

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2016년 10월 27일 (27.10.2016)



(10) 국제공개번호
WO 2016/171476 A1

(51) 국제특허분류:

A61B 5/03 (2006.01) A61B 5/024 (2006.01)
A61B 5/021 (2006.01) G06K 9/00 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2016/004132

(22) 국제출원일: 2016년 4월 20일 (20.04.2016)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2015-0055835 2015년 4월 21일 (21.04.2015) KR

(71) 출원인: 고려대학교 산학협력단 (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) [KR/KR]; 02841 서울시 성북구 안암로 145, Seoul (KR).

(72) 발명자: 김동주 (KIM, Dong Joo); 06002 서울시 강남구 압구정로 29길 57, 82동 1106호, Seoul (KR).

(74) 대리인: 심정식 (SHIM, Kyoung-Shik) 등; 06719 서울시 서초구 반포대로 10, 신원빌딩 4층 (서초동), Seoul (KR).

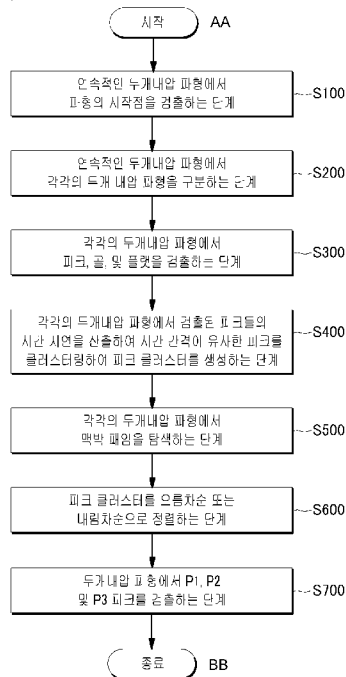
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR DETECTING PEAKS OF INTRACRANIAL PRESSURE WAVEFORMS USING FEATURE POINTS OF ARTERIAL BLOOD PRESSURE WAVEFORMS

(54) 발명의 명칭 : 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 장치 및 방법

[Fig. 3]



(57) Abstract: The present invention relates to an apparatus and a method for detecting peaks of intracranial pressure waveforms using feature points of arterial blood pressure waveforms. The method for detecting peaks of intracranial pressure waveforms using feature points of arterial blood pressure waveforms, according to one aspect of the present invention, comprises the steps of: detecting waveform starting points from consecutive intracranial pressure waveforms on the basis of contraction peaks of arterial blood pressure waveforms; distinguishing each intracranial pressure waveform from the consecutive intracranial pressure waveforms on the basis of the waveform starting points; detecting peaks, troughs, and flats by deriving a derived function value from each intracranial pressure waveform; calculating the latency of the peaks detected from the waveform starting point detected from each intracranial pressure waveform, clustering peaks which are similar in terms of time interval, and generating a peak cluster; searching for a dicrotic notch from each intracranial pressure waveform on the basis of latency values of dicrotic notches of the arterial blood pressure waveforms; and detecting peaks P1, P2, and P3 from each intracranial pressure waveform on the basis of the searched dicrotic notch of each intracranial pressure.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]

- S100 ... Detecting waveform starting points from consecutive intracranial pressure waveforms
S200 ... Distinguishing each intracranial pressure waveform from consecutive intracranial pressure waveforms
S300 ... Detecting peaks, troughs, and flats from each intracranial pressure waveform
S400 ... Calculating the latency of peaks detected from each intracranial pressure waveform to cluster peaks of similar time interval and generating peak cluster
S500 ... Searching for a dicrotic notch from each intracranial pressure waveform
S600 ... Ordering peak clusters in ascending or descending order
S700 ... Detecting peaks P1, P2, and P3 from intracranial pressure waveform
AA ... Start
BB ... End

WO 2016/171476 A1



CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

(84) **지정국** (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM,

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3)))

본 발명은 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 장치 및 방법에 관한 것으로서, 본 발명의 일 측면에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법은 동맥 혈압 파형의 수축 피크에 기초하여 연속적인 두개내압 파형에서 파형의 시작점을 검출하는 단계; 파형의 시작점에 기초하여 연속적인 두개내압 파형에서 각각의 두개내압 파형을 구분하는 단계; 각각의 두개내압 파형에서 도함수 값을 도출하여 피크, 골, 및 플랫을 검출하는 단계; 각각의 두개내압 파형에서 검출된 파형의 시작점으로부터 검출된 피크의 시간 지연을 산출하여 시간 간격이 유사한 피크를 클러스터링하여 피크 클러스터를 생성하는 단계; 동맥 혈압 파형의 중복 맥박 패임의 시간 지연값에 기초하여 각각의 두개내압 파형에서 맥박 패임을 탐색하는 단계; 탐색된 두개내압의 맥박 패임에 기초하여 각각의 두개내압 파형에서 P1, P2 및 P3 피크를 검출하는 단계를 포함한다.

명세서

발명의 명칭: 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 장치 및 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 뇌 손상 환자들에게는 일반적인 중환자에게 적용되는 심장 및 호흡 모니터링에 더하여, 두개내압(intracranial pressure, ICP)의 모니터링이 이루어지고 있다. 이러한 두개내압 모니터링은 뇌의 상태를 정확히 알고, 뇌의 병태 생리학적 변화를 관찰하여 개별 환자에게 맞는 최적의 정상 상태를 만드는 것에 그 목적이 있다.
- [3] 두개내압의 파형은 심장 박동, 호흡 주기 등과 같은 고조파(harmonics)를 가지며 뇌 혈관계에 대한 정보를 간접적으로 반영한다. 두개내압의 파형에서 보이는 주된 세 개의 피크는 차례로 P1, P2, P3로 명명되며 각각 다른 생리학적 기원을 가진다. 따라서, 세 개의 피크와 그 사이에 존재하는 골(trough)의 진폭(amplitude) 및 펄스의 시작점(pulse onset)으로부터 피크(peak)까지의 시간 지연(latency) 등의 특징은 두개강 내의 순응도(intracranial compliance) 또는 자동 조절 기능(cerebral autoregulation) 등에 대한 상태를 기술한다. 따라서, 이를 정확히 인식하여 해석하는 것은 매우 중요하다.
- [4] 그러나 파형의 형태적 다양성으로 인해 세 개의 피크를 정확히 검출하는데 어려움이 있다. 따라서 다양한 연구를 통해 P1, P2, 및 P3 피크를 인식하는 기술의 정확도를 높이려는 노력이 있어왔다.
- [5] 특히, 이와 관련한 종래의 기술 중, 미국공개특허 제2011-0201961호(Morphological clustering and analysis of intracranial pressure pulses, MOCAIP)는 모니터링된 두개내압 파형에서 세 개의 서브 피크를 인식하고, 서브 피크의 시간 지연(latency) 및 진폭(amplitude)을 이용하여 두개내압 파형의 형태학적인 변화를 살펴보는 방법을 제공한다.
- [6] 그러나, 종래의 기술인 MOCAIP는 두개내압 파형의 피크들을 탐지하기 위해서, 여러 환자로부터 추출한 데이터를 수집해 놓은 참조 펄스 라이브러리(reference pulse library)를 활용한다. 참조 펄스 라이브러리에는 다양한 모양의 두개내압 파형의 정보들이 내재되어 있다. 해당 MOCAIP 기술은 이처럼 내재된 정보를 참조하여 피크 탐지의 정확도를 향상한다. 그러나 다양한 두개 내의 상태 또는 뇌 내 질환에 따라 두개내압 파형의 형태는 다양한 양상을 나타내며, 따라서 피크 탐지를 위해 참조할 수 있는 파형은 분석하고자 하는 데이터의 성질에 따라 달라진다. 때문에, 종래의 기술은 다양한 환자 사례로

이루어진 방대한 참조 펄스 라이브러리를 필요로 한다. 따라서 참조 펄스 라이브러리를 사용할 수 없는 오프라인 환경에서는 효율성이 저하된다. 또한, 종래의 기술은 신호의 결합이나 잡음을 줄이기 위한 방안으로 기록(recording)된 두개내압 파형의 개별 펄스를 평균화시킨 두개내압 펄스에서 피크를 탐지한다. 그러나 평균화시킨 두개내압 펄스는 실시간으로 다양하게 변화하는 개별 펄스의 특징을 담지 못한다. 따라서, 종래 기술의 경우 임상적 활용이 제한될 수 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [7] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 연속적인 두개내압 파형으로부터 자동적으로 P1, P2 및 P3 피크를 검출하는 방법을 제공하고자 한다.
- [8] 또한, 참조 펄스 라이브러리 없이, 높은 정확도로 두개내압 파형에서 피크를 검출하는 방법을 제공하고자 한다.
- [9] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제 해결 수단

- [10] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 측면에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법은 동맥 혈압 파형의 수축 피크에 기초하여 연속적인 두개내압 파형에서 파형의 시작점을 검출하는 단계; 파형의 시작점에 기초하여 연속적인 두개내압 파형에서 각각의 두개내압 파형을 구분하는 단계; 각각의 두개내압 파형에서 도함수 값을 도출하여 피크, 골, 및 플랫폼을 검출하는 단계; 각각의 두개내압 파형에서 검출된 파형의 시작점으로부터 검출된 피크까지의 시간 지연을 산출하여 그 값이 유사한 피크를 클러스터링하여 피크 클러스터를 생성하는 단계; 동맥 혈압 파형의 중복 맥박 패임의 시간 지연값에 기초하여 각각의 두개내압 파형에서 맥박 패임을 탐색하는 단계; 탐색된 두개내압의 맥박 패임을 참조하여 각각의 두개내압 파형에서 P1, P2 및 P3 피크를 검출하는 단계를 포함한다.
- [11] 또한, 본 발명의 다른 측면에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 장치는 두개내압 파형의 피크 검출 애플리케이션이 저장된 메모리부, 및 두개내압 파형의 피크 검출 애플리케이션과 인터페이싱하도록 정렬된 프로세싱 유닛을 포함한다. 이때, 프로세싱 유닛은 두개내압 파형의 피크 검출 애플리케이션의 실행에 따라, 동맥 혈압 파형 및 두개내압 파형을 센서부로부터 수신한다. 이어서, 수신된 동맥 혈압 파형 신호 및 두개내압 파형 신호를 디지털 데이터로 변환하여 메모리부에 저장한다. 다음으로, 동맥 혈압 파형의 수축 피크에 기초하여 연속적인 두개내압 파형에서 파형의 시작점을

검출한다. 또한, 파형의 시작점에 기초하여 연속적인 두개내압 파형에서 각각의 두개내압 파형을 구분하고 각각의 두개내압 파형에서 도함수 값을 도출하여 피크, 골, 및 플랫을 검출한다. 이어서, 각각의 두개내압 파형에서 검출된 파형의 시작점으로부터 검출된 피크의 시간 지연을 산출한다. 다음으로, 시간 간격이 유사한 피크를 클러스터링하여 피크 클러스터를 생성하고, 동맥 혈압 파형의 중복 맥박 패임의 시간 지연값에 기초하여 각각의 두개내압 파형에서 맥박 패임을 탐색한다. 이어서, 탐색된 두개내압의 맥박 패임을 참조하여 각각의 두개내압 파형에서 P1, P2 및 P3 피크를 검출한다.

발명의 효과

- [12] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 두개내압 파형에서 세 개의 피크를 자동으로 검출함에 따라, 지속적이고 직접적인 두개내압 파형의 모니터링이 가능하다.
- [13] 또한, 두개내압 파형에서 세 개의 피크를 자동으로 검출하는데 있어서, 참조 펄스 라이브러리를 사용하지 않고 높은 정확도로 세 개의 피크를 검출 할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [14] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 장치를 개략적으로 도시하고 있다.
- [15] 도 2는 본 발명의 일 실시예에서 고려되는 두개내압 파형의 세 개의 피크를 도시하고 있다.
- [16] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- [17] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 연속적인 두개내압 파형에서 파형의 시작점을 검출하는 단계를 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- [18] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 각각의 두개내압 파형에서 피크, 골, 및 플랫을 검출하는 단계를 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- [19] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 각각의 두개내압 파형에서 검출된 피크들의 시간 지연을 산출하여 시간 지연 값이 유사한 피크끼리 그룹 지어 피크 클러스터로 클러스터링하는 단계를 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- [20] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출방법의 실시예를 나타내고 있다.
- [21] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출의 다른 실시예를 나타내고 있다.
- [22] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출의 정확도 검증 결과를 나타내고 있다.

발명의 실시를 위한 형태

- [23] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의

지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 도면에서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

- [24] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [25] 이하 도면을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 장치 및 방법에 대하여 상세히 설명하도록 한다.
- [26] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 장치를 개략적으로 도시하고 있다.
- [27] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 장치는, 센서부(100), 메모리(200) 및 프로세싱 유닛(300), 디스플레이(400)를 포함한다. 이때 센서부(100) 및 디스플레이부(400)는 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 장치의 내부에 포함되거나 또는 동맥 혈압 파형의 특징점 검출 장치의 외부에 별도로 구비될 수 있다.
- [28] 센서부(100)는 아날로그 증폭기(미도시됨) 및 디지털 컨버터(미도시됨) 등을 포함할 수 있으며, 동맥 혈압 또는 두개내압을 측정하여 디지털 신호로 변환할 수 있다.
- [29] 메모리(200)에는 두개내압 파형의 피크 검출 애플리케이션이 저장될 수 있으며, 디지털 신호로 변환된 동맥 혈압 파형 데이터 및 두개내압 파형 데이터를 저장할 수 있다. 이때, 메모리(200)는 컴퓨터 판독 가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 예를 들어, 메모리(200)는 ROM(Read Only Memory), RAM(Random Access Memory), 자기 테이프, 자기 디스크, 플래시 메모리, 광 데이터 저장장치, 콤팩트 플래시(compact flash; CF) 카드, SD(secure digital) 카드, 메모리 스틱(memory stick), 솔리드 스테이트 드라이브(solid-state drive; SSD) 및 마이크로(micro) SD 카드 등과 같은 낸드 플래시 메모리(NAND flash memory), 하드 디스크 드라이브(hard disk drive; HDD) 등과 같은 마그네틱 컴퓨터 기억장치 등을 포함할 수 있다.
- [30] 프로세싱 유닛(300)은 두개내압 파형의 피크 검출 애플리케이션의 실행에 따라

메모리(200)에 저장된 동맥 혈압 파형 데이터 및 두개내압 파형 데이터에서 도함수 값을 도출하여 동맥 혈압 파형의 특징점을 검출하고, 두개내압 파형에서 세 개의 피크를 검출한다.

- [31] 디스플레이(400)는 센서부(100)에 의하여 측정된 두개내압 파형 및 프로세싱 유닛(300)에 의하여 검출된 두개내압 파형 상의 세 개의 피크들을 실시간으로 표시할 수 있다. 또한 각각의 피크가 위치하는 지점을 색으로 구분하여 표시하는 것이 가능하다.
- [32] 도 2는 본 발명의 일 실시예에서 고려되는 두개내압 파형의 세 개의 피크를 도시하고 있다.
- [33] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에서 고려되는 두개내압 파형은 세 개의 P1, P2, 및 P3의 서브 펄스를 포함한다. 이때, 각 펄스의 마루를 파형에서 나타나는 순서대로 P1피크(peak), P2 피크 및 P3 피크라고 정의한다. 이러한 두개내압 파형의 세 개의 피크는 두개강 내의 순응도(intracranial compliance) 및 뇌 혈관 구조(cerebral vasculature)에 대한 정보를 내재하고 있다.
- [34] 구체적으로, P1펄스는 심장의 수축기에 맥락열기(choroid plexus)가 박동하면서 나타나는 첫 번째 압력파로써, 충격파(percussion wave) 라고 한다. 이어서, P1펄스 이후에 나타나는 P2펄스는 정맥의 반동 현상(rebound phenomenon)에 의해서 발생한다. 일반적으로, 정상적인 상황에서는 정맥의 반동 현상으로 발생하는 에너지가 흡수되면서 P2피크의 진폭이 P1피크의 진폭보다 작다. 그러나, 뇌의 순응도가 줄어들면 반동 현상이 심해지면서 P2피크의 진폭이 증가하게 되며, 때로는 P1피크보다 진폭이 더 커지는 경우도 발생한다. 따라서, 이와 같은 P2 피크의 진폭이 P1피크의 진폭보다 큰 역전 현상은 두개강 내부 순응도의 감소를 나타낸다. 또한, 심실 수축기가 끝나면 대동맥판이 닫히면서, 동맥 혈압 파형에 중복 맥박 패임(dicrotic notch)이 관찰되는 때와 동일한 시점에 두개내압 파형에서도 맥박 패임이 나타난다. 따라서, P3 펄스는 두개내압의 파형에 맥박 패임이 나타난 이후, 심실이 이완기에 들어서면서 발생한다.
- [35] 상술한 바와 같이, 심장의 박동으로 인해 뇌 안으로 혈액이 유입되면 혈류의 진동에 의해 두개내압의 파형도 함께 변동하게 된다. 즉, 두개내압의 파형은 동맥 혈압의 파형과 연관이 되는데, 이는 심장의 박동에 의해 뇌의 혈액량(cerebral blood volume)이 변동되고, 이로 인해 뇌압이 변하기 때문이다.
- [36] 또한, 뇌 손상 환자들에서 자동 조절 기능이 유지되는지 판단 할 수 있는 혈압과 뇌 관류압의 범위를 파악하는 것은 뇌 손상 환자의 치료 목표를 결정하는 데에 있어 대단히 중요하다. 그러나, 개별 환자에서 자동 조절 기능이 유지되는지를 파악하고, 혈압 조절의 범위를 결정하는데는 어려움이 따른다. 왜냐하면, 이론적으로 자동 조절 기능이 유지되는 혈압과 뇌 관류압의 범위를 결정하기 위해서는 동맥 혈압과 뇌 혈류에 대한 정보가 있어야 하나, 연속적인 뇌 혈류의 정보를 얻기가 쉽지 않기 때문이다. 그러나, 자동조절기능이 소실된 환자는 혈압이 상승하면 바로 뇌혈류가 상승하고, 이는 직접적인 뇌압의 상승으로

이어진다. 따라서, 뇌압에 대한 정보가 있으면, 혈압과 뇌압 간의 관계를 통해 자동 조절 기능이 유지되는지를 파악하는 것이 가능하다. 그러나, 현재 임상에서는 기술적인 한계로 인하여 두개내압 파형의 형태는 자세히 고려되지 않고 있으며, 두개내압 파형의 모니터링 결과의 해석은 측정된 두개내압의 평균을 살펴보는 정도로 제한되어 있다.

- [37] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 장치는 두개내압 파형으로부터 세 개의 P1, P2, 및 P3파형을 자동으로 탐색하고, 각각의 파형의 피크에 대한 시간 지연 및 파형의 진폭 등에 대한 정보를 산출하는 방법을 제공한다. 또한, 동맥 혈압 파형의 특징점들과 두개내압 파형의 파형의 시작점으로부터 각각의 P1, P2 및 P3피크까지의 시간 지연 및 진폭 등의 다양한 변수들을 도출하고 변수들의 상관 관계를 분석하는 것이 가능하다. 따라서, 종래의 두개내압 파형을 분석하는 기술에서 필요로 했던 기존 환자들로부터 추출한 참조 펄스 라이브러리(reference pulse library) 없이도, 두개내압 파형의 피크를 검출하고 변화 양상을 모니터링 하는 것이 가능하다. 또한, 실시간으로 뇌 손상 환자의 두개강 내부 순응도의 악화 정도, 자기 조절 기능 손상 정도 등의 측정이 가능하며, 이는 뇌 손상 환자의 호전 여부를 예측하는데 유용하게 사용할 수 있다.
- [38] 이하, 도 3을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법에 관하여 상세히 설명하기로 한다.
- [39] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- [40] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법은, 연속적인 두개내압 파형에서 파형의 시작점을 검출하는 단계(s100); 연속적인 두개내압 파형에서 각각의 두개내압 파형을 구분하는 단계(s200); 각각의 두개내압 파형에서 피크, 골, 및 플랫폼을 검출하는 단계(s300); 각각의 두개내압 파형에서 검출된 피크들의 시간 지연을 산출하여 시간 간격이 유사한 피크를 클러스터링하여 피크 클러스터를 생성하는 단계(s400); 각각의 두개내압 파형에서 맥박 패임을 탐색하는 단계(s500); 피크 클러스터를 오름차순 또는 내림차순으로 정렬하는 단계(s600) 및 두개내압 파형에서 P1, P2 및 P3 피크를 검출하는 단계(s700)를 포함한다.
- [41] 먼저, 연속적인 두개내압 파형에서 파형의 시작점을 검출하는 단계(s100)에서, 프로세싱 유닛(300)은 동맥혈압 파형의 수축피크의 탐색 정보에 기초하여 연속적인 두개내압 파형에서 파형의 시작점을 검출한다.
- [42] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 연속적인 두개내압 파형에서 파형의 시작점을 검출하는 단계를 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- [43] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 연속적인 두개내압 파형에서 파형의 시작점을 검출하는 단계는, 동맥 혈압 파형에서 수축 피크를 검출하는

단계(s110); 동맥 혈압 파형에서 파형의 시작점을 검출하는 단계(s120); 및 두개내압 파형에서 파형의 시작점을 검출하는 단계(s130)를 포함한다.

- [44] 본 발명의 일 실시예에 따르면 동맥 혈압 파형에서 수축 피크를 검출하는 단계(s110)에서, 프로세싱 유닛(300)은 동맥 혈압 파형에서 도함수 값을 도출하고, 분석의 초기에 임의의 시간 동안 동맥 혈압 파형의 최댓값과 평균값을 산출한다. 이어서, 산출된 평균값을 초과하고, 최댓값에 가까운 피크들을 타임 윈도우(time window)에 수집한다. 이때, 수집되는 피크는 동맥 혈압 파형의 j 번째 점을 A_j 라 하고, 압력값을 P_{A_j} 라고 할 때, $P_{A_{j-1}} < P_{A_j}$ 인 동시에 $P_{A_j} > P_{A_{j+1}}$ 을 만족하는 점일 수 있다.
- [45] 한편, 타임 윈도우의 길이는 최댓값과 평균값을 분석하는 임의의 시간에 의존한다. 일례로, 3 초 내에 존재하는 파형에서 최댓값 및 평균값의 분석을 실행한 후 수축 피크의 후보를 수집했다면, 타임 윈도우의 길이는 수집한 수축 피크의 후보가 늘어나면서 최소 3초에서 최대 30초의 범위를 가질 수 있다.
- [46] 다음으로, 프로세싱 유닛(300)은 타임 윈도우 내에 수집된 피크들의 평균 시간 간극($mean\lambda_j$) 및 평균 압력값($meanP_j$)을 산출한다. 여기서 시간 간극($\lambda_{A,j}$)이란, 타임 윈도우 내에 수집된 j 번째 피크에 대하여, 바로 직전의 피크와의 시간 간극을 나타낸다.
- [47] 이어서, 프로세싱 유닛(300)은 타임 윈도우 내에서 구한 평균 시간 간극($mean\lambda_j$) 및 평균 압력값($meanP_j$)을 바탕으로 수축 피크(systolic peak)를 검출한다. 이때, 수축 피크는 타임 윈도우 내에 추출된 수축 피크의 후보 중에서, $|meanP_{A_j} - P_{A_j}| < meanP_{A_j} * 0.15$ 인 동시에 $|mean\lambda_{A,j} - \lambda_{A,j}| < mean\lambda_{A,j} * 0.15$ 를 만족하는 j 번째 피크들이 수축 피크(systolic peak)로 선택될 수 있다.
- [48] 이어서, 동맥 혈압 파형에서 파형의 시작점을 검출하는 단계(s120)에서, 프로세싱 유닛(300)은 도함수의 최대 기울기 이전에 나타나는, 즉 수축 피크(20)의 직전에 존재하는 골 점들을 파형의 시작점으로 검출한다.
- [49] 다음으로, 두개내압 파형에서 파형의 시작점을 검출하는 단계(s130)에서, 프로세싱 유닛(300)은 동맥 혈압 파형의 수축 피크의 탐색 정보에 기초하여 연속적인 두개내압 파형에서 파형의 시작점을 검출한다. 본 발명의 일 실시예에 따라, 동맥 혈압 파형의 수축 피크 측정 시간을 μ_{A_j} 라고 할 때, 프로세싱 유닛(300)은 μ_{A_j} 와 $\mu_{A_{j+1}}$ 사이에 존재하는 두개내압 파형의 압력값 $P_{I,j}$ 의 최솟값 $minP_1$ 와 최댓값 $maxP_1$ 및 평균값 $meanP_1$ 를 산출한다. 이후, $maxP_1$ 가 측정된 지점의 두개내압 파형의 측정 시간으로부터 μ_{A_j} 까지 시간 역순으로 검색할 때, 수학식 1을 만족하는 두개내압 파형의 골 I_k 을 두개내압 파형의 시작점으로 검출한다.
- [50] [수학식 1]
- [51] $|P_{I,k} - minP_1| < |P_{I,k} - meanP_1|$
- [52] 다시 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 과정에서, 프로세싱 유닛(300)은 두개내압

파형에서 파형의 시작점을 검출한 이후 검출된 파형의 시작점을 이용하여 연속적인 두개내압 파형에서 각각의 두개내압 파형을 구분한다(s200). 즉, 프로세싱 유닛(300)은 단계 (s100)에서 검출된 파형의 시작점과 다음 파형의 시작점까지로 나뉘는 파형을 각각 구분한다. 이때, 파형의 시작점 사이에 존재하는 두개내압 파형의 데이터는 하나의 벡터로 나타낼 수 있으며, 각각의 데이터는 동맥 혈압 파형과 두개내압 파형의 구분 없이 M_i , $i=1, \dots, n$ 으로 표시할 수 있다. 여기서, n 은 동맥 혈압 파형 및 두개내압 파형에서 마지막 파형을 나타낸다.

[53] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법은, M_i 내의 데이터의 개수를 64개로 선형 보간할 수 있다. 이때, i 번째 파형인 M_i 내에 존재하는 데이터는 2차원 점으로 기술할 수 있으며, 아래의 수학적 식 2와 같이 표현할 수 있다.

[54] [수학적 식 2]

[55] $x_{ij} = \{ t_{ij}, f(t_{ij}) \}$

[56] 여기서 t_{ij} 는 시간 도메인을 나타내고, $f(t_{ij})$ 는 압력 도메인을 나타낸다.

[57] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법은 연속적인 두개내압 파형에서 각각의 두개내압 파형을 구분하는 단계 이후에 부적절한 파형의 시작점을 가지는 파형을 필터링하는 단계를 더 포함할 수 있다. 부적절한 파형의 시작점을 가지는 파형을 필터링하는 단계는 구체적으로 $t_{i,64} - t_{ij}$ 의 값으로 계산되는 심박 주기(cardiac cycle)를 이용할 수 있다. 따라서, 각각의 파형별로 이 전에 존재하는 세 개의 파형과 이 후에 존재하는 세 개의 파형의 심박 주기 평균(MCC)을 계산하고, $\pm MCC * 0.15$ 의 범위를 벗어나는 심박 주기를 가지는 파형들은 부적절하다고 판단하여 제외할 수 있다. 이후, 저역 필터를 통과시켜, 데이터의 노이즈를 제거하는 것이 가능하다. 일례로 저역 필터는 10Hz일 수 있으나, 이에 제한된 것은 아니다.

[58] 이어서, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법은 각각의 두개내압 파형에서 피크, 골, 및 플랫폼을 검출한다(s300). 여기서 플랫폼은, 두개내압 파형에서 피크는 아니나 파형이 평평해지거나 압력 값이 감소하는 정도 또는 증가하는 정도가 미미한 지점을 나타낸다.

[59] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 각각의 두개내압 파형에서 피크, 골, 및 플랫폼을 검출하는 단계를 상세히 설명하기 위한 순서도이다.

[60] 도 5를 참조하면, 각각의 두개내압 파형에서 피크, 골, 및 플랫폼을 검출하는 단계는 두개내압 파형의 데이터를 정규화 하는 단계(s310); 정규화된 두개내압 파형에서 도함수 값을 도출하는 단계(s320); 및 도함수 값에 기초하여 피크, 골 및 플랫폼을 검출하는 단계(s330)를 포함한다.

[61] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 두개내압 파형의 데이터를 정규화 하는 단계(s310)에서, M_i 내의 압력 도메인의 최댓값과 최솟값을 도출하며, 각각의

파형별 압력의 최솟값을 0으로, 최댓값을 100으로 치환한다. 이후, 각각의 x_{ij} 는 정규화를 통하여 $\alpha_{ij} = \{\tau_{ij}, f(\tau_{ij})\}$ 로 변환되며, τ_{ij} 및 $f(\tau_{ij})$ 는 각각 수학식 3 및 수학식 4와 같다.

[62] [수학식 3]

$$[63] \quad \tau_{ij} = \frac{t_{ij} - t_{i,1}}{t_{i,64} - t_{i,1}}$$

[64] [수학식 4]

$$[65] \quad f(\tau_{ij}) = 100 \times \frac{f(t_{ij}) - \min_i \{f(t_{ij})\}}{\max_i \{f(t_{ij})\} - \min_i \{f(t_{ij})\}}$$

[66] 다음으로, 정규화된 두개내압 파형에서 도함수 값을 도출할 수 있다(s320).

두개내압 파형은 등간격으로 보간 되어 있으므로, 중앙차분법을 이용하여 도함수 값을 도출하는 것이 가능하다. 구체적으로, 파형에 존재하는 임의의 두 점 사이의 길이를 $h = \tau_{ij} - \tau_{ij-1}$ 이라고 정의할 때, 도함수 값을 도출하는 방법은 수학식 5와 같다.

[67] [수학식 5]

$$[68] \quad f'(\tau_{ij}) = \frac{-f(\tau_{ij+2}) + 8f(\tau_{ij+1}) - 8f(\tau_{ij-1}) + f(\tau_{ij-2})}{12h}, j=3, \dots, 62$$

[69] 한편, 상술한 중앙차분법을 이용하는 방법은 하나의 데이터 값에 대한 도함수 값을 도출하기 위하여 이전에 존재하는 두 개의 데이터값과 이후에 존재하는 두 개의 데이터 값을 필요로 한다. 따라서, 이전과 이후에 두개 이상의 데이터가 존재하지 않는 경우는 수학식 6을 이용하여 도함수 값을 도출할 수 있다.

[70] [수학식 6]

$$[71] \quad f'(\tau_{ij}) = 0, j \neq 3, \dots, 62$$

[72] 이어서, 도함수 값에 기초하여 피크, 골 및 플랫폼을 검출하는 단계(s330)에서 프로세싱 유닛(300)은 $f'(\tau_{ij-1}) > 0$ 인 동시에 $f'(\tau_{ij}) < 0$ 을 만족하는 경우, $f(\tau_{ij-1}) < f(\tau_{ij})$ 이면, α_{ij} 를 피크로 검출하고, $f(\tau_{ij-1}) > f(\tau_{ij})$ 이면, α_{ij-1} 를 피크로 검출한다.

[73] 또한, $f'(\tau_{ij-1}) < 0$ 인 동시에 $f'(\tau_{ij}) > 0$ 을 만족하는 경우, $f(\tau_{ij-1}) > f(\tau_{ij})$ 이면, α_{ij} 를 골로 검출하고, $f(\tau_{ij-1}) < f(\tau_{ij})$ 이면, α_{ij-1} 를 골로 검출한다.

[74] 한편, 프로세싱 유닛(300)은 α_{ij-3} 부터 α_{ij+3} 까지 일곱 개의 점이 모두 피크 또는 골이 아니고 $|f'(\tau_{ij})| < 1$ 의 조건을 만족하는 경우, α_{ij} 를 플랫폼으로 검출한다. 이때, 본 발명의 일 실시예에 따르면 플랫폼은 여러 지점에 연속적으로 설정될 수 있다.

[75] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 두개내압 파형에서 피크, 골, 및 플랫폼을 검출하는 단계는 정규화 된 두개내압 파형의 모든 지점에 대하여 피크,

골 및 플랫폼과 같은 주요지점을 검출하며, α_{ij} 가 피크, 골 및 플랫폼 중 어느 하나인 주요 지점으로 검출될 경우, 검출된 주요 지점에 상응하는 정규화 이전의 데이터 지점인 x_{ij} 도 마찬가지로 주요 지점으로 검출한다.

[76] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면 두개내압 파형에서 피크, 골, 및 플랫폼을 검출하는 방법을 이용하여, 동맥 혈압 파형에서도 마찬가지로 피크, 골, 및 플랫폼 등의 주요지점을 검출하는 단계를 포함 할 수 있다. 따라서, 상술한 방법에 따라 동맥 혈압 파형 및 두개내압 파형의 데이터에서 모든 주요 지점이 검출될 수 있다.

[77] 다시 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법은 각각의 두개내압 파형에서 피크, 골, 및 플랫폼을 검출하는 단계(s300) 이후에, 각각의 두개내압 파형에서 검출된 피크들의 시간 지연을 산출하여 그 값이 유사한 피크를 클러스터링하여 피크 클러스터를 생성한다(s400).

[78] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 각각의 두개내압 파형에서 검출된 피크들의 시간 지연을 산출하여 시간 지연 값이 유사한 피크를 클러스터링하여 피크 클러스터를 생성하는 단계(s400)를 상세히 설명하기 위한 순서도이다.

[79] 도 6을 참조하면, 두개내압 파형에서 검출된 피크들의 시간 지연을 산출하여 시간 지연 값이 유사한 피크를 클러스터링하여 피크 클러스터를 생성하는 단계(s400)는 시간 지연값을 이용하여 클러스터를 초기화 하는 단계(s410); 시간 지연 값이 유사한 피크를 클러스터링하여 피크 클러스터를 생성하는 단계(s420); 및 최소 거리 값을 가지는 클러스터로 피크를 재배정 하는 단계(s430)를 포함한다.

[80] 먼저, 시간 지연 값을 이용하여 클러스터를 초기화 하는 단계(s410)에서, 프로세싱 유닛(300)은 k번째 클러스터 C_k 에 입력된 가장 최근의 원소 x_{ij} 사이의 거리를 계산한다. 이때, k번째 클러스터 C_k 에 입력된 가장 최근의 원소 x_{ij} 사이의 거리 $D_k(x_{ij})$ 는 아래 수학적 식 7에 의하여 계산될 수 있다.

[81] [수학적 식 7]

$$D_k(x_{ij}) = \begin{cases} |L(y_{k,p}) - L(x_{ij})|, p = 1 \\ \left| \frac{L(y_{k,p}) + L(y_{k,p-1})}{2} - L(x_{ij}) \right|, p \neq 1 \end{cases}$$

[83] 여기서, $L(x_{ij})$ 는 파형의 시작점으로부터 x_{ij} 까지의 시간 간격을 나타내며 수학적 식 8에 의하여 계산될 수 있다.

[84] [수학적 식 8]

$$L(x_{ij}) = t_{ij} - t_{i,1}$$

[86] 또한, $L(y_{k,p})$ 는 k번째 클러스터 C_k 에 포함된 마지막 원소의 시간 간격을

나타낸다.

- [87] 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법은 프로세싱 유닛(300)이 상술한 수학식 7을 이용하여 k 번째 클러스터 C_k 에 입력된 가장 최근의 원소들과 $x_{i,j}$ 사이의 거리 $D_k(x_{i,j})$ 를 산출하고, 이를 기준으로 $x_{i,j}$ 를 기존의 클러스터에 포함할 것인지, 혹은 새로운 클러스터를 생성할 것인지를 결정한다. 이때, 새로운 클러스터의 생성 분기점 q 는 0.1초로 초기화 될 수 있다. 또한, $D_k(x_{i,j})$ 의 최솟값이 정해진 분기점 q 보다 클 경우, 새로운 클러스터를 생성하여 해당하는 피크 $x_{i,j}$ 를 배속하는 것을 반복 수행함으로써 모든 피크가 클러스터에 배속될 수 있다. 이어서 생성된 클러스터의 개수가 5개 이상이면 분기점을 q 에서 $q+0.01$ 로 증가시키고 상술한 과정을 반복 수행하며, 분기점 q 가 0.2초 이상으로 증가하거나 클러스터의 개수가 5개 미만이면 클러스터를 초기화 하는 단계를 종료한다.

- [88] 다음으로, 시간 지연 값이 유사한 피크를 클러스터링하여 피크 클러스터를 생성하는 단계(s420)에서 프로세싱 유닛(300)은 초기화된 각각의 클러스터의 시간 간격의 평균, $mean(C_k)$ 를 수학식 9를 이용하여 계산한다.

- [89] [수학식 9]

[90]

$$mean(C_k) = \frac{\sum_{u=1}^p L(y_{k,u})}{p}$$

- [91] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상술한 수학식 9에 의하여 계산된 클러스터의 시간 간격 평균을 이용하여 C_k 와 $x_{i,j}$ 사이의 거리를 새롭게 정의할 수 있으며, 새롭게 정의된 거리 D'_k 는 수학식 10과 같다.

- [92] [수학식 10]

[93]

$$D'_k(x_{i,j}) = |mean(C_k) - L(x_{i,j})|$$

- [94] 이어서, 최소 거리 값을 가지는 클러스터로 피크를 재배정 하는 단계(s430)에서, 프로세싱 유닛(300)은 새롭게 정의된 $D'_k(x_{i,j})$ 를 기준으로 클러스터를 결정하여 $x_{i,j}$ 를 재배정할 수 있다. 이때 재배정할 클러스터를 결정하는 방법은 모든 클러스터와 $x_{i,j}$ 사이의 거리를 계산함으로써 최소 거리를 갖는 클러스터가 결정할 수 있다. 따라서 일부의 피크는 기존의 클러스터에 그대로 배속될 수 있으나 기존의 클러스터가 최소 거리 값을 가지지 않는 경우, 해당 피크는 최소 거리 값을 가지는 클러스터로 재배정 할 수 있다. 따라서, 클러스터 분류의 정확도를 높일 수 있다.

- [95] 이어서, 각각의 두개내압 파형에서 맥박 패임을 탐색하는 단계(s500)에서 프로세싱 유닛(300)은 동맥 혈압 파형의 중복 맥박 패임을 검출하고, 이를 이용하여 두개내압 파형에서 맥박 패임을 탐색한다.

- [96] 프로세싱 유닛(300)은 동맥 혈압 파형에서 얻어진 주요 지점 가운데 골 또는 플랫폼 중 어느 하나를 중복 맥박 패임으로 검출할 수 있다. 구체적으로, $\mu_{A_j} + 0.1(\mu_{A_{j+1}} - \mu_{A_j})$ 에서 $\mu_{A_j} + 0.25(\mu_{A_{j+1}} - \mu_{A_j})$ 까지의 범위를 탐색 윈도우로 설정하고 수학적 식 11을 만족하는 동맥혈압 파형의 지점을 탐색하여 중복 맥박 패임의 후보로 추출할 수 있다. 이때, μ_{A_j} 는 P_{A_j} 의 압력 값을 가지는 동맥 혈압 파형의 수축피크 A_j 의 측정 시간을 나타내며, 수학적 식 11은 아래와 같다.

[97] [수학적 식 11]

$$[98] \quad -0.05 \times \frac{P_{A_j}}{(\mu_{A_{j+1}} - \mu_{A_j})} < f'(A_j) < 0$$

- [99] 이어서, 프로세싱 유닛(300)은 추출된 중복 맥박 패임의 후보 중, 압력 값이 가장 낮은 지점을 중복 맥박 패임으로 검출하고, 동맥 혈압 파형의 파형의 시작점으로부터 중복 맥박 패임까지의 측정 시간 간극 L_n 을 산출한다.

- [100] 일반적으로 두개내압 파형의 P2 피크와 P3 피크 사이에 존재하는 맥박 패임은 동맥 혈압 파형의 중복 맥박 패임과 유사한 시점에 나타난다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 각각의 두개내압 파형에서 맥박 패임을 탐색하는 방법은, 산출된 L_n 을 이용하여 두개내압 파형의 맥박 패임을 검출한다. 더욱 상세하게는, 프로세싱 유닛(300)은 파형의 시작점을 검출하는 단계(s100)에서 검출된 두개내압 파형의 파형의 시작점이 존재하는 시점에 L_n 을 더하여 계산된 시점에서 가장 가까운 골을 두개내압 파형의 맥박 패임으로 검출한다. 이때, 두개내압 파형의 맥박 패임은 경우에 따라 존재하지 않을 수 있으므로, 각각의 파형의 심박 주기의 10% 길이에 해당하는 타임 윈도우 내에서만 검색을 수행한다.

- [101] 다음으로, 프로세싱 유닛(300)은 클러스터링된 피크 클러스터를 오름차순 또는 내림차순으로 정렬한다(s600).

- [102] 이어서, 두개내압 파형에서 P1, P2 및 P3 피크를 검출하는 단계(s700)에서, 정렬된 각각의 피크 클러스터에서 피크를 추출하여 P1, P2 및 P3 피크로 검출할 수 있다. 구체적으로, 단계 (s500)에서 두개내압 파형의 맥박 패임이 발견된 경우, 프로세싱 유닛(300)은 피크 클러스터를 오름차순 또는 내림차순으로 정렬하여, 이를 기초로 P1 피크를 검출한다. 일례로, 평균값이 작은 클러스터부터 오름차순으로 정렬하고, 정렬한 순서에 따라 첫 번째 클러스터에 배속된 피크를 P1으로 검출할 수 있다. 이어서, 검출된 두개내압 파형의 맥박 패임을 기준으로, 맥박 패임의 이전과 이후에 존재하는 피크를 탐색하고, 이전에 존재하는 피크를 P2 피크로 검출하고, 맥박 패임 이후에 존재하는 피크는 P3 피크로 검출할 수 있다.

- [103] 반면, 단계 (s600)에서 두개내압 파형의 맥박 패임이 발견되지 않은 경우, 프로세싱 유닛(300)은 정렬된 피크 클러스터에서 P1, P2 및 P3 피크를 검출할 수 있다. 일례로, 상술한 방법과 마찬가지로 평균값이 작은 클러스터부터

오름차순으로 정렬하였을 때, 정렬한 순서에 따라 첫 번째 클러스터에 배속된 피크를 P1으로 검출할 수 있다. 또한, 두 번째 클러스터에 배속된 피크는 P2로, 세 번째 클러스터에 배속된 피크는 P3로 검출할 수 있다.

- [104] 그러나, 예외적으로 첫 번째 클러스터에 배속된 피크들과 두개내압 파형의 시작점 사이의 평균 시간 간격이 200ms 이상인 경우에는 첫 번째 클러스터라고 할지라도 해당 피크를 P2로 검출한다. 이는 Kasprowicz M. 등이 수행한 연구(2012)에서 조사한 두개내압 파형의 P2 피크와 파형의 시작점 사이의 평균 시간 간격인 $233.6 \pm 27.7\text{ms}$ 를 참조하여 마련한 기준이다. 이 경우, 두 번째 클러스터에 배속된 피크는 자동적으로 P3로 검출한다.
- [105] 또한, 하나의 파형 내에서 같은 클러스터에 배속된 피크가 두 개 이상일 경우, 즉, P1, P2, 및 P3 피크의 후보가 되는 피크가 두 개 이상일 경우에는 두개내압의 파형의 시작점으로부터 시간 간격이 가장 짧은 피크를 선택할 수 있다.
- [106] 또한 하나의 파형 내에서 P1, P2, 및 P3 중 어느 하나의 피크가 검출되지 않을 경우, 플랫폼 중의 하나로 해당 피크를 대체할 수 있다. 구체적으로 프로세싱 유닛(300)은 M_j 내에서 플랫폼으로 판별된 지점 $x_{i,j}$ 중 $D'_k(x_{i,j}) < 0.1$ 을 만족하는 플랫폼을 탐색한다. 이후, k 가 1일 경우 플랫폼의 $x_{i,j}$ 를 P1으로 대체하고, k 값이 2 일 경우는 P2로, k 값이 3일 경우는 P3로 대체할 수 있다.
- [107] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법은 두개내압 파형에서 P1, P2 및 P3 피크를 검출하는 단계(s700) 이후에, P1, P2 및 P3 피크의 진폭, 두개내압 파형의 시작점으로부터 P1, P2 및 P3 피크까지의 지연 시간, 및 두개내압 파형에서 검출된 P1, P2 및 P3 피크의 개수 중 어느 하나를 산출하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이어서, 산출된 계산 결과에 따라 두개내압 파형을 형태학적으로 분석하여 뇌 손상 환자의 예후를 판정하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이때, 뇌 손상 환자의 예후는 뇌 손상 환자의 두개강 내부 순응도의 악화 여부 또는 자동 조절 기능의 이상 여부를 판단하는 것 일 수 있다.
- [108] 구체적으로, 상술한 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법은 실제 외상성 뇌 손상 환자에게서 얻은 신호에 적용하여 환자 상태를 기술하는 데 필요한 변수들을 계산할 수 있다. 일 실시예로, P1, P2, 및 P3의 진폭을 이용하여 각각의 두개내압의 파형에서 P1이 가장 큰 파형의 비율, P2가 가장 큰 파형의 비율, 및 P3가 가장 큰 파형의 비율을 계산하고 이를 각각 P1비율(P1-ratio), P2비율 (P2-ratio), 및 P3비율(P3-ratio)로 명명하였다. 이어서, 각각의 P1 비율, P2 비율, 및 P3 비율과 뇌 손상 환자의 예후의 상관 관계를 Mann-Whitney U test를 통하여 분석한 결과, 이 중 P1-ratio는 사망 환자에 비해 생존 환자에 비해 높았으며($p\text{-value} < 0.0001$), P2-ratio는 반대로 사망 환자에게서 통계적으로 유의미하게 높았다($p\text{-value} < 0.004$). 이는 두개강 내부 순응도가 악화될수록 P2가 증가하고 P1이 감소한다는 선행 연구의 결과를 입증할 수 있는 예가 될 수 있다. 따라서, 본 발명을 이용하여 환자의 두개강 내부

순응도의 악화 여부에 대한 모니터링이 가능함을 시사한다.

- [109] 또 다른 실시예로 뇌 손상 환자들의 두개내압을 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법을 통해 두개내압 파형을 구분하고 각각의 두개내압 파형에서 피크를 감지하였다. 이어서, 각각의 두개내압 파형에서 감지한 피크들을 이용하여 하나의 두개내압 파형 내에 피크의 개수가 몇 개인지를 산출하였다. 또한, 산출된 결과와 뇌 손상 환자들의 두개강 내부 순응도의 상관 관계를 분석한 결과, 상술한 바와 같이 두개강 내부 순응도가 악화될 경우 P1피크의 개수는 감소하고 P2피크의 개수가 증가하였다. 그러나, 종래에는 하나의 두개내압 파형내에서 P2피크 만이 관찰되었다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따라 도출된 바로는, 전체 파형 중 이와 같이 피크가 하나뿐인 파형의 비율에 대한 역치를 20%라 할 때 환자의 사망률 예측에 대한 positive predictive value는 77% 가량으로 나타났다. 달리 말하면, 피크가 하나뿐인 파형의 비율이 20%를 넘은 환자 중 77%는 실제로 사망했음을 의미한다. 이는, 직관적이고 이해하기 쉬운 변수를 이용하여 환자의 뇌 내 상태에 대한 진단이 가능함을 보여주는 예이다.
- [110] 이러한 두개강 내부 순응도의 악화는 뇌종양, 뇌부종, 혈종 등과 같은 뇌 내의 부피 변화가 두개내압의 상승으로 이어지는 원인이 된다. 즉, 환자를 사망까지 이르게 할 수 있으므로 두개강 내부 순응도는 뇌 손상 환자의 상태를 진단하기 위해 관찰해야 하는 중요한 요인이다. 따라서 본 발명의 실시예를 통해 자동화된 방법으로 P1, P2, 및 P3 피크를 정확하게 인식한다면 환자의 경과 내지는 사망을 예측하는 데 기여할 수 있을 것이라 기대된다.
- [111] 상술한 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따르면, 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용하여 연속적인 두개내압 파형에서 자동으로 피크를 검출 함으로써, 지속적이고 직접적인 두개내압 파형의 모니터링이 가능하다.
- [112] 또한, 두개내압 파형에서 세 개의 피크를 자동으로 검출하는데 있어서, 참조 펄스 라이브러리를 사용하지 않고 높은 정확도로 세 개의 피크를 검출 할 수 있는 효과가 있다.
- [113] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출의 실시예를 나타내고 있다.
- [114] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출의 다른 실시예를 나타내고 있다.
- [115] 도 7및 도 8의 (a)에 동맥 혈압 파형, 두개내압 파형, 및 두개내압 파형의 세 개의 피크에 대한 클러스터링 결과가 나타나 있다. 두개내압 파형의 세 개의 피크에 대한 클러스터링 그래프의 세로축은 파형의 시작점으로부터 각각의 피크까지의 시간 지연을 ms단위로 나타내고 있다. 또한, 도 7및 도 8의 (b)를 참조하면, 도 7의 (a)의 클러스터링의 결과로 배정된 P1, P2, 및 P3피크가 실제 임의의 시간별로 측정된 다양한 파형 상에 표기되는 것을 확인할 수 있다.
- [116] 상술한 두개내압 파형의 피크 검출 방법에서 설명한 바와 같이, 일부

파형에서는 첫 번째로 관찰되는 피크의 시간 지연 또는 상응하는 동맥 혈압 파형의 중복 맥박 패임의 위치에 따라, P2 피크로 검출된 것을 확인할 수 있다. 또한, 각 클러스터에 해당하는 피크가 존재하지 않을 경우, 플랫이 피크를 대신하여 P1, P2 또는 P3로 검출되었다.

- [117] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출의 정확도 검증 결과를 나타내고 있다.
- [118] 본 발명의 피크의 검출 정확도가 세 개의 피크(P1, P2, P3) 각각에 대해 측정되었다. 예시로 사용한 환자 열 명의 데이터에 대하여, 각 이백 개의 펄스가 무작위로 추출되었다. 총 이천 개의 펄스에 대하여 숙련된 관측자가 수동으로 P1, P2, 및 P3 피크를 표시하였다. 이 때 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법 통해 얻어진 P1, P2, 및 P3 검출의 결과 값은 관측자에게 노출되지 않았다. 이어서, 하나의 펄스에 대하여, 수동으로 선택된 각 피크의 측정 시간과 자동으로 감지된 피크의 측정 시간의 절대값 차이를 오차로 계산하였으며, 30ms 이하의 오차는 무시되었다.
- [119] 이와 같은 방법을 통해 P1, P2, 및 P3에 대하여 각각 98.2%, 97.1%, 94.5%의 정확도가 계산되었다. 또한, P1, P2, 및 P3 피크의 시간 지연에 관한 평균 오차는 각각 -0.56, -0.02, 0.39 ms이었다. 상술한 오차의 유의성을 검정하고자 실시한 Z-test에서, P1의 유의확률(p-value)은 0.99, P2는 0.67, 및 P3는 0.32의 값을 나타냈다. 통계적으로 유의미한 유의확률 값이 통상적으로 0.05 이하라는 사실을 기반으로 해석할 때, 정확도 검증에서 나타난 오차가 유의미하지 않다는 것을 의미한다. 다시 말해 이는 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법에 의해 배정된 피크가 전문적인 관측자에 의해 배정된 피크와 유의하게 다르지 않았다는 것을 의미한다. 또한, 오차의 표준편차(Standard deviation of error, SDE)를 각 피크에 대해 계산한 결과, P1에서 4.16, P2에서 4.71, P3에서 7.43ms인 것으로 나타났다. Hu, X. 등의 2008년 논문에 따르면, peak 인식 기능에 있어 SDE 값이 10 ms 미만인 경우 높은 정확도를 보이는 것으로 해석할 수 있다.
- [120] 한편, 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 통신 매체는 전형적으로 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈, 또는 반송파와 같은 변조된 데이터 신호의 기타 데이터, 또는 기타 전송

메커니즘을 포함하며, 임의의 정보 전달 매체를 포함한다.

- [121] 상술한 본 발명의 일 실시예에 따른 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 장치는 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현되는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체로는 컴퓨터 시스템에 의하여 해독될 수 있는 데이터가 저장된 모든 종류의 기록 매체를 포함한다. 예를 들어, ROM(Read Only Memory), RAM(Random Access Memory), 자기 테이프, 자기 디스크, 플래시 메모리, 광 데이터 저장장치 등이 있을 수 있다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 통신망으로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 읽을 수 있는 코드로서 저장되고 실행될 수 있다.
- [122] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [123] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.
- [124]

청구범위

[청구항 1]

동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 방법에 있어서,
 동맥 혈압 파형의 수축 피크에 기초하여 연속적인 두개내압 파형에서 파형의 시작점을 검출하는 단계;
 상기 파형의 시작점에 기초하여 연속적인 두개내압 파형에서 각각의 두개내압 파형을 구분하는 단계;
 상기 각각의 두개내압 파형에서 도함수 값을 도출하여 피크, 골, 및 플랫을 검출하는 단계;
 상기 각각의 두개내압 파형에서 상기 파형의 시작점으로부터 상기 검출된 피크의 시간 지연을 산출하여 시간 간격이 유사한 피크를 클러스터링하여 피크 클러스터를 생성하는 단계;
 동맥 혈압 파형의 중복 맥박 패임의 시간 지연값에 기초하여 상기 각각의 두개내압 파형에서 맥박 패임을 탐색하는 단계;
 상기 탐색된 두개내압의 맥박 패임에 기초하여 각각의 두개내압 파형에서 P1, P2 및 P3 피크를 검출하는 단계를 포함하는 두개내압 파형의 피크 검출 방법.

[청구항 2]

제 1 항에 있어서,
 연속적인 동맥 혈압 파형에서 수축 피크를 검출하는 단계;
 상기 수축 피크를 기초로 연속적인 동맥 혈압 파형에서 동맥 혈압 파형의 파형의 시작점을 검출하는 단계;
 상기 파형의 시작점을 기초로하여 상기 연속적인 동맥 혈압 파형을 각각의 동맥 혈압 파형으로 구분하는 단계;
 상기 각각의 동맥 혈압 파형에서 피크, 골, 및 플랫을 검출하는 단계; 및
 상기 검출된 골 중에서 중복 맥박 패임을 검출하는 단계를 더 포함하는 두개내압 파형의 피크 검출 방법.

[청구항 3]

제 1항에 있어서,
 연속적인 두개내압 파형에서 각각의 두개내압 파형을 구분하는 단계 이후에,
 부적절한 파형의 시작점을 가지는 두개내압 파형을 필터링 하는 단계를 더 포함하는 두개내압 파형의 피크 검출 방법.

[청구항 4]

제 1 항에 있어서,
 상기 두개내압 파형에서 P1, P2 및 P3 피크를 검출하는 단계 이후에,
 상기 P1, P2 및 P3 피크의 진폭을 분석하여 뇌 손상 환자의 예후를 판단하는 단계를 더 포함하는 두개내압 파형의 피크 검출 방법.

- [청구항 5] 제 1 항에 있어서,
상기 두개내압 파형에서 P1, P2 및 P3 피크를 검출하는 단계
이후에,
상기 두개내압 파형의 시작점으로부터 상기 P1, P2 및 P3
피크까지의 지연 시간을 분석하여 뇌 손상 환자의 예후를
판단하는 단계를 더 포함하는 두개내압 파형의 피크 검출 방법.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서,
상기 두개내압 파형에서 P1, P2 및 P3 피크를 검출하는 단계
이후에,
상기 두개내압 파형에서 검출된 상기 P1, P2 및 P3 피크의 개수를
분석하여 뇌 손상 환자의 예후를 판단하는 단계를 더 포함하는
두개내압 파형의 피크 검출 방법.
- [청구항 7] 제 4 항 내지 제 6항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 뇌 손상 환자의 예후는
뇌 손상 환자의 두개강 내부 순응도의 악화 여부 또는 자동 조절
기능의 이상 여부를 판단하는 것인 두개내압 파형의 피크 검출
방법.
- [청구항 8] 제 1 항에 있어서,
상기 두개내압 파형에서 파형의 시작점을 검출하는 단계는
상기 동맥 혈압 파형의 j 번째 수축 피크의 측정 시간과 j+1 번째
수축 피크의 측정 시간 사이에 존재하는 두개내압 파형의
압력값의 최댓값, 최솟값, 및 평균값을 산출하는 단계; 및
상기 최댓값이 측정된 지점의 두개내압 파형의 측정 시간으로부터
상기 j 번째 수축 피크 측정 시간까지 시간 역순으로 수학적 식 1을
만족하는 두개내압 파형의 골을 두개내압 파형의 시작점으로
검출하는 단계를 포함하는 것인 두개내압 파형의 피크 검출 방법.
[수학적 식 1]

$$|P_{i,k} - \min P_i| < |P_{i,k} - \text{mean} P_i|$$
여기서, $P_{i,j}$ 는 두개내압 파형의 압력값, $\min P_i$ 는 두개내압 파형의
압력값의 최솟값, $\max P_i$ 는 두개내압 파형의 압력값의 최댓값, 및
 $\text{mean} P_i$ 는 두개내압 파형의 압력값의 평균값을 나타냄.
- [청구항 9] 제 1 항에 있어서,
상기 각각의 두개내압 파형에서 도함수 값을 도출하여 피크, 골, 및
플랫을 검출하는 단계는
두개내압 파형의 데이터를 정규화 하는 단계;
상기 정규화된 두개내압 파형에서 도함수 값을 도출하는 단계; 및
상기 도함수 값에 기초하여 피크, 골, 및 플랫을 검출하는 단계를
포함하는 것인 두개내압 파형의 피크 검출 방법.

- [청구항 10] 제 1 항에 있어서,
 상기 각각의 두개내압 파형에서 맥박 패임을 탐색하는 단계는
 상기 동맥 혈압 파형의 파형의 시작점으로부터 중복 맥박
 패임까지의 측정 시간 간극을 산출하여,
 상기 두개내압 파형의 파형의 시작점에 상기 중복 맥박 패임의
 측정 시간 간극을 더한 시점에서 가장 가까운 골을 두개내압
 파형의 맥박 패임으로 검출하는 것인 두개내압 파형의 피크 검출
 방법.
- [청구항 11] 제 1항에 있어서,
 상기 피크 클러스터를 오름차순 또는 내림차순으로 정렬하는
 단계를 더 포함하는 두개내압 파형의 피크 검출 방법.
- [청구항 12] 제 1 항에 있어서,
 상기 두개내압 파형에서 P1, P2 및 P3 피크를 검출하는 단계는
 상기 두개내압 파형에서 상기 맥박 패임이 발견된 경우,
 평균값이 작은 피크 클러스터에서 P1 피크를 검출하는 단계;
 상기 검출된 두개내압 파형의 맥박 패임 이전에 존재하는 피크를
 P2 피크로 검출하는 단계; 및
 상기 검출된 두개내압 파형의 맥박 패임 이후에 존재하는 피크를
 P3 피크로 검출하는 단계를 포함하는 두개내압 파형의 피크 검출
 방법.
- [청구항 13] 제 1 항에 있어서,
 상기 두개내압 파형에서 P1, P2 및 P3 피크를 검출하는 단계는
 상기 두개내압 파형에서 상기 맥박 패임이 발견되지 않은 경우,
 평균값이 작은 피크 클러스터부터 오름차순으로 정렬하는 단계;
 상기 정렬한 순서에 따라 첫 번째 클러스터에 배속된 피크를 P1
 피크로 검출하는 단계
 두 번째 클러스터에 배속된 피크를 P2 피크로 검출하는 단계; 및
 세 번째 클러스터에 배속된 피크를 P3 피크로 검출하는 단계를
 포함하는 두개내압 파형의 피크 검출 방법.
- [청구항 14] 제 12 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서,
 상기 첫 번째 클러스터에 배속된 피크와 두개내압 파형의 파형의
 시작점 사이의 평균 시간 간극이 200ms 이상인 경우,
 상기 첫 번째 클러스터에 배속된 피크를 P2로 검출하는 것인
 두개내압 파형의 피크 검출 방법.
- [청구항 15] 제 12항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서,
 상기 두개내압 파형에서 P1, P2 및 P3 중 어느 하나의 피크가
 검출되지 않을 경우,
 상기 플랫폼 중 어느 하나를 상기 검출되지 않는 피크로 검출하는

[청구항 16]

것인 두개내압 파형의 피크 검출 방법.
 동맥 혈압 파형의 특징점을 이용한 두개내압 파형의 피크 검출 장치에 있어서,
 두개내압 파형의 피크 검출 애플리케이션이 저장된 메모리부, 및
 상기 두개내압 파형의 피크 검출 애플리케이션과
 인터페이싱하도록 정렬된 프로세싱 유닛을 포함하되,
 상기 프로세싱 유닛은 상기 두개내압 파형의 피크 검출 애플리케이션의 실행에 따라,
 동맥 혈압 파형 및 두개내압 파형을 센서부로부터 수신하고 상기 수신된 동맥 혈압 파형 신호 및 두개내압 파형 신호를 디지털 데이터로 변환하여 메모리부에 저장하며,
 상기 동맥 혈압 파형의 수축 피크에 기초하여 연속적인 두개내압 파형에서 파형의 시작점을 검출하고,
 상기 파형의 시작점에 기초하여 연속적인 두개내압 파형에서 각각의 두개내압 파형을 구분하고
 상기 각각의 두개내압 파형에서 도함수 값을 도출하여 피크, 골, 및 플랫을 검출하여,
 상기 각각의 두개내압 파형에서 검출된 상기 파형의 시작점으로부터 상기 검출된 피크의 시간 지연을 산출하여 시간 간격이 유사한 피크를 클러스터링하여 피크 클러스터를 생성하고,
 동맥 혈압 파형의 중복 맥박 패임의 시간 지연값에 기초하여 상기 각각의 두개내압 파형에서 맥박 패임을 탐색한 후,
 상기 탐색된 두개내압의 맥박 패임에 기초하여 각각의 두개내압 파형에서 P1, P2 및 P3 피크를 검출하는 두개내압 파형의 피크 검출 장치.

[청구항 17]

제 16 항에 있어서,
 상기 동맥 혈압 파형 및 상기 두개내압 파형을 검출하는 센서부 및
 상기 검출된 동맥 혈압 파형, 상기 두개내압 파형, 및 상기 두개내압 파형에서 검출된 P1, P2 및 P3 피크를 실시간으로 표시하는 디스플레이를 더 포함하는 두개내압 파형의 피크 검출 장치.

[청구항 18]

제 17 항에 있어서,
 상기 디스플레이는
 상기 두개내압 파형에서 검출된 P1, P2 및 P3 피크를 색으로써 구분하여 표시하는 것인 두개내압 파형의 피크 검출 장치.

[청구항 19]

제 16항에 있어서,
 상기 프로세싱 유닛은
 연속적인 동맥 혈압 파형에서 수축 피크를 검출하고,

상기 수축 피크를 기초로 연속적인 동맥 혈압 파형에서 동맥 혈압 파형의 파형의 시작점을 검출하여 상기 연속적인 동맥 혈압 파형을 각각의 동맥 혈압 파형으로 구분하며,
상기 각각의 동맥 혈압 파형에서 피크, 골, 및 플랫폼을 검출하여,
상기 검출된 골 중에서 중복 맥박 패임을 검출하는 것인 두개내압 파형의 피크 검출 장치.

[청구항 20]

제 16 항에 있어서,
상기 프로세싱 유닛은
상기 두개내압 파형에서 검출된 상기 P1, P2 및 P3 피크의 진폭,
상기 두개내압 파형의 시작점으로부터 상기 두개내압 파형에서 검출된 상기 P1, P2 및 P3 피크까지의 지연 시간, 및
상기 두개내압 파형에서 검출된 상기 P1, P2 및 P3 피크의 개수 중 어느 하나에 기초하여 뇌 손상 환자의 예후를 판단하도록 하는 것인 두개내압 파형의 피크 검출 장치.

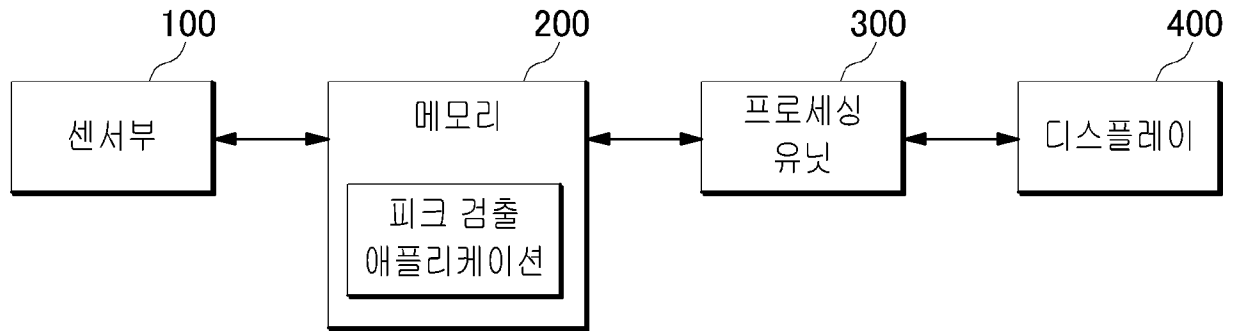
[청구항 21]

제 20항에 있어서,
상기 뇌 손상 환자의 예후는
뇌 손상 환자의 두개강 내부 순응도의 악화 여부 또는 자동 조절 기능의 이상 여부를 판단하는 것인 두개내압 파형의 피크 검출 장치.

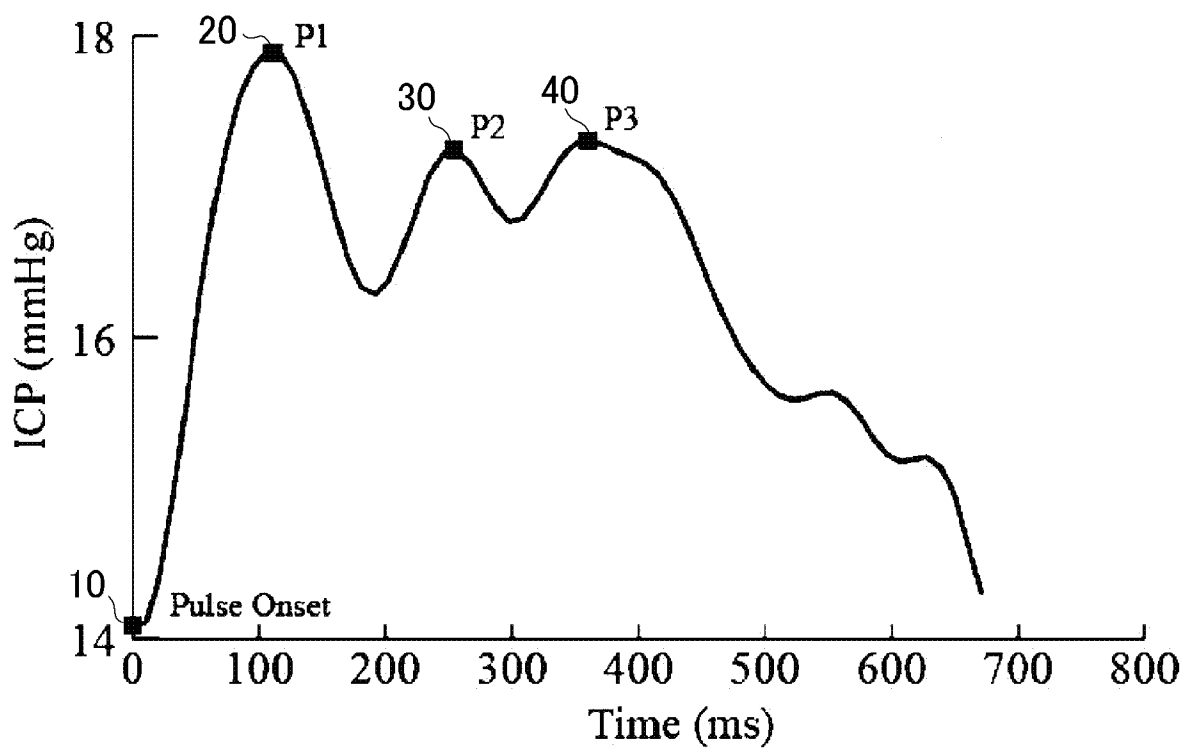
[청구항 22]

청구항1 내지 청구항 15중 어느 한 항에 따른 두개내압 파형의 피크 검출 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체.

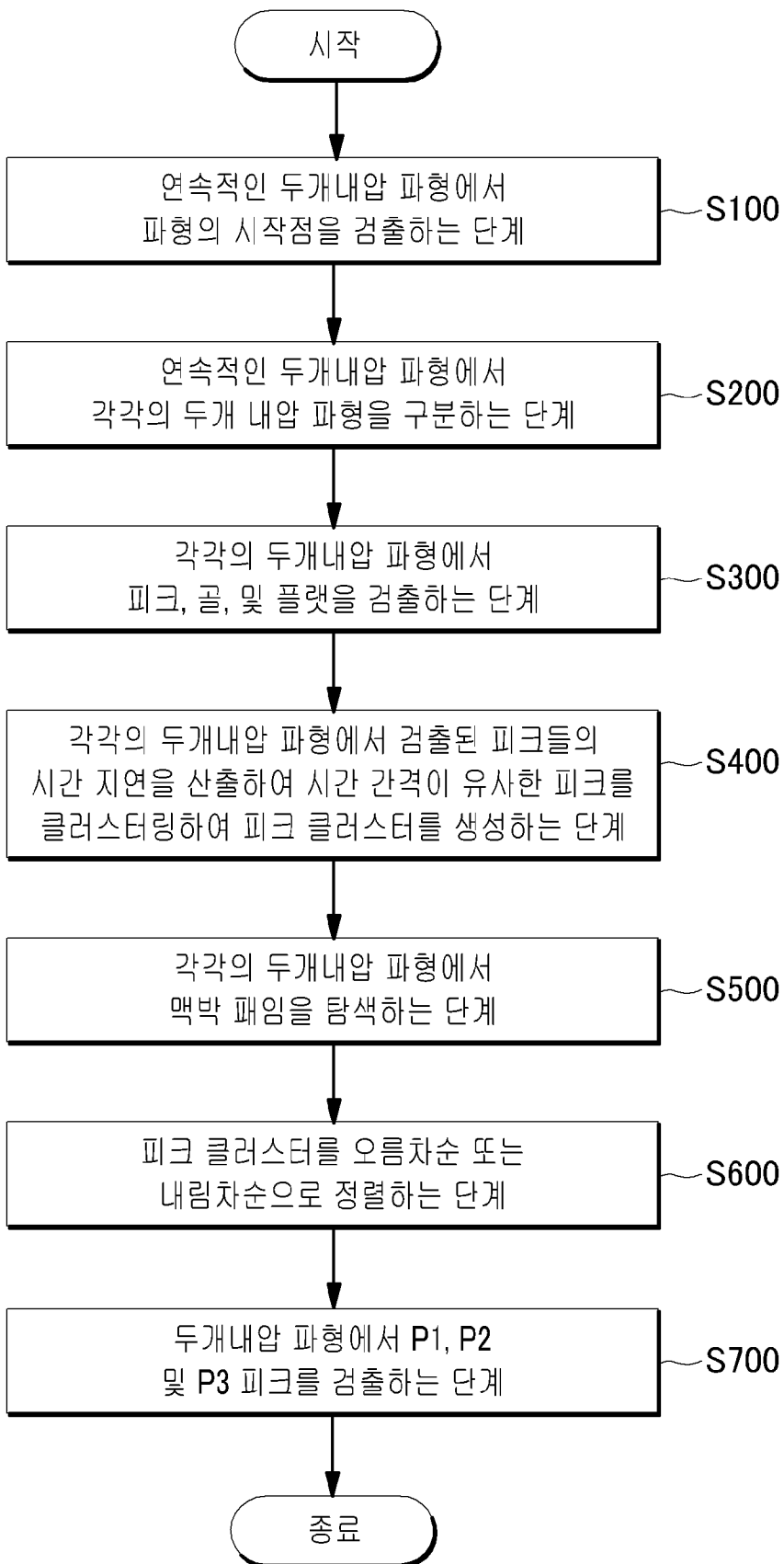
[Fig. 1]



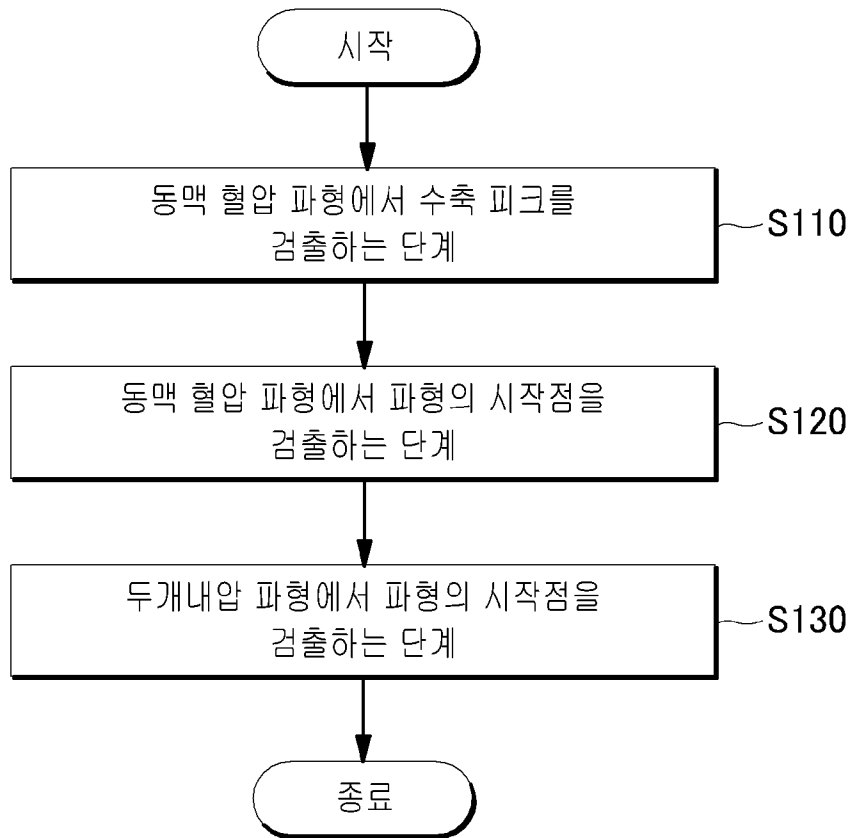
[Fig. 2]



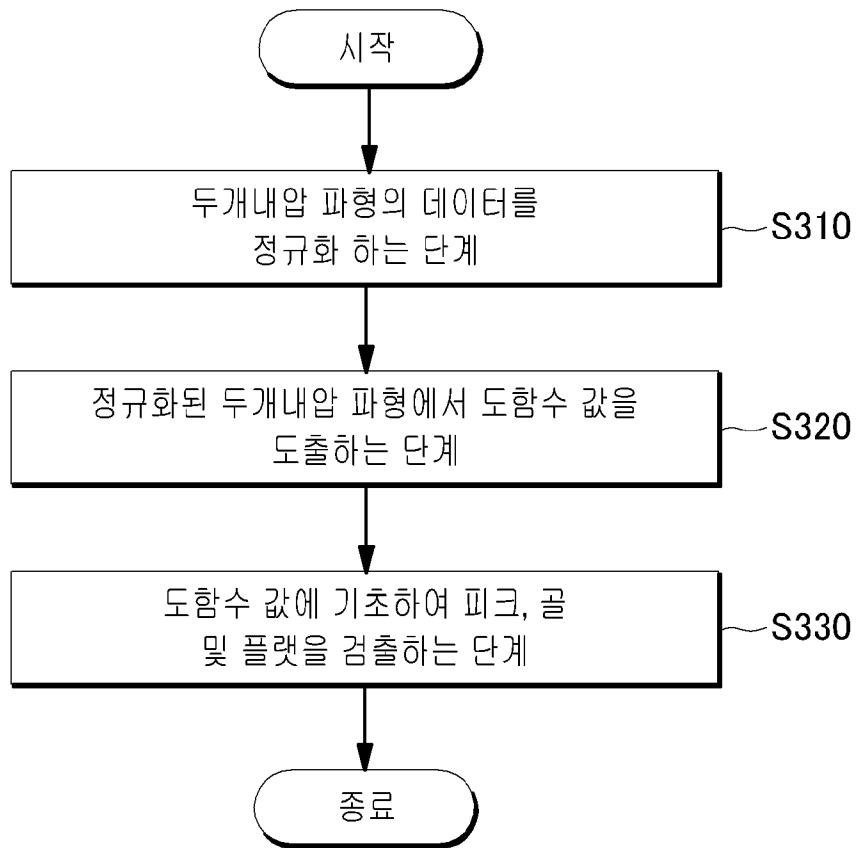
[Fig. 3]



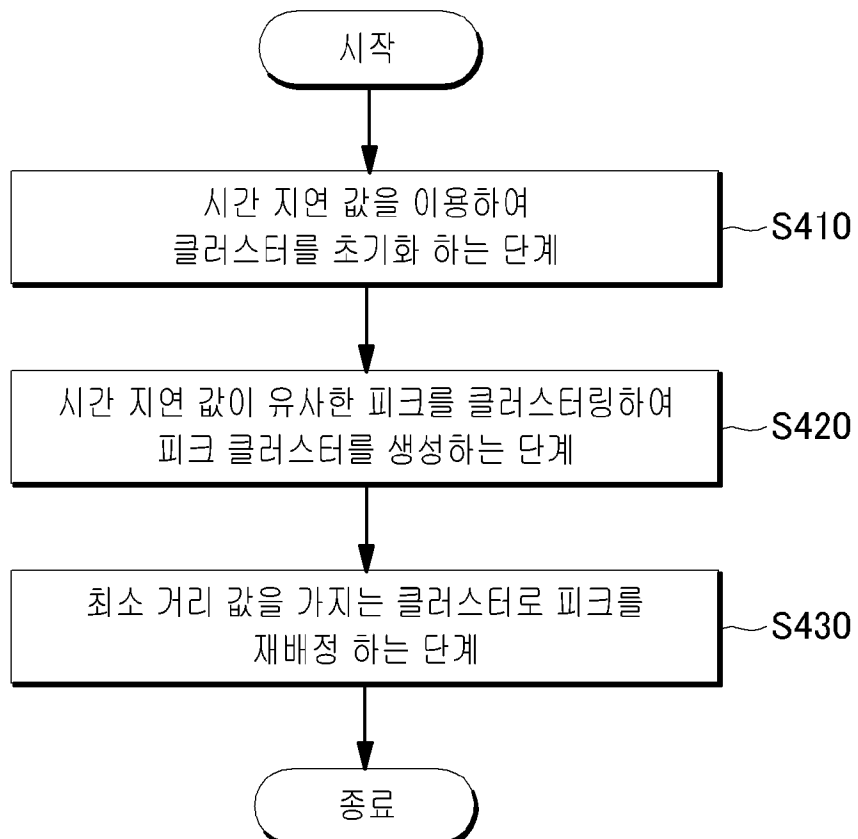
[Fig. 4]



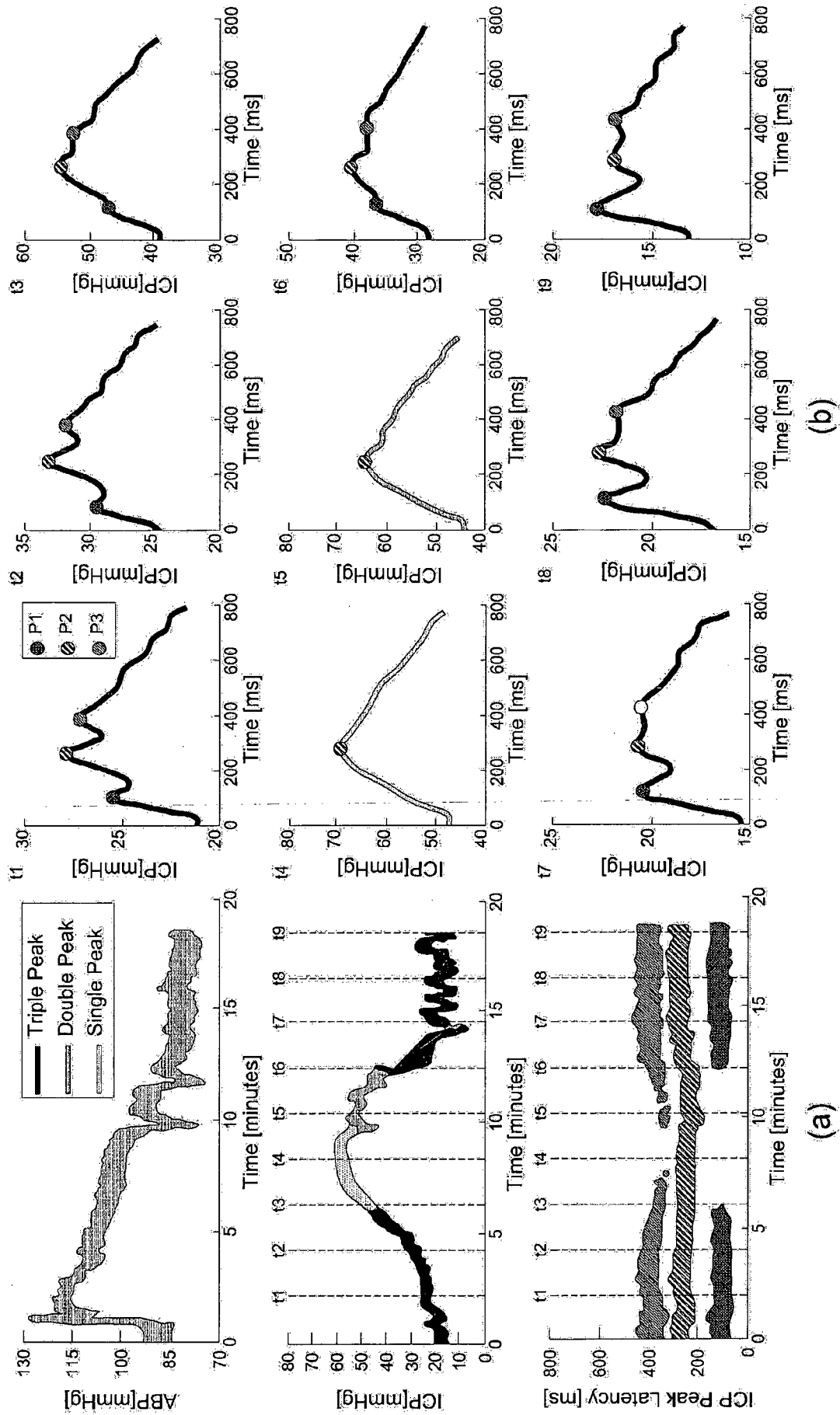
[Fig. 5]



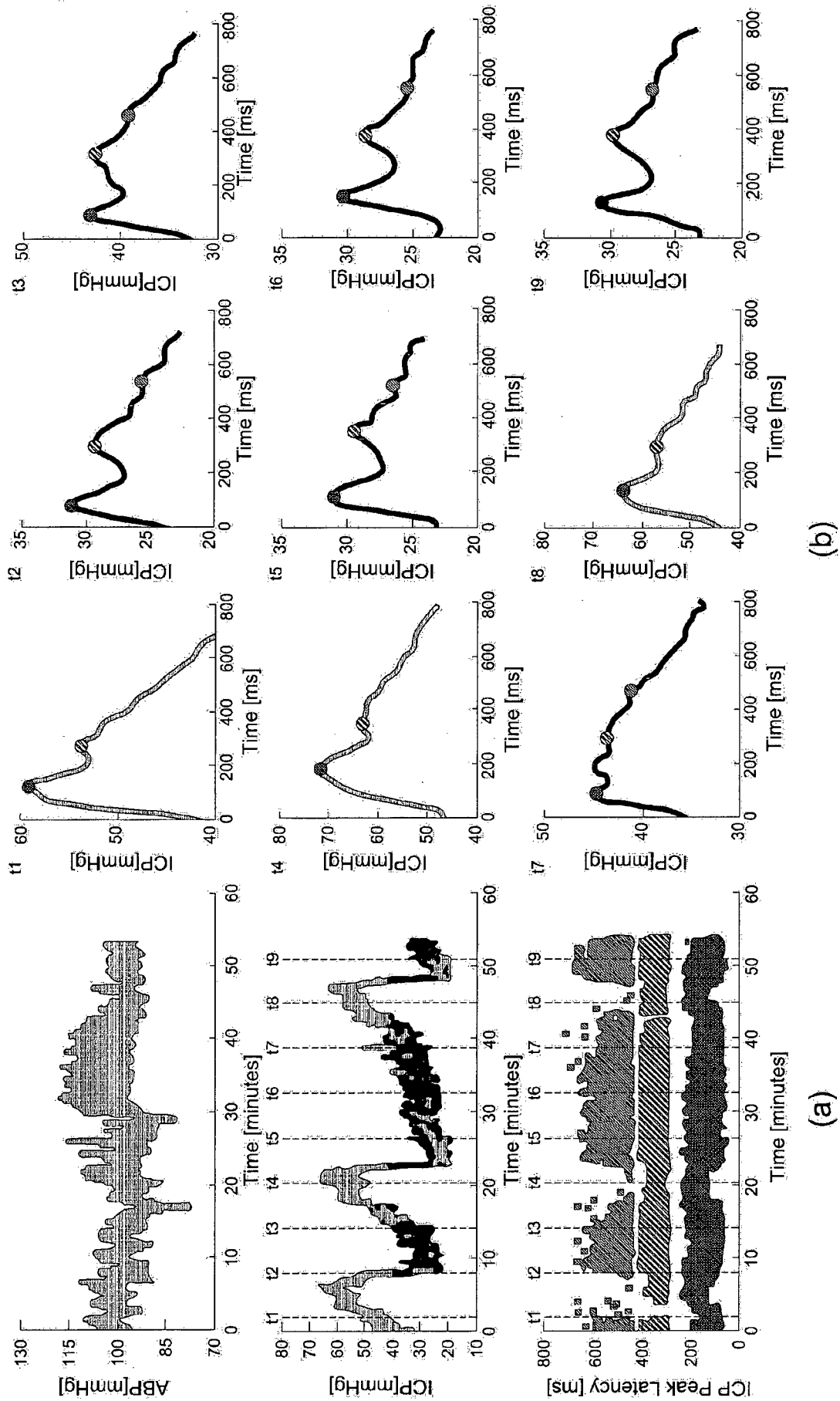
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]

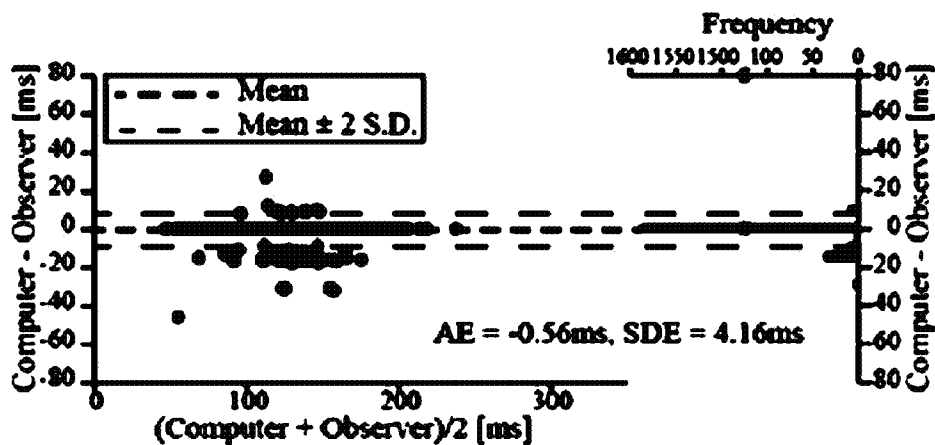


[Fig. 9]

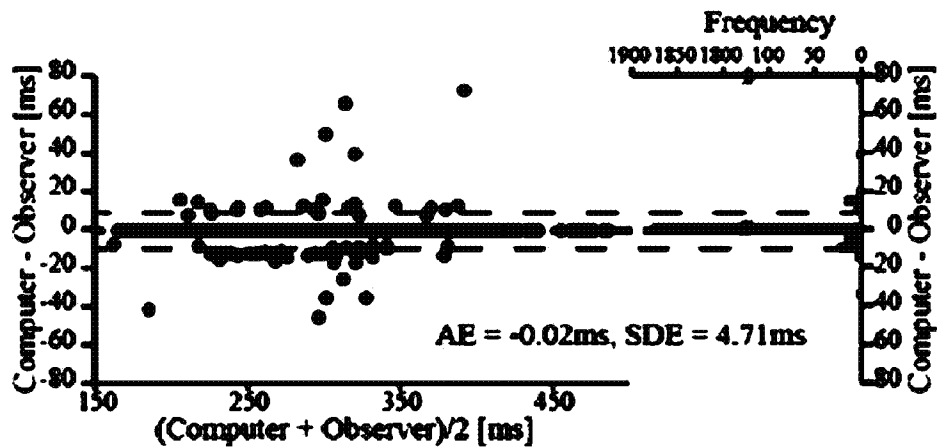
(a)

Subject	P1	P2	P3
Patient 1	0.935	0.999	0.910
Patient 2	0.985	0.955	0.910
Patient 3	0.995	0.975	0.960
Patient 4	0.995	0.955	0.900
Patient 5	0.999	0.945	0.870
Patient 6	0.995	0.990	0.955
Patient 7	0.985	0.975	0.960
Patient 8	0.935	0.940	0.970
Patient 9	0.995	0.985	0.925
Patient 10	0.995	0.990	0.955

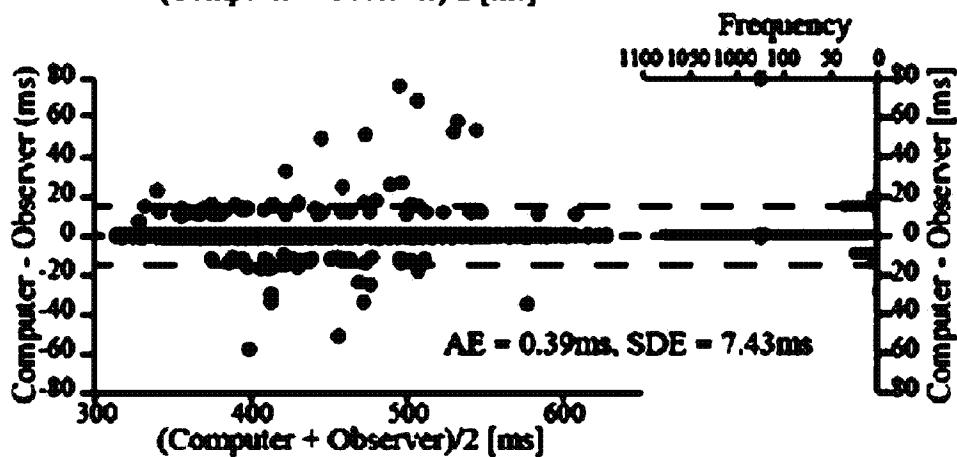
(b)



(c)



(d)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2016/004132**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER***A61B 5/03(2006.01)i, A61B 5/021(2006.01)i, A61B 5/024(2006.01)i, G06K 9/00(2006.01)i*

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B 5/03; A61B 5/0285; A61B 5/0245; A61B 5/02; A61B 5/16; A61B 5/021; G06K 9/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: blood pressure, waveform, peak, valley, flat, cluster, notch

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2012-0058243 A (UNIVERSITY-INDUSTRY COOPERATION GROUP OF KYUNG HEE UNIVERSITY et al.) 07 June 2012 See abstract, paragraphs [51]-[60], claim 1 and figures 5-7b.	1-22
A	KR 10-2002-0002450 A (MERIDIAN CO.) 09 January 2002 See abstract, claims 1-11 and figures 1a-4.	1-22
A	JP 2004-313468 A (OMRON HEALTHCARE CO., LTD.) 11 November 2004 See abstract, claims 1-9 and figures 1, 2.	1-22
A	JP 2011-229767 A (NINTENDO CO., LTD.) 17 November 2011 See abstract, claims 14-16 and figure 1.	1-22
A	KR 10-2006-0111391 A (FUKUDA DENSHI CO., LTD.) 27 October 2006 See abstract, claims 1-10 and figures 1-9.	1-22

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 AUGUST 2016 (10.08.2016)

Date of mailing of the international search report

11 AUGUST 2016 (11.08.2016)

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2016/004132

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2012-0058243 A	07/06/2012	US 2013-0324859 A1 WO 2012-074193 A2 WO 2012-074193 A3	05/12/2013 07/06/2012 26/07/2012
KR 10-2002-0002450 A	09/01/2002	NONE	
JP 2004-313468 A	11/11/2004	CN 1537508 A EP 1468644 A1 US 2004-0210145 A1 US 7291113 B2	20/10/2004 20/10/2004 21/10/2004 06/11/2007
JP 2011-229767 A	17/11/2011	JP 5578515 B2	27/08/2014
KR 10-2006-0111391 A	27/10/2006	CN 1850000 A EP 1715429 A1 JP 2006-296888 A US 2006-0258944 A1	25/10/2006 25/10/2006 02/11/2006 16/11/2006

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

A61B 5/03(2006.01)i, A61B 5/021(2006.01)i, A61B 5/024(2006.01)i, G06K 9/00(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

A61B 5/03; A61B 5/0285; A61B 5/0245; A61B 5/02; A61B 5/16; A61B 5/021; G06K 9/00

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 혈압, 파형, 피크, 골, 플랫폼, 클러스터, 패임

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-2012-0058243 A (경희대학교 산학협력단 등) 2012.06.07 요약, 문단번호 [51]-[60], 청구항 1 및 도면 5-7b 참조.	1-22
A	KR 10-2002-0002450 A (주식회사 메리디안) 2002.01.09 요약, 청구항 1-11 및 도면 1a-4 참조.	1-22
A	JP 2004-313468 A (OMRON HEALTHCARE CO., LTD.) 2004.11.11 요약, 청구항 1-9 및 도면 1,2 참조.	1-22
A	JP 2011-229767 A (NINTENDO CO., LTD.) 2011.11.17 요약, 청구항 14-16 및 도면 1 참조.	1-22
A	KR 10-2006-0111391 A (후쿠다 덴췌 컴퍼니 리미티드) 2006.10.27 요약, 청구항 1-10 및 도면 1-9 참조.	1-22

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2016년 08월 10일 (10.08.2016)

국제조사보고서 발송일

2016년 08월 11일 (11.08.2016)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

김연정

전화번호 +82-42-481-3325



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2012-0058243 A	2012/06/07	US 2013-0324859 A1 WO 2012-074193 A2 WO 2012-074193 A3	2013/12/05 2012/06/07 2012/07/26
KR 10-2002-0002450 A	2002/01/09	없음	
JP 2004-313468 A	2004/11/11	CN 1537508 A EP 1468644 A1 US 2004-0210145 A1 US 7291113 B2	2004/10/20 2004/10/20 2004/10/21 2007/11/06
JP 2011-229767 A	2011/11/17	JP 5578515 B2	2014/08/27
KR 10-2006-0111391 A	2006/10/27	CN 1850000 A EP 1715429 A1 JP 2006-296888 A US 2006-0258944 A1	2006/10/25 2006/10/25 2006/11/02 2006/11/16