 있는 신호의 크기, 피크의 개수, 레벨 교차율(level crossing rate), 가장 큰 값과 가장 작은 값, 그리고 그것들의 변화량 등을 이용하여 해당구간이 유효신호구간인지 또는 무효신호 구간인지를 판단한다.

[0049] 분석 창 크기를 계산한 후 도 4에 도시된 정보들을 이용하여 해당 분석 창에 포함되어 있는 신호의 유효성을 검증한다. 분석 창 크기가 대략 한 주기의 맥파 신호를 포함하므로 한 주기의 맥파 신호가 가질 수 있는 범위의 임계값을 이용하여 신호의 유효성을 검증할 수 있다. 광용적맥파의 절대적 수치는 측정 기기와 신호처리 방식에 따라 달라지므로 맥파 크기에 대한 상대적 크기 또는 맥파 주기에 대한 상대적 시간 간격과 같이 상대적 수치를 이용하여 임계값을 결정하는 것이 중요하다.

[0050] 도 5는 도 2에 도시된 광용적맥파의 분절화 단계(S230)에서 사용하는 분절화 기준을 나타낸다. 여기서 a)는 맥파 길이, b)는 맥파 크기의 변화량, c)는 맥파 면적, d)는 기저점의 변화량을 나타낸다.

[0051] 도 5를 참조하면, 상기한 과정을 통하여 유효신호구간이 추출된 후 맥파 분할(pulse wave segmentation)을 실시한다. 여기서 맥파 분할이란 여러 주기로 이루어져 있는 맥파신호를 한 주기별로 구분하는 것을 의미한다. 이를 위하여 앞서 언급한 자기 상관 함수나 AMDF와 같은 함수를 이용하여 초기임계값을 결정한다. 초기 임계값을 결정하면 다음과 같은 파라미터들을 이용하여 정확한 기저점을 추출하고, 추출된 기저점을 이용하여 맥파신호를 분절한다.

[0052] 유효 신호 구간에 포함되어 있는 광용적맥파 신호를 주기별로 분절하기 위하여 도 5에 도시된 정보들을 이용한다. 광용적맥파의 분절은 기저점을 검출하는 과정과 같으며, 따라서 광용적맥파의 분절화 과정은 기저점 검출 과정으로 간주할 수 있다. 이를 위하여, 노치(notch)가 나타나는 모든 지점에서 도 5에 도시된 기준들의 임계값을 비교하며, 모든 기준을 만족하는 노치를 광용적맥파 신호의 기저점으로 간주한다. 이때, 각 기준들의 임계값은 통계적 수치와 같은 사전 지식(prior knowledge)을 기반으로 신호에 알맞은 값으로 적응하는(adaptive) 것을 특징으로 한다. 또한, 새로이 계산된 임계값은 다음 주기의 맥파 분절을 위한 사전 지식으로 사용되며, 해당 신호에 적합한 임계값을 자동적으로 결정하는 것을 특징으로 한다. 상기 방법을 이용하여 추출된 모든 기저점을 이용하여 주기별 맥파 신호의 특징점 추출이 가능하다.

[0053] 도 6a는 광용적맥파의 특징점과 특징 파라미터를 나타낸다. 여기서 a), a')은 기저점, b)는 최정점, c)는 절흔, d)는 중복파를 나타낸다.

[0054] 도 6b는 이차미분파의 특징점과 특징 파라미터를 나타낸다. 여기서 a)는 초기양성파(initial positive wave), b)는 초기음성파(early negative wave), c)는 후기재상승파(late upsloping wave), d)는 후기재하강파(late downsloping wave), e)는 이완양성파(diastolic positive wave)를 나타낸다.

[0055] 먼저, 좌심실이 수축하면서 좌심실내압이 상승하고 대동맥판(aortic valve)이 개방된다. 대동맥판이 개방되면서 좌심실의 혈액이 대동맥궁(aortic arch)으로 구출(ejection)되며 이 시기가 기저점(도 6a의 a)이 된다. 그 후 좌심실로부터 대동맥궁으로 혈액이 빠른 속도로 유입되며, 이때 혈관 내 압력과 혈관용적이 최대에 이른다(도 6a의 b). 그 후 혈액의 구출량이 감소함으로써 압력과 용적에 영향을 미치기 때문이다. 그 후 대동맥판막이 폐쇄되면서 우심방이 수축하고 좌심실은 이완된다. 이때, 대동맥판이 폐쇄되는 지점이 절흔(도 6a의 c)이다. 대동맥판이 폐쇄된 이후 동맥 내 압력 및 용적이 근소하게 상승하는데 이 지점이 중복파(dicrotic wave, 도 6a의 d)이다. 중복파 이후 다음 주기의 기저점(도 6a의 a')까지 좌심실은 이완하며 좌심방으로부터 혈액을 공급받는다.

[0056] 이차미분파의 경우 5개의 특징점이 존재하며, 통상 a, c, e파는 양의 방향으로 볼록하고 b, e파는 음의 방향으로 볼록한 굴곡을 형성한다. a파와 b파는 혈액이 좌심실로부터 밀려나와 혈관에 처음 반응하는 성분이고, 따라서 b/a 비는 혈관의 패창성을 나타낸다. 이 외에 d/a 비는 말초로부터 반사된 파형의 강도로서 d/a 비의 감소는 반사파의 증가를 나타낸다. 일반적으로 혈관 탄력도 및 경화 정도를 평가하기 위하여 (b-c-d-e)/a 지수를 많이 사용한다.

[0057] 도 7a는 광용적맥파의 4가지 맥파형을 나타내며(Class 1 ~ Class 4), 도 7b는 이차미분파의 7가지 맥파형을 나타낸다(Class A ~ Class G).

[0058] 도 7a 및 7b를 참조하면, 정확한 특징점 추출을 위하여 또 하나 선행되어야 하는 것은 정확하게 맥파형을 구분하는 것이다. 맥파형에 따라 추출하는 방식이 달라지기 때문에 정확한 맥파형 구분은 필수적이다. 이를 위하여 PTG 신호의 경우 중복파와 절흔의 위치에 따라 크게 3가지로 구분하고, SDPTG 신호의 경우 특징점들의 부호에 따라 크게 7가지로 구분하는 것이 바람직하다.

[0059] 선행연구결과에 따르면 연령의 증가 및 관상동맥질환 시 도 7a의 Class 2의 발현빈도가 높고, 65~74세 남성 심근경색환자 중 도 7a의 Class 2의 맥파를 나타낸 환자는 도 7a의 Class 1의 맥파를 나타낸 환자에 비해 4배 많았다고 보고하였다(Dawber, Thomas, McNamara, 1973). 또한 도 6a의 Class 1에서 도 6a의 Class 4로 이행될수록 절흔이 감약되며, 혈관유순도가 저하된다고 보고하였다(Millasseau, Ritter, Takazawa, Chowienczyk, 2006). 도 7b의 이차미분파의 경우 연령이 증가할수록 Class E, F, G의 발생률이 높아진다고 보고하였다.

[0060] 도 6a에 도시된 광용적맥파의 특징점을 추출하기 위하여 도 7a의 맥파형 분류 기준을 사용한다. 중복파의 발생 여부 및 위치를 이용하여 맥파형을 분류한 후 맥파형에 따른 특징점 추출 알고리즘을 적용한다. 먼저, 한 주기의 맥파 신호에서 가장 큰 값을 가지는 피크 지점을 최정점(도 6a의 b)으로 추출한다. 맥파형이 도 7a의 Class 1 또는 Class 3인 경우 기저점과 최정점, 최정점과 기저점에 나타나는 피크 지점을 이용하여 중복파(도 6a의 d)와 절흔(도 6a의 c)을 추출한다. 이와 달리, 맥파형이 도 7a의 Class 2 또는 Class 4인 경우 이차미분파를 이용하여 변곡점을 추출한 후 이를 이용하여 중복파와 절흔을 추출한다.

[0061] 상기 추출된 광용적맥파의 특징점을 이용하여 혈관경화도를 평가하기 위한 특징 파라미터들을 정의하면 다음과 같다(도 6a):

표 1

[0062]

특징 파라미터	정의	특징 파라미터	정의
증강지수(AI)	(b-a)/a	경화지수(SI)	신장/반사파도달시간
절흔지수(CI)	(b-c)/a	반사파도달시간(RT)	b~d 시간 간격
승각시간(UT)	a~b 시간 간격	구출시간(ET)	a~c 시간 간격
최정점-기저점(P20)시간 간격	b~a' 시간 간격	최정점-절흔(P2I)시간간격	b~c 시간 간격

[0063] 도 6b에 도시된 이차미분파의 특징점을 추출하기 위하여 우선, 한 주기의 이차미분파에서 가장 큰 값을 가지는 피크 지점을 초기양성파(도 6b의 a)로서 추출한다. 초기양성파를 추출한 후 피크 포락선(envelope)을 이용하여 이완양성파(도 6b의 e)를 추출한다. 추출된 초기양성파와 이완양성파를 이용하여 초기음성파, 후기재상승파, 및 후기재하강파가 나타날 수 있는 범위를 결정한다. 초기음성파는 상기 범위 안에 포함되어 있는 신호 중 가장 작은 값을 추출함으로써 결정하고, 후기 재상승파와 후기재하강파는 초기양성파와 초기음성파, 초기음성파와 이완양성파 사이에 발생하는 피크와 노치를 이용하여 추출한다. 추출된 이차미분파의 특징점과 도 7b의 맥파형 분류 기준을 이용하여 맥파형을 구분한다.

[0064] 상기 추출된 이차미분파의 특징점을 이용하여 혈관경화도를 평가하기 위한 특징 파라미터들을 정의하면 다음과 같다(도 6b):

표 2

[0065]

특징 파라미터	정의	특징 파라미터	정의
혈관나이지수1	(b-c-d-e)/a	혈관나이지수2	(b-c-d)/a
혈관나이지수3	(b-c)/a	초기음성파/초기양성파	b/a
후기재하강파/초기양성파	c/a	후기재상승파/초기양성파	d/a

[0066] 상기 표 1 및 표 2에서 정의한 특징 파라미터들을 이용하여 혈관경화도를 평가할 수 있다. 특히, 표 1의 반사파도달시간, 승각시간, 구출시간, 최정점-기저점 시간 간격, 및 최정점-절흔 시간 간격은 맥박수의 영향을 받으므로 이를 보정해 주는 후처리가 필요하다.

수학식 3

[0067] $$Bazett's\ formula: QT_c = QT(HR/60)^{1/2} = QT(HR)^{-1/2}$$

수학식 4

[0068] $$Fridericia's\ formula: QT_c = QT(HR)^{1/3} = QT(RR)^{-1/3}$$

[0069] 수학식 3, 수학식 4, 및 선형회귀방정식을 이용하여 상기 특징 파라미터에 포함되어 있는 맥박수의 영향을 보정한다. 특히, 선형회귀방정식을 이용한 방법은 맥박수와 특징 파라미터 간의 상관관계를 분석하여 선형회귀방정식을 산출하고, 이를 이용하여 맥박수의 영향을 보정하는 것으로서, 상대적으로 높은 성능을 나타낸다.

[0070] 도 1에 도시된 선형회귀방정식을 이용한 혈관경화도 추정 및 평가 단계(S130)는 추출된 특징 파라미터들과 사용자 정보를 이용하여 혈관경화도를 평가하는 단계를 나타낸다. 우선, 특징 파라미터, 사용자 정보, 및 혈관경화도 측정결과를 이용하여 다중선형회귀분석을 실시한다. 혈관경화도 측정결과와 상관관계가 가장 큰 특징 파라미터 및 사용자 정보를 이용하여 혈관경화도 예측을 위한 선형회귀방정식을 산출한다.

수학식 5

[0071] $$Y = \alpha \times A + \beta \text{ 또는}$$
$$Y = \alpha \times A + \beta \times B + \gamma \text{ 또는}$$
$$Y = \alpha \times A + \beta \times B + \gamma \times C + \delta$$

[0072] 수학식 5에는 Y는 혈관경화도 평가 결과를 나타내며, A, B, C는 혈관경화도 평가를 위하여 사용한 특징파라미터 및 사용자 정보를 이용하여 혈관경화도를 평가하기 위한 선형회귀방정식의 일반적인 형태를 나타낸다. 수학식 5에서 Y는 혈관경화도 평가 결과를 나타내며, A, B, C는 혈관경화도 평가를 위하여 사용한 특징 파라미터 및 사용자 정보를 나타낸다. 또한, α, β, ɣ, δ는 선형회귀방정식의 계수를 나타낸다. 혈관경화도 평가를 위한 수학식 5의 선형회귀방정식은 성별 및 연령에 따라 계수가 달라지며, 사용되는 특징 파라미터 및 사용자 정보 또한 달라진다.

[0073] 도 8a는 본 발명에 의한 광용적맥파의 특징점 및 특징 파라미터 추출 결과의 일 실시예를 나타내며, 도 8b는 광용적맥파를 이용한 혈관경화도 평가 결과의 일 실시예를 나타낸다.

[0074] 우선, 사용자의 성별, 연령, 신장, 및 체중을 입력하고, 사용자의 손가락 끝에서 광용적맥파를 측정한다. 측정된 광용적맥파와 이차미분파로부터 특징점 및 특징 파라미터를 추출하고 그 결과를 사용자에게 보여준다(도 8a). 도 1에 도시된 맥파 특징점 추출 단계(S120)에서 구분한 맥파형(S240, S270)의 개수를 출력하고, 가장 많이 추출된 맥파형을 사용자 대표파형으로서 보여준다. 입력된 사용자 정보와 추출된 특징 파라미터를 이용하여 혈관경화도를 평가하고 성별 및 연령에 따른 표준치와 비교하여 사용자에게 피드백한다(도 8b).

[0075] 상기한 방법에 따른 본 발명의 광용적맥파 기반의 혈관경화도 평가 방법은 평가자의 전문적 지식을 요하는 기존의 방법들과 달리 상대적으로 사용 및 측정이 용이하고, 시간과 장소의 구애가 없어 u-헬스케어 및 재택건강관리 산업에 응용될 수 있으며, 심혈관질환의 지속적인 관리가 필요한 환자나 노인들의 건강을 증진시키는데 적용할 수 있다.

[0076] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만, 당업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 이하의 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역을 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0077] S100 : 사용자의 정보 입력

S110 : 광용적맥파 신호의 측정

S120 : 맥파 특징점 추출

S130 : 선형회귀방정식을 이용한 혈관경화도 추정 및 평가

S140 : 혈관경화도 평가

S210 : 선형 피팅 알고리즘 및 저역통과필터를 이용한 이차미분파 추출

S220 : 유효 신호 구간 추출

S230 : 광용적맥파의 분절화

S240 : 광용적맥파의 맥파형 분류

S250 : 이차미분파의 특징점 추출

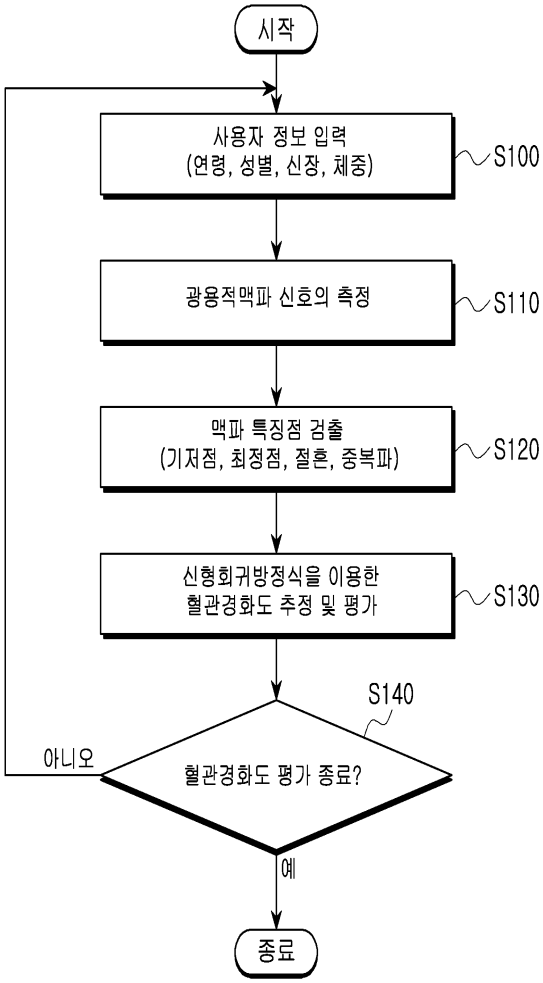
S260 : 광용적맥파의 특징점 추출

S270 : 이차미분파의 맥파형 분류

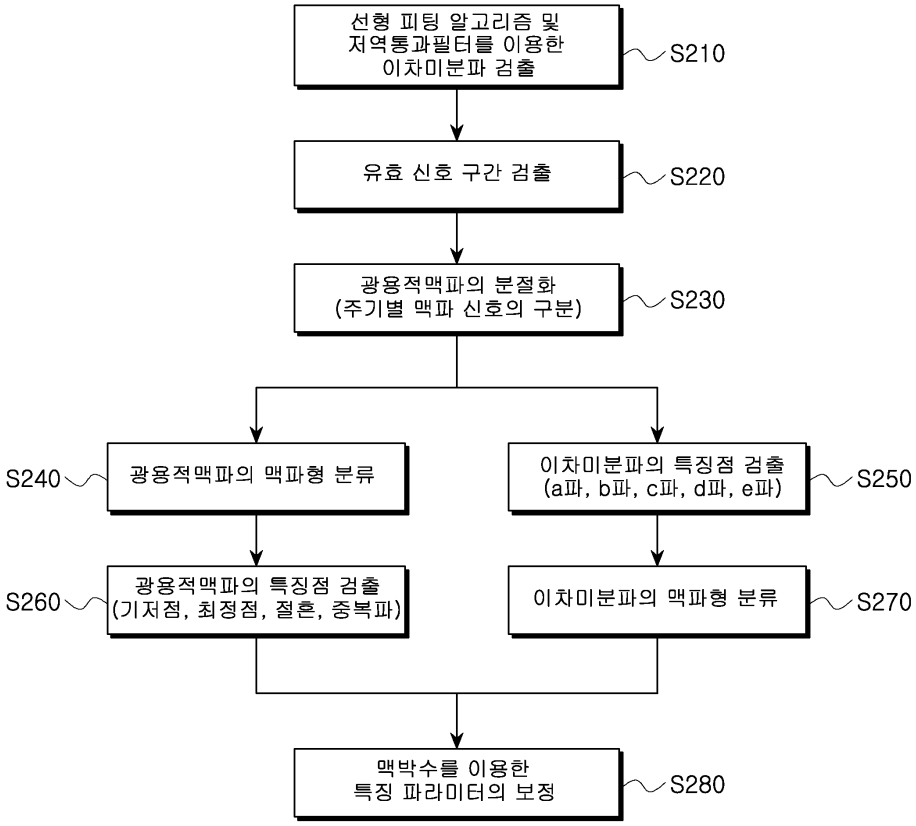
S280 : 맥박수를 이용한 특징 파라미터의 보정

도면

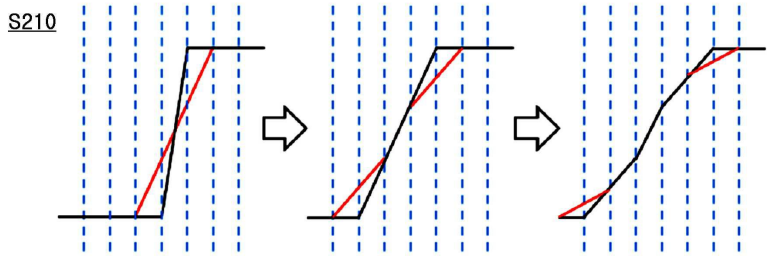
도면1



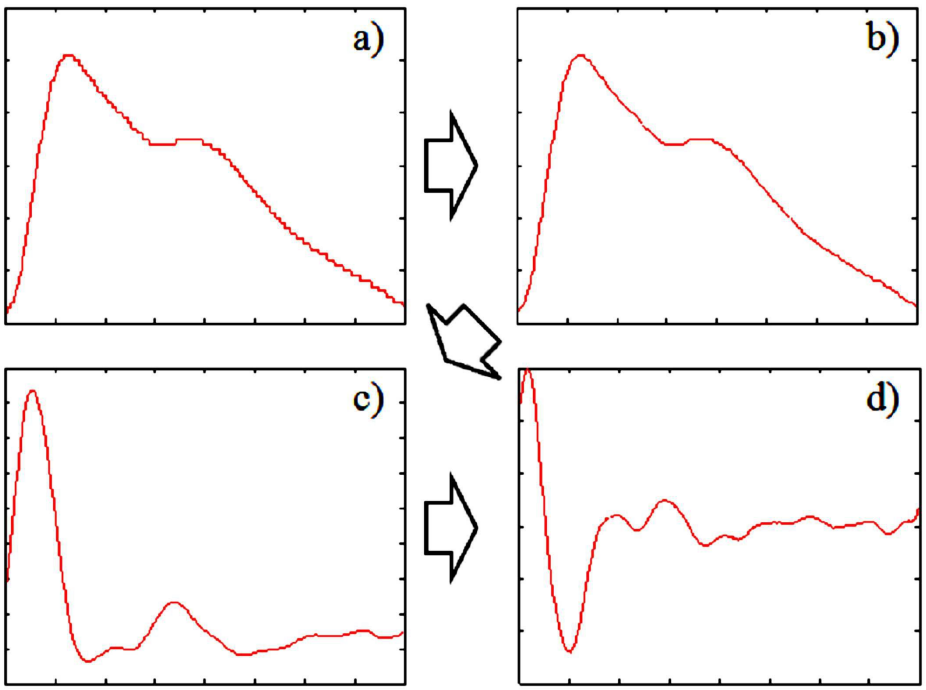
도면2


선형 피팅 알고리즘 및
저역통과필터를 이용한
이차미분파 검출
S210
유효 신호 구간 검출
S220
광용적맥파의 분절화
(주기별 맥파 신호의 구분)
S230
S240
광용적맥파의 맥파형 분류
이차미분파의 특징점 검출
(a파, b파, c파, d파, e파)
S250
S260
광용적맥파의 특징점 검출
(기저점, 최정점, 절흔, 중복파)
이차미분파의 맥파형 분류
S270
맥박수를 이용한
특징 파라미터의 보정
S280

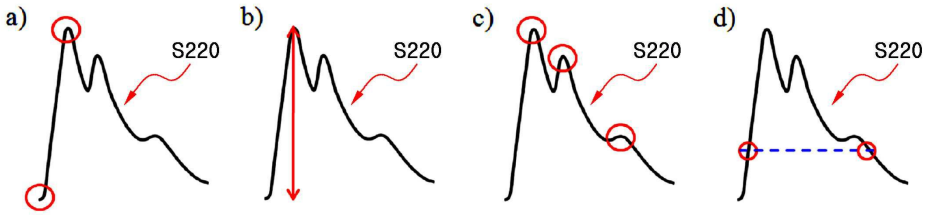
도면3a


S210

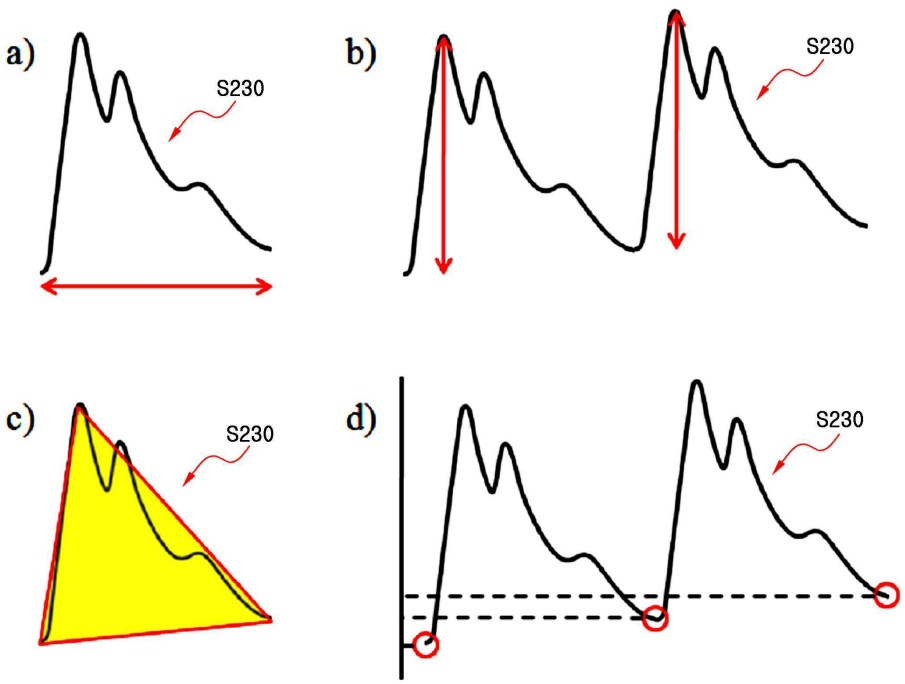
도면3b



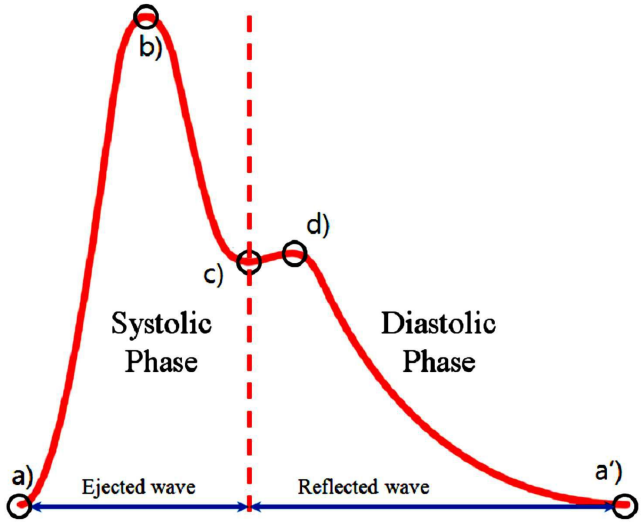
도면4



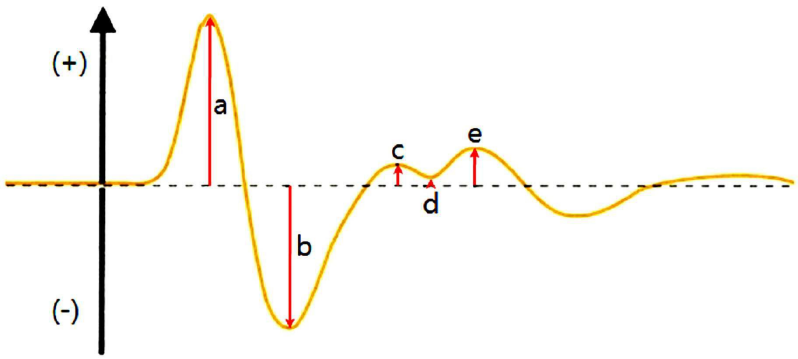
도면5



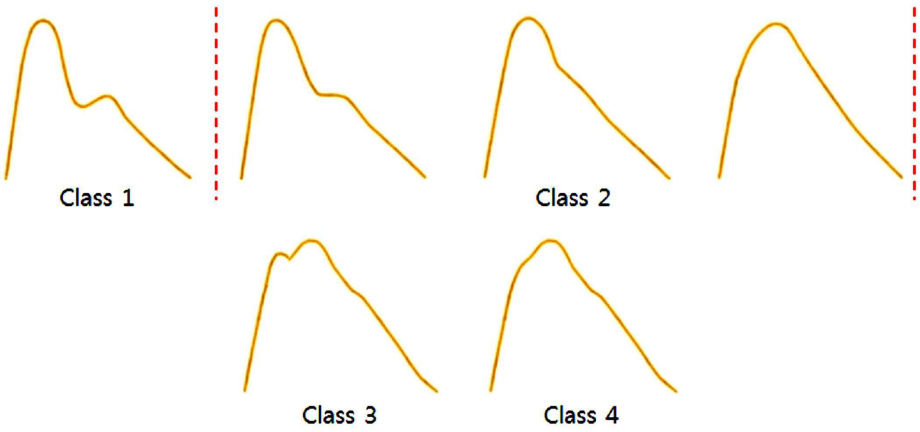
도면6a



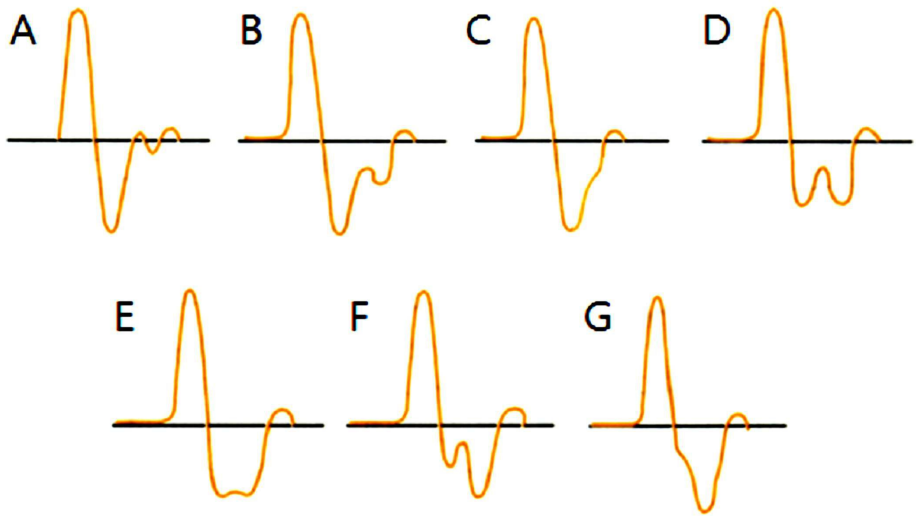
도면6b



도면7a



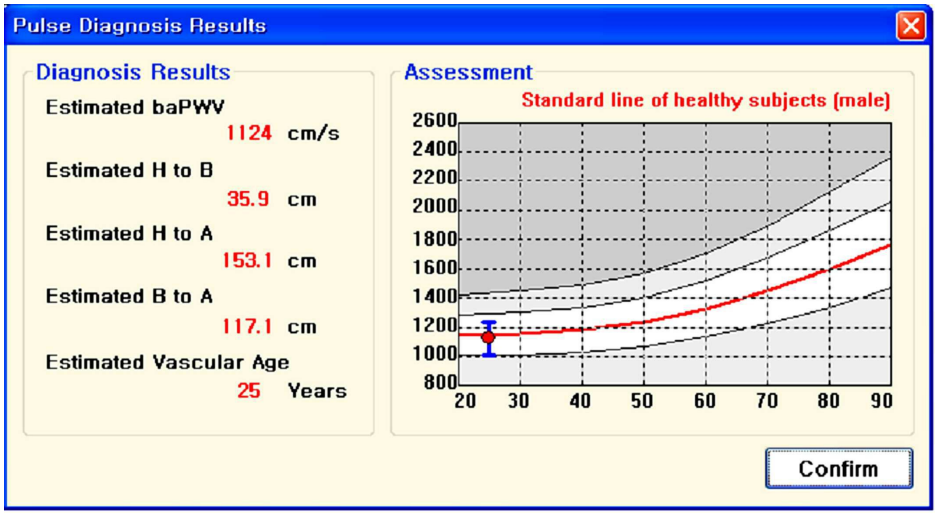
도면7b


A
B
C
D
E
F
G

도면8a


Pulse Wave Analyzer Ver. 1.00
PTG Analysis Results
Arterial Stiffness
Augmentation index 0.355
Stiffness index 0.728
Reflection index 0.645
Incisura index 0.378
Reflected wave arrival time 237
Cardiac Contractile Force
Upstroke Time 131
LVET 312
SEVR 1.291
Other Results
Pulse Rate 78
Pulse Width (2/3) 486
Pulse Length 767
Typical PTG signal
Class(type)
Class 1: 74
Class 2: 3
Class 3: 0
No Class: 0
SDPTG Analysis Results
Vascular age
Vascular aging index(1) -1.086
Vascular aging index(2) -0.882
Vascular aging index(3) -0.913
b/a ratio -0.805
c/a ratio 0.108
d/a ratio -0.031
e/a ratio 0.204
Typical SDPTG signal
Class(type)
Class A: 77
Class B: 0
Class C: 0
Class D: 0
Class E: 0
Class F: 0
Class G: 0
No class: 0
All Responses
<<Pulse Analysis Results>>
Success:
PTG Analysis
Success:
SDPTG Analysis
<<
710000.txt
>>
Subject
Load
Analyze
Diagnosis
Exit

도면8b


Pulse Diagnosis Results
Diagnosis Results
Estimated baPWV
1124 cm/s
Estimated H to B
35.9 cm
Estimated H to A
153.1 cm
Estimated B to A
117.1 cm
Estimated Vascular Age
25 Years
Assessment
Standard line of healthy subjects (male)
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
20 30 40 50 60 70 80 90
Confirm