



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년09월09일  
(11) 등록번호 10-1306553  
(24) 등록일자 2013년09월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0011022

(22) 출원일자 2012년02월03일

심사청구일자 2012년02월03일

(65) 공개번호 10-2013-0095862

(43) 공개일자 2013년08월29일

(56) 선행기술조사문헌

JP2001112755 A

JP2003220045 A

JP2008168055 A

JP2006288504 A

전체 청구항 수 : 총 12 항

(73) 특허권자

강원대학교산학협력단

강원도 춘천시 강원대학길 1 (효자동)

(72) 발명자

최성욱

강원도 춘천시 석사동 현진에버빌 110동 1303호

강성민

강원도 홍천군 남면 유치2리 83번지

(74) 대리인

특허법인태동

심사관 : 나선희

(54) 발명의 명칭 혈압으로부터 심박출량을 측정하는 방법

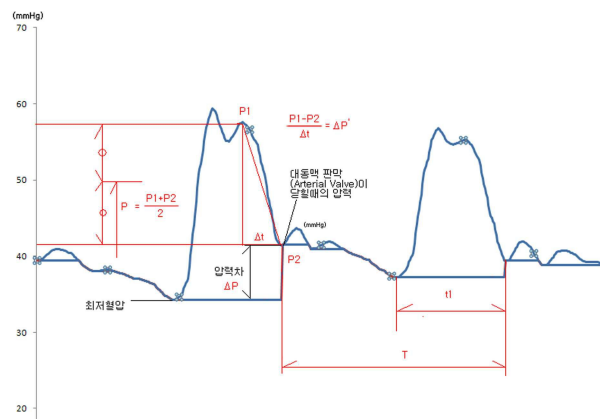
(57) 요약

본 발명은 혈압 데이터로부터 심장 박출량을 측정하는 방법에 관한 것으로 다음과 같은 효과가 있다.

첫째, 대동맥 혈압으로부터 심박출량을 측정하는 방법은 종래기술보다 측정이 용이해지는 효과가 있다.

둘째, 본 발명의 혈압데이터로부터 시작하여 체순환혈관저항과 동맥혈관의 용량성이 만들어내는 시정수를 이용한 심박출량 측정 방법은 이미 부정확성이 밝혀진 종래의 혈압파형으로부터 심박출량을 추정하는 방식(Pulse contour cardiac output, PCCO)을 대체할 수 있는 방법으로 판단되어지며 보정이 용이하다는 효과가 있다. 이를 위해 특히 청구항 1의 방법으로 심박출량이 측정된다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 신규02

부처명 교육과학기술부

연구사업명 광역경제권 선도산업 인재양성사업 강원의료융합인재양성센터

연구과제명 혈압기반 심박출량 추정기법 개발

주관기관 강원대학교 산학협력단

연구기간 2011.07.01 ~ 2012.01.31

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

혈압측정법에 의해 얻어진 동맥압의 파형으로부터 심박출량 측정에 필요한 데이터를 얻는 단계;  
 상기 데이터로부터 시정수를 산출하는 단계;  
 상기 산출된 시정수로부터 혈액의 유량변화( $\Delta F$ )를 산출하는 단계;  
 상기 혈액의 유량변화( $\Delta F$ ), 대동맥판막이 열린구간동안의 시간( $t_1$ ) 및 동맥압의 감쇄파형의 형태에 따른 보상 값 상수  $k$ 의 곱으로 심장의 1회 박출량(Stroke Volume, SV)을 산출하는 단계; 및  
 상기 심장의 1회 박출량(SV)과 분당심장박동수의 곱셈으로 심박출량(심장에서 1분간 박출되는 혈액의 양)을 연산하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 심박출량 측정 방법.

### 청구항 2

제 1항에 있어서,  
 상기 데이터를 얻는 단계에서,  
 상기 동맥압의 파형을 시간으로 미분하여 압력의 변화량( $dP/dt$ )을 산출하는 압력의 변화량 연산단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 심박출량 측정 방법.

### 청구항 3

제 2항에 있어서,  
 상기 압력변화량( $dP/dt$ ) 연산단계에서,  
 상기 압력의 변화량( $dP/dt$ )으로부터 대동맥 판막(Arterial valve)이 닫히는 시점을 검출하는 단계를 특징으로 하는 심박출량 측정 방법.

### 청구항 4

제 1항에 있어서,  
 상기 데이터를 얻는 단계에서,  
 상기 동맥압의 파형에서 대동맥 판막이 닫히는 시점을 기준으로 하여 최저압력을 검출하는 단계;  
 상기 동맥압의 파형으로부터, 대동맥 판막이 닫힐 때의 압력( $P_2$ )과 최저혈압의 차이로 정의되는  $\Delta P$ 를 검출하는 단계;  
 상기 동맥압의 파형으로부터, 혈액의 유속이 최대일 때의 압력( $P_1$ )과 대동맥 판막이 닫힐 때의 압력( $P_2$ )의 차이를 시간( $\Delta t$ )로 나누는 것으로 정의되는  $\Delta P'$ 를 검출하는 단계;  
 상기 동맥압의 파형으로부터, 혈액의 유속이 최대일 때의 압력( $P_1$ )과 대동맥 판막이 닫힐 때의 압력( $P_2$ )의 중간 값( $P$ )을 검출하는 단계;  
 상기 동맥압의 파형으로부터, 대동맥 판막이 닫히는 시점을 기준으로 심장의 1회 박출주기( $T$ )를 검출하는 단계;  
 상기 동맥압의 파형으로부터, 대동맥 판막이 열린구간동안의 시간( $t_1$ )을 검출하는 단계; 를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 심박출량 측정 방법.

## 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 시정수를 산출하는 단계에서,

상기 시정수는 순간혈류속도변화에 의한 성분이 포함되어 있는 시정수1( $\tau'$ ) 및 순간혈류속도변화에 의한 성분이 포함되어 있지 않은 시정수2( $\tau$ )인 것을 특징으로 하는 심박출량 측정 방법.

## 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 시정수1( $\tau'$ )은 아래 [수학식1]에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 심박출량 측정 방법.

[수학식1]

$$\tau' = C' * SVR' = P / -(dP/dt) = P / -\Delta P'$$

[(dP/dt)= $\Delta P'$ ]

[C' : 동맥혈관의 용량성(Compliance), SVR' : 체순환혈관저항(Systemic Vascular Resistance, 여기서 시정수1( $\tau'$ )의 단위: sec, C'의 단위: ml/mmHg, SVR'의 단위: mmHg\*sec/ml, P의 단위: mmHg,  $\Delta P'$ 의 단위: mmHg/sec 이다.]

## 청구항 7

제5항에 있어서,

상기 시정수2( $\tau$ )는 아래 [수학식2]에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 심박출량 측정 방법.

[수학식2]

$$\tau = C * SVR = \frac{\int_0^T P dt - \int_0^t P dt}{\Delta P}$$

[C: 동맥혈관의 용량성(Compliance), SVR: 체순환혈관저항(Systemic Vascular Resistance, 여기서 시정수2( $\tau$ )의 단위: sec, C의 단위: ml/mmHg, SVR의 단위: mmHg\*sec/ml이다.]

## 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 혈액의 유량변화( $\Delta F$ )는 아래 [수학식3]에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 심박출량 측정 방법.

[수학식3]

$$\Delta F = \frac{P \Delta t}{L} \left( \frac{1}{\tau'} - \frac{1}{\tau} \right)$$

[L: 대동맥 판막이 닫히고 난 후 이동하는 혈액의 관성계수,  $\tau'$ 는 시정수1,  $\tau$ 는 시정수2,  $\Delta t$ 는 시간, 여기서  $\Delta F$ 의 단위: ml/sec, L의 단위: mmHg\*sec/ml이다.]

**청구항 9**

제 8항에 있어서,

상기 대동맥 판막이 닫히고 난 후 이동하는 혈액의 관성계수(L)는 환자의 나이나 신체의 크기에 따라 통계적으로 결정하는 방법에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 심박출량 측정방법.

**청구항 10**

제 8항에 있어서,

상기 대동맥 판막이 닫히고 난 후 이동하는 혈액의 관성계수(L)는,

초음파 영상을 통해서 측정된 대동맥의 크기를 용적에 따라 결정하는 것을 특징으로 하는 심박출량 측정방법.

**청구항 11**

제 1항에 있어서,

상기 심장의 1회 박출량(SV)은 아래 [수학식4]에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 심박출량 측정 방법.

[수학식4]

$$SV = \Delta F * t1 * k$$

(SV: 심장의 1회 박출량,  $\Delta F$ : 혈액의 유량변화, k: 동맥압의 파형에 따른 보상값 상수)

**청구항 12**

제 8항에 있어서,

대동맥 판막이 닫히고 난 후 이동하는 혈액의 관성계수(L)값을 보정하기 위하여, 열회석법으로 측정된 심박출량(CO) 값과 동맥압의 파형으로부터 얻어진 심박출량값이 같아지도록 혈액의 관성계수(L)값을 보정하는 단계; 를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 심박출량 측정 방법.

**명세서****기술분야**

[0001] 본 발명은 혈압 데이터로부터 심장 박출량을 측정하는 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 침습적 혈압 측정법(IBP)을 이용하여 얻어진 동맥압의 감쇄파형으로부터 심장의 질환과 기능의 정상여부를 판단하기 위한 심박출량을 측정하는 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 심박출량은 심장의 질환과 기능의 정상여부를 판단하기 위하여 반드시 측정해야하는 자료이다. 그러나 현재의 열 회석법 또는 지시약 회석법은 심박출량을 측정하기 위하여 카테터 등을 이용하여 경동맥과 우심방, 우심실로 삽관하거나 폐정맥 등을 통하여 좌심실에 삽관하는 등 측정이 용이하지 않고 연속적인 심박출량을 제공하지 않는다.

[0003] 열 회석법으로 연속적인 심박출량을 측정하기 위해서 혈액에 연결된 열선을 사용하여 지속적인 열에너지가 가해지고 온도의 변화를 측정하는 방법이 개발된바 있으나 환자의 체온을 비정상적으로 상승시키는 등의 부작용이 나타나므로 보다 용이한 심박출량 측정방법이 개발될 필요가 있다.

[0004] 초음파센서를 이용한 혈류측정장치는 직접 혈관에 부착해야 하며 수술을 통해 센서를 부착하므로 환자의 심박출

량을 측정하는데 자주 활용되기 어렵고, 또한 초음파 영상장치는 전문가에 의해 일시적인 심박출량을 측정하는 것이 가능하나 장시간 연속적으로 환자의 질환을 측정하기 어렵다.

[0005] 혈압으로부터 심박출량을 유추하는 종래의 혈압 파형으로부터 심박출량을 추정하는 방식(Pulse contour cardiac output, PCCO)은 심장이 박출하는 기간동안 혈압의 파형을 구하고 혈압의 최소값과 혈압사이의 면적이 심장의 박출량과 비례한다는 가정에서 작성된 심박출량 계산방법이다. 이 방법은 매순간 변하는 체순환혈관저항(SVR)과 동맥혈관의 용량성(Compliance)을 통계적인 상수로 결정하였으며 열회석법을 통해 혈류 속도를 구하더라도 체순환혈관저항과 동맥혈관의 용량성의 두 파라미터를 동시에 보정하는 것이 불가능하다. 또한 체순환혈관저항과 동맥혈관의 용량성이 같이 증가하거나 같이 감소할 때, 심박출량의 증가와 감소를 명확히 구분하기 어려운 단점을 가졌다. PCCO방식의 부정확성에 대한 근거는 이미 [N.W.F.Linton and R.A.F.Linton, "Estimation of changes in cardiac output from the arterial blood pressure waveform in the upper limb", British Journal of Anaesthesia, Vol86, No.4, pp486-96, 2001.]에 해당하는 논문에서 밝혀져 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 침습적 혈압측정(IBP) 방법으로 얻어진 혈압 데이터로부터 심박출량을 측정하기 위한 새로운 기법을 제공하는데 그 목적이 있다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 이러한 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 혈압측정법에 의해 얻어진 동맥압의 파형으로부터 심박출량 측정에 필요한 데이터를 얻는 단계;

[0008] 데이터로부터 시정수를 산출하는 단계; 산출된 시정수로부터 통해 혈액의 유량변화( $\Delta F$ )를 산출하는 단계; 혈액의 유량변화( $\Delta F$ ), 대동맥판막이 열린구간동안의 시간( $t_1$ ) 및 동맥압의 감쇄파형의 형태에 따른 보상값 상수  $k$ 의 곱으로 심장의 1회 박출량(Stroke Volume, SV)을 산출하는 단계; 및 심장의 1회 박출량(SV)과 분당심장박동수의 곱셈으로 심박출량(심장에서 1분간 박출되는 혈액의 양)을 연산하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 데이터를 얻는 단계에서, 동맥압의 파형을 시간으로 미분하여 압력의 변화량( $dP/dt$ )을 산출하는 압력의 변화량 연산단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 압력변화량( $dP/dt$ ) 연산단계에서, 압력의 변화량( $dP/dt$ )으로부터 대동맥 판막(Arterial valve)이 닫히는 시점을 검출하는 단계를 특징으로 한다.

[0011] 데이터를 얻는 단계에서, 상기 동맥압의 파형에서 대동맥 판막이 닫히는 시점을 기준으로 하여 최저압력을 검출하는 단계; 동맥압의 파형으로부터, 대동맥 판막이 닫힐 때의 압력( $P_2$ )과 최저혈압의 차이로 정의되는  $\Delta P$ 를 검출하는 단계; 동맥압의 파형으로부터, 혈액의 유속이 최대일 때의 압력( $P_1$ )과 대동맥 판막이 닫힐 때의 압력( $P_2$ )의 차이를 시간( $\Delta t$ )로 나누는 것으로 정의되는  $\Delta P'$ 를 검출하는 단계; 동맥압의 파형으로부터, 혈액의 유속이 최대일 때의 압력( $P_1$ )과 대동맥 판막이 닫힐 때의 압력( $P_2$ )의 중간값( $P$ )을 검출하는 단계; 동맥압의 파형으로부터, 대동맥 판막이 닫히는 시점을 기준으로 심장의 1회 박출주기( $T$ )를 검출하는 단계; 동맥압의 파형으로부터, 대동맥 판막이 열린구간동안의 시간( $t_1$ )을 검출하는 단계; 를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 시정수를 산출하는 단계에서, 시정수는 순간혈류속도변화에 의한 성분이 포함되어 있는 시정수1( $\tau'$ ) 및 순간혈류속도변화에 의한 성분이 포함되어 있지 않은 시정수2( $\tau$ )인 것을 특징으로 한다.

[0013] 시정수1( $\tau'$ )은 아래 [수학식1]에 의해 산출되는 것을 특징으로 한다.

[0014] [수학식1]

$$\tau' = C' * SVR' = P / -(dP/dt) = P / -\Delta P'$$

$$[(dP/dt) = \Delta P']$$

[0017] ( $C'$  : 동맥혈관의 용량성(Compliance),  $SVR'$  : 체순환혈관저항(Systemic Vascular Resistance, 여기서 시정수  $1(\tau')$ 의 단위: sec,  $C'$ 의 단위: ml/mmHg,  $SVR'$ 의 단위: mmHg\*sec/ml,  $P$ 의 단위: mmHg,  $\Delta P'$ 의 단위: mmHg/sec 이다.)

[0018] 시정수2( $\tau$ )는 아래 [수학식2]에 의해 산출되는 것을 특징으로 한다.

[0019] [수학식2]

$$\tau = C * SVR = \frac{\int_0^T P dt - \int_0^t P dt}{\Delta P}$$

[0020]  $\tau = C * SVR =$

[0021] [ $C$ : 동맥혈관의 용량성(Compliance),  $SVR$ : 체순환혈관저항(Systemic Vascular Resistance, 여기서 시정수2( $\tau$ )의 단위: sec,  $C$ 의 단위: ml/mmHg,  $SVR$ 의 단위: mmHg\*sec/ml이다.]

[0022] 혈액의 유량변화( $\Delta F$ )는 아래 [수학식3]에 의해 산출되는 것을 특징으로 한다.

[0023] [수학식3]

$$\Delta F = \frac{P \Delta t}{L} \left( \frac{1}{\tau'} - \frac{1}{\tau} \right)$$

[0024]

[0025] [ $L$ : 대동맥 판막이 닫히고 난 후 이동하는 혈액의 관성계수, 여기서  $\Delta F$ 의 단위: ml/sec,  $L$ 의 단위: mmHg\*sec/ml이다.]

[0026] 대동맥 판막이 닫히고 난 후 이동하는 혈액의 관성계수( $L$ )는 환자의 나이와 신체의 크기에 따라 통계적으로 결정하는 방법에 의해 산출되는 것을 특징으로 한다.

[0027] 대동맥 판막이 닫히고 난 후 이동하는 혈액의 관성계수( $L$ )는 초음파 영상을 통해서 측정된 대동맥의 크기를 용적에 따라 결정하는 것을 특징으로 한다.

[0028] 심장의 1회 박출량(SV)은 아래 [수학식4]에 의해 산출되는 것을 특징으로 한다.

[0029] [수학식4]

[0030]  $SV = \Delta F * t1 * k$

[0031] ( $SV$ : 심장의 1회 박출량,  $\Delta F$ : 혈액의 유량변화,  $k$ : 동맥압의 파형에 따른 보상값 상수)

[0032] 대동맥 판막이 닫히고 난 후 이동하는 혈액의 관성계수( $L$ )값을 보정하기 위하여, 열회석법으로 측정된 심박출량(CO) 값과 동맥압의 파형으로부터 얻어진 심박출량값이 같아지도록 혈액의 관성계수( $L$ )값을 보정하는 단계; 를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

## 발명의 효과

[0033] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명에 의하면 다음과 같은 효과가 있다.

[0034] 첫째, 대동맥 혈압으로부터 심박출량을 측정하는 방법은 종래기술보다 측정이 용이해지는 효과가 있다.

[0035] 둘째, 본 발명의 혈압데이터로부터 시작하여 체순환혈관저항( $SVR$ )과 동맥관의 용량성( $C$ )이 만들어내는 시정수를 이용한 심박출량 측정 방법은 이미 부정확성이 밝혀진 종래의 혈압파형으로부터 심박출량을 추정하는 방식(Pulse contour cardiac output, PCCO)을 대체할 수 있는 방법으로 판단되어지며 보정이 용이하다는 효과가 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0036] 도1은 도2의 일부분을 확대한 동맥압의 파형으로 각 지점 및 구간이 의미하는 명칭을 나타낸 그래프,

- 도2는 혈압으로부터 동맥압의 파형으로 변환한 그래프,  
 도3은 동맥압의 파형을 시간으로 미분한  $dP/dt$  선도에 대동맥 판막이 닫히는 지점을 화살표로 표시한 그래프,  
 도4는 동맥압의 파형에서 최저 압력 지점을 화살표로 표시한 그래프,  
 도5는 유속이 최대일 때의 압력(P1)과 대동맥 판막이 닫힐 때의 압력(P2)을 측정한 그래프,  
 도6은 대동맥 판막이 닫히는 시점을 기준으로 한 T(파랑색)와 t1(빨강색)의 주기를 나타낸 그래프,  
 도7은 T 동안의 혈압파형의 적분(파랑색)과, t1 동안의 혈압파형의 적분(빨강색)을 나타낸 그래프,  
 도8은 시정수1( $\tau'$ )(빨강색)과 시정수2( $\tau$ )(파랑색)를 비교한 그래프,  
 도9는 혈액의 유량변화( $\Delta F$ )(파랑색)와 심박출량(CO)(빨강색)을 비교한 그래프,  
 도10은 동물실험을 통해 혈압과 혈류의 상관관계를 비교한 그래프,  
 도11은 본 발명의 혈압데이터로부터 심박출량을 측정하는 방법을 도시한 흐름도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0037] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 도면들 중 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 참조번호들 및 부호들로 나타내고 있음에 유의해야 한다. 또한, 하기에서 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0038] 1. 혈압측정으로 동맥압의 파형을 얻는 단계 <S201>
- [0039] 본 단계에서는 혈압측정법 중 침습적 혈압측정법(IBP측정법)을 이용하여 얻어진 동맥압의 파형[도 2]을 얻는다.
- [0040] 혈압측정방법에 대해 보충하여 설명하자면, 혈압측정방법은 대표적으로 ANIBP(Automatic Noninvasive Blood Pressure : 비침습적 자동혈압측정), IBP(Invasive Blood Pressure : 침습적 혈압측정), MNIBP(Manual Noninvasive Blood Pressure : 전통적 혈압측정)의 세 가지로 구분할 수 있다.
- [0041] 혈압은 혈액의 위치에너지와 압력에너지 및 운동에너지의 합을 통해 구한다. 혈압을 측정할 때 위치에너지는 그리 고려되지 않는데, 반듯한 자세의 경우 좌·우 압력 차이가 적기 때문이다.
- [0042] 따라서 혈압은 일반적으로 혈액의 압력과 운동에너지의 합이라고 볼 수 있다. 비침습적 자동혈압측정(ANIBP)과 전통적 혈압측정(MNIBP) 계열의 비침습적인 측정에서는 커프(Cuff : 팔뚝을 감는 공기주머니)가 혈관 밖을 감싸기 때문에 혈액의 압력만을 측정한다.
- [0043] 반면 IBP 계열의 침습적인 측정은 가는 관을 혈관안에 꽂기 때문에 운동에너지까지 측정할 수 있다. IBP는 관으로 들어오는 혈액의 압력을 전기 신호로 바꿔 측정한다. 이와 같이 침습적 혈압측정법(IBP)이 세 가지 혈압측정 방법 중 가장 정확한 혈압데이터를 제공하기 때문에 본 발명은 침습적 혈압측정법에 기초한 혈압데이터를 이용한다.
- [0044] 2. 심박출량을 측정하는데 필요한 데이터를 얻는 단계 <S202>
- [0045] 본 단계에서는 IBP혈압측정법에 의해 얻어진 동맥압의 파형[도 2]로부터 심박출량 측정에 필요한 데이터를 얻는 방법을 정의한다. 동맥압의 파형[도 2]를 확대하여 나타낸 [도 1]에 데이터들이 정의되어있다. 모든 도면의 그래프들은 마이크로소프트사의 엑셀(Excel)프로그램을 이용하여 검출한 것이다.
- [0046] 각 항들을 검출하는 방법으로는 먼저 동맥압의 파형[도 2]을 시간으로 미분하여 압력의 변화량( $dP/dt$ )를 측정한 [도 3]에 표시된 바와 같이 아래로 뾰족하게 튀어나온 부분(화살표가 가리키는 지점)을 대동맥 판막이 닫히는 시점으로 검출한다.
- [0047] 다음으로 검출된 대동맥 판막이 닫히는 시점을 기준으로 하여 동맥압의 파형[도 2]에서 [도 4]에 화살표로 표시한 최저압력지점을 검출한다.



[0048] 다음으로 동맥압의 파형[도2]에서 [도 5]에 표시된 바와 같이 혈액의 유속이 최대일 때의 압력(P1)과 대동맥 관막이 닫힐 때의 압력(P2)를 검출한다.

[0049] 다음으로 동맥압의 파형[도2]에서 대동맥 관막이 닫히는 시점을 기준으로 심장의 1회 박출주기(T)와 대동맥관막이 열린구간동안의 시간(t1)을 [도 6]과 같이 검출한다.

[0050] 상기 도면을 참고로 하여 검출된 각 지점들의 시간과 압력 값들은 아래의 혈압데이터로부터 심박출량을 측정하는 방법의 다음 단계에 적용된다.

### [0051] 3. 시정수 산출단계 <S203>

[0052] 본 단계에서는 순간혈류속도변화에 의한 성분이 포함되어 있는 시정수1( $\tau'$ ) 및 순간혈류속도변화에 의한 성분이 포함되어 있지 않은 시정수2( $\tau$ )인 것을 특징으로 하는 시정수를 산출하는 단계이다.

[0053] 먼저 순간혈류속도변화 성분이 포함되는 시정수1( $\tau'$ )을 구하자면, 동맥압의 파형으로부터 검출된 혈액의 유속이 최대일 때의 압력(P1)과 대동맥 관막이 닫힐 때의 압력(P2)차이를 시간( $\Delta t$ )로 나누어  $\Delta P'$ 를 산출한 값과 유속이 최대일 때의 압력(P1)과 대동맥 관막이 닫힐 때의 압력(P2)의 중간값((P1+P2)/2)을 시정수1( $\tau'$ )의 식에 대입하여 구한다. 시정수1( $\tau'$ )은  $F = -C \cdot dP/dt$ (순간혈류속도변화 성분이 포함된 혈류속도)와  $F = P/SVR$ (Ohm's law응용)의 결합으로 나타나는 식  $F = -C \cdot dP/dt = P/SVR$ 을 '시정수'의 정의에 맞게 변형하여 얻은 식

[0054] [수학식1]

$$[0055] \tau' = C' \cdot SVR' = P / -(dP/dt) = P / -\Delta P'$$

[0056] [ $dP/dt = \Delta P'$ 로 정의]

[0057] 을 시정수1( $\tau'$ )로 정의하고, 시정수1( $\tau'$ )의 C를  $C'$ , SVR을  $SVR'$ 로 표기하기로 한다. (시정수의 정의는 동맥혈관의 용량성(C)과 체순환혈관저항(SVR)의 곱으로 한다.)

[0058] 다음으로 순간혈류속도변화 성분이 포함되어 있지 않은 시정수2( $\tau$ )를 구하는데, 혈액이 심실에서 대동맥으로 유입되었을 때 이로 인해 발생된 혈압의 증가분( $\Delta P$ 는 대동맥 관막이 닫힐 때의 압력과 최저혈압의 차이)과 실

시간 흘러나가는 유속( $\int_0^T P dt - \int_0^{t1} P dt$ )의 관계로부터 시정수2( $\tau$ )를 구한다. 시정수2( $\tau$ )는 심장의 1회 박출

$$[0059] \text{량} \quad SV = \int_0^T \frac{P}{SVR} dt = \Delta P C + \int_0^{t1} \frac{P}{SVR} dt$$

을 '시정수'의 정의에 맞게 변형하여 얻은 식

[0059] [수학식2]

$$\frac{\int_0^T P dt - \int_0^{t1} P dt}{\Delta P} = C \times SVR = \tau$$

[0060]

[0061] 로 정의된다.

### [0062] 4. 혈액의 유량변화( $\Delta F$ ) 산출단계 <S204>

[0063] 위에서 구한 시정수1( $\tau'$ )은 순간유속변화에 의한 성분이 포함되어 있어서 시정수2( $\tau$ )와 차이를 보이게 된다.

$$\tau = C \times SVR = \frac{P}{-\Delta P' - L \frac{dF}{dt}}$$

시정수2의 형태로 시정수1( $\tau'$ )의 식에서 대동맥관막이 닫히고 나서 이동하는 혈

$$L \frac{dF}{dt}$$

액의 관성에 의한 압력의 감소성분( )이 포함된 항이다. 여기서 관성계수(L)은 혈액의 관성 모멘텀에 관련된 계수로서 혈관의 내부 부피와 모양, 혈액의 성질에 관계가 있다. 혈액의 관성계수(L)값을 결정하는 방법으로는 혈관의 단면적, 길이, 형상 및 혈액의 점성에 관련된 지표로 초음파 영상의 자료와 혈액 검사 자료에서 얻어진 데이터로 관성계수(L)을 결정하는 방법과 환자의 연령별, 성별, 신체의 크기에 따른 통계적 데이터로 관성계수(L)를 결정하는 방법이 있다. 따라서, 시정수1( $\tau'$ )과 시정수2( $\tau$ )의 차이를 통해 혈액의 유량변화( $\Delta F$ )를

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{C \times SVR} = -\frac{\Delta P'}{P} - \frac{P}{L} \times \frac{dF}{dt} \quad \text{이고} \quad -\frac{\Delta P'}{P} \quad \text{는} \quad \frac{1}{\tau'} \quad \text{이므로, 정리하면}$$

알 수 있는데, 위 시정수2( $\tau$ )를 역수로 취하면

[0064] [수학식3]

$$\Delta F = \frac{P}{L} \Delta t \left( \frac{1}{\tau'} - \frac{1}{\tau} \right)$$

[0065]

[0066] 이 된다.

[0067] 5. 심장의 1회 박출량(SV) 산출단계 <S205>

[0068] 심장에서 박출되는 혈액의 유속이 0에서 최대값까지 변한다고 가정했을 때, 심장의 혈류는 0에서  $\Delta F$ 까지 변한다. 그러므로 심장의 1회 박출량(SV)은  $\Delta F$ , 동맥판막이 열린구간동안의 시간( $t_1$ ), 감쇄파형의 형태에 따른 보상값 상수 k의 곱이 된다.

[0069] [수학식4]

[0070]  $SV = \Delta F * t_1 * k$

[0071] (SV: 심장의 1회 박출량,  $\Delta F$ : 혈액의 유량변화, k: 동맥압의 파형에 따른 보상값 상수)

[0072] 6. 심박출량(CO) 산출단계 <S206>

[0073] 심박출량(CO)은 1분간 박출되는 혈액의 양으로서 1회 심박출량(SV)과 분당심박동수를 곱하면 된다.

[0074] 7. 보정 단계 <S207>

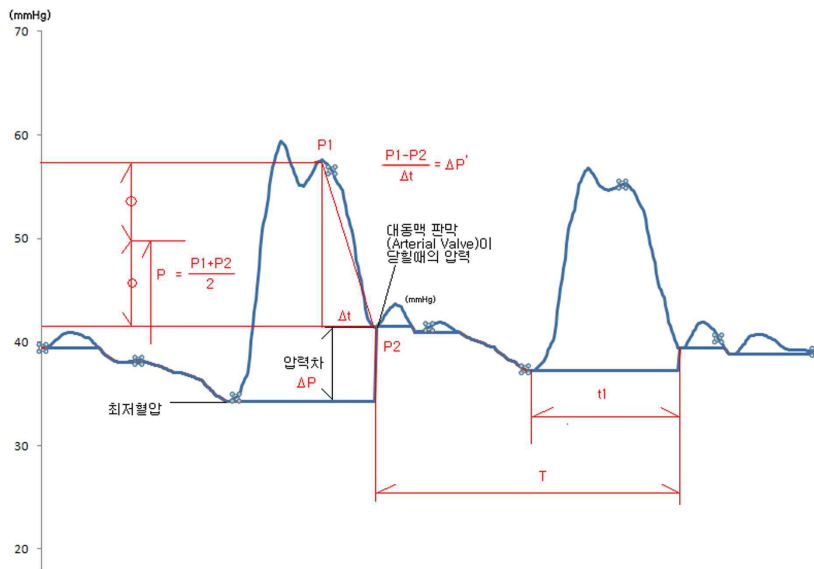
[0075] 마지막으로 본 발명의 정확도를 높이기 위하여 열회석법으로 측정된 심박출량(CO)값과 동맥압의 파형으로부터 얻어진 심박출량값이 같아지도록 혈액의 관성계수(L)값을 보정한다. 관성계수(L)의 보정과정은 생략이 가능하며, 초기에 측정한 심박출량의 보정을 위해 사용되고 모든 심박출량 측정에 적용되어야 하는 것은 아니다.

[0076] 또한, 혈액의 관성계수(L)은 혈관의 단면적, 길이, 형상 및 혈액의 점성에 관련된 지표로 초음파 영상의 자료와 혈액 검사 자료에서 얻어진 관성계수(L) 또는 환자의 연령별, 성별, 신체의 크기에 따른 통계적 데이터로 얻어진 관성계수(L)로 대체 가능하다.

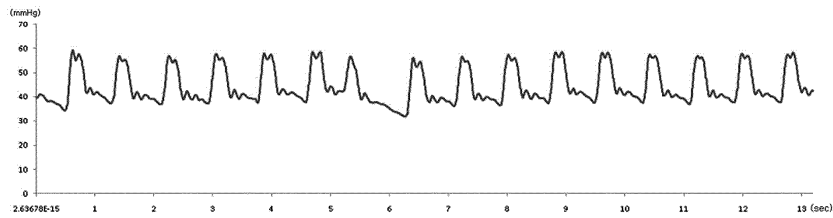
[0077] 동물실험을 통해 혈압과 혈류의 상관관계를 비교한 [도 10]을 상세히 설명하자면 [도 10]의 위 그래프는 침습적 혈압측정법(IBP)으로 측정한 혈압데이터를 동맥압의 파형으로 나타낸 그래프다. 아래 그래프에서 Measured Cardiac Output선은 수술을 통해 초음파 프로브를 대동맥 혈관에 이식하여 측정한 정확도 높은 평균순간혈류량이며 Estimated Cardiac Output선은 본 발명에 의한 혈압데이터로부터 심박출량 측정하는 방법에 의해 측정된 평균순간혈류량을 나타낸 것이다. 엑셀 프로그램으로 두 평균순간혈류량의 면적의 평균치를 계산하면 거의 일치하는 결과를 나타낸다.

## 도면

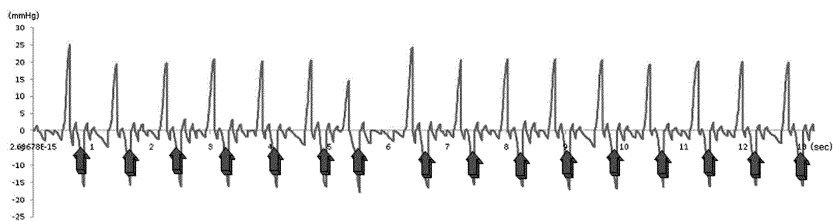
### 도면1



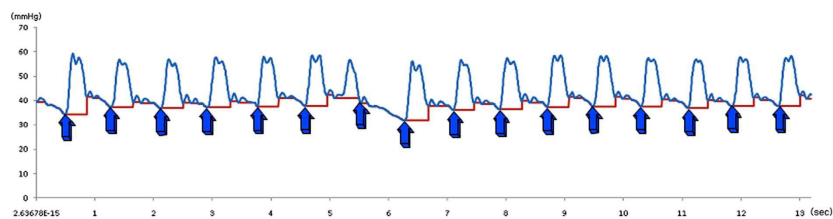
### 도면2



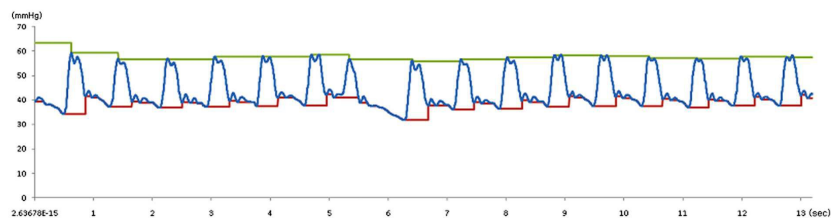
### 도면3



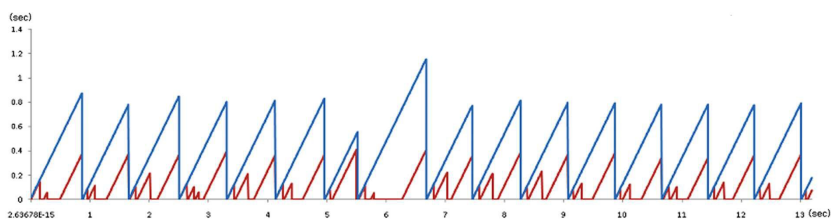
### 도면4



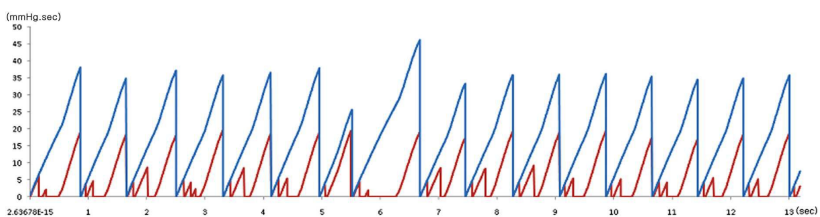
도면5



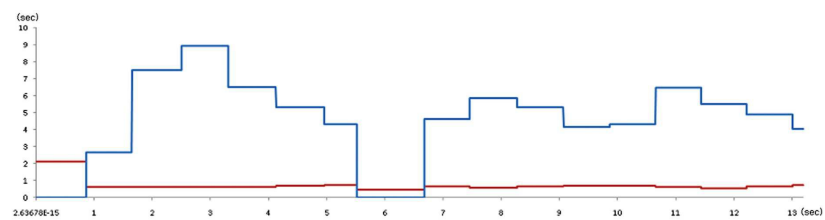
도면6



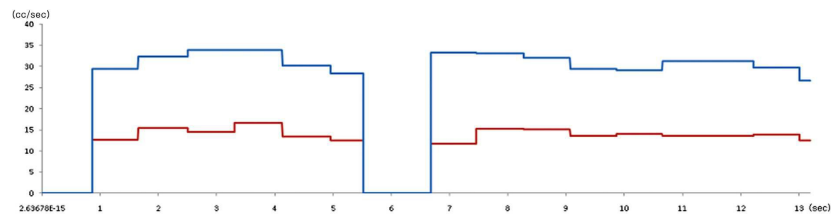
도면7



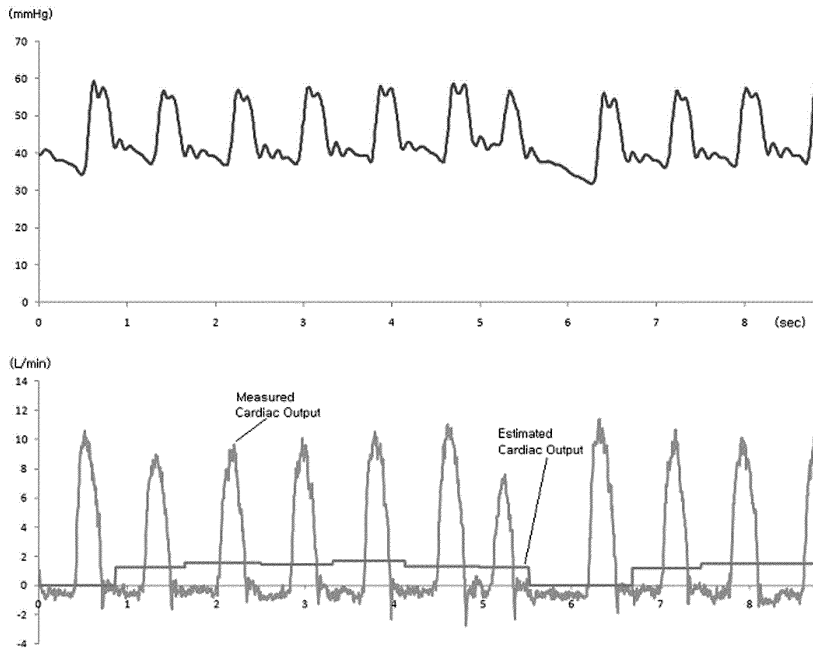
도면8



도면9



도면10



도면11

