



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년03월22일
(11) 등록번호 10-1124641
(24) 등록일자 2012년02월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/02 (2006.01) A61B 8/06 (2006.01)
A61B 5/0402 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7026416
(22) 출원일자(국제) 2009년10월01일
심사청구일자 2009년12월17일
(85) 번역문제출일자 2009년12월17일
(65) 공개번호 10-2010-0061619
(43) 공개일자 2010년06월08일
(86) 국제출원번호 PCT/KR2009/005626
(87) 국제공개번호 WO 2010/038994
국제공개일자 2010년04월08일
(30) 우선권주장
1020080096949 2008년10월02일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
JP2002515277 A
JP2004501712 A
JP2008528112 A
전체 청구항 수 : 총 9 항

(73) 특허권자
현석산
서울특별시 강서구 방화대로47가길 22, 409동 50
5호 (방화동, 방화아파트)
김광태
서울특별시 강서구 방화대로47가길 22, 409동 50
5호 (방화동, 방화아파트)
(72) 발명자
김광태
서울특별시 강서구 방화대로47가길 22, 409동 50
5호 (방화동, 방화아파트)
(74) 대리인
권오준

심사관 : 조천환

(54) 발명의 명칭 **뇌혈관 분석 장치**

(57) 요약

본 발명은 뇌혈관의 질환을 진단하기 위해 뇌혈관의 생물역학적 특성과 혈류 특성을 측정하도록 심전도, 심음도, 맥파 신호 및 초음파 도플러 신호를 기초 자료로 뇌혈관계를 생물역학적으로 분석함으로써, 뇌혈관계의 매 혈관 가지들에서 탄성계수, 혈관의 순응성과 혈류 저항, 혈류량을 측정하여 뇌혈전을 비롯한 여러가지 뇌혈관 난치의 병을 조기 진단할 수 있는 뇌혈관 분석 장치에 관한 것이다.

특허청구의 범위

청구항 1

심전도 센서, 심음도 센서, 맥파 센서 및 초음파 센서를 포함한 생체신호 측정센서부와, 상기 생체신호 측정센서부의 각 센서에 연결되어 측정된 생체신호를 수신받아 신호 처리하는 생체신호 수신 및 처리부로 구성된 생체신호 측정계; 및

상기 생체신호 수신 및 처리부와 연결되어 서로 통신하며 측정 데이터를 수신받아 뇌혈관을 분석하기 위한 생물역학적 지표를 산출하는 주처리부와, 상기 주처리부에 연결되어 사용자의 제어 명령을 입력받는 입력부와, 상기 주처리부에 연결되어 산출된 결과를 보여주는 출력부로 구성된 분석 지표 산출계를 포함하여 구성되되,

상기 맥파 센서는 커프(Cuff) 맥파 센서, 경동맥 맥파 센서 및 대퇴동맥 맥파 센서 중 어느 하나이고,

상기 생체신호 측정계는 상기 생체신호 측정센서부로부터 ECG, PCG 및 APG 파형을 동시에 얻고,

상기 주처리부는 상기 생체신호 측정계로부터 획득된 생체신호로 얻은 뇌혈관의 압력곡선, 상기 압력곡선에 대한 수축기와 이완기의 면적 및 상기 뇌혈관의 혈류량을 포함한 기초 정보로 상기 뇌혈관의 순응성(C) 및 저항(R)을 포함한 생물역학적 지표를 산출하는 것을 특징으로 하는 뇌혈관 분석 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 생체신호 수신 및 처리부는,

상기 생체신호 측정센서부로부터 수신되는 생체신호를 처리하여 상기 주처리부로 측정 데이터를 전송하도록 제어하는 제어기(microcontroller);

상기 제어기의 제어신호에 의하여 상기 심전도 센서, 심음도 센서, 맥파 센서 및 초음파 센서로부터 수신되는 생체신호를 선택하는 다중신호선택기;

상기 다중신호선택기에 의하여 선택된 생체신호를 상기 제어기의 제어신호에 따라 잡음제거 또는 증폭도 조절하는 잡음제거 및 신호증폭기;

상기 잡음제거 및 신호증폭기를 통과한 생체신호를 받아 상기 입력부의 제어 명령 또는 상기 주처리부에 내장된 프로그램의 제어 명령이 상기 제어기를 통하여 필요한 생체신호를 선택받도록 하는 신호절환기;

상기 신호절환기에서 선택된 생체신호를 상기 제어기의 제어신호에 따라 샘플링(sampling)하고 홀딩(holding)하는 표본유지기; 및

상기 표본유지기를 통해 홀딩(holding)된 생체신호를 상기 제어기의 제어신호에 따라 디지털 신호로 바꾸어 상기 제어기로 보내는 A/D 변환기를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 뇌혈관 분석 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 경동맥 맥파 센서와 상기 대퇴동맥 맥파 센서는 동일한 압력센서이고, 상기 커프(Cuff) 맥파 센서는 커프 혈압계에 압력센서가 더 부착된 것을 특징으로 하는 뇌혈관 분석 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 커프(Cuff) 맥파 센서는 상기 커프 혈압계의 공기 주머니와 연결된 고무관에 지로관을 형성하고, 상기 지로관 출구에 어댑터를 장착하고, 상기 어댑터를 상기 경동맥 맥파 센서 또는 상기 대퇴동맥 맥파 센서와 동일한 구조의 센서 개방홈에 장착한 것을 특징으로 하는 뇌혈관 분석 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 주처리부는,

상기 입력부로 기초 정보를 입력받고, 상기 생체신호 측정계를 통하여 상기 생체신호를 수신받는 제 1 단계;

상기 수신된 생체신호의 파형을 분석하고 상기 분석된 파형 자료를 기초로 뇌혈관의 압력곡선, 상기 압력곡선에 대한 수축기와 이완기의 면적 및 상기 뇌혈관의 혈류량을 얻는 제 2 단계; 및

상기 얻은 압력곡선, 압력곡선의 면적 및 혈류량과 상기 입력받은 기초 정보를 기초로 상기 뇌혈관의 순응성(C) 및 저항(R)을 포함한 생물역학적 지표를 산출하여 뇌혈관 분석 결과를 보여주는 제 3 단계가 포함하도록 프로그램된 것을 특징으로 하는 뇌혈관 분석 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 제 2 단계의 상기 뇌혈관은 좌, 우측 후대뇌동맥을 포함하고,

상기 제 3 단계에서의 상기 생물역학적 지표 중 좌, 우측 후대뇌동맥의 순응성(C_{p1} , C_{p2}) 및 좌, 우측 후대뇌동맥의 저항(R_{p1} , R_{p2})은 각각 하기 수식 즉,

$$C_{p1} = \frac{A_{p1s} - A_{p1d}}{P_{p1s} - P_{p1d}} \cdot \frac{S_{p1}}{A_{p1s} + A_{p1d}} \quad (\text{수식 1});$$

좌측 후대뇌동맥의 순응성

$$C_{p2} = \frac{A_{p2s} - A_{p2d}}{P_{p2s} - P_{p2d}} \cdot \frac{S_{p2}}{A_{p2s} + A_{p2d}} \quad (\text{수식 2});$$

우측 후대뇌동맥의 순응성

$$R_{p1} = \frac{A_{p1s} + A_{p1d}}{S_{p1}} \quad (\text{수식 3}); \text{ 및}$$

좌측 후대뇌동맥의 저항

$$R_{p2} = \frac{A_{p1s} + A_{p1d}}{S_{p2}} \quad (\text{수식 4})$$

에 의하여 산출되고, 상기 수식 1 내지 4에서, P_{p1s} 는 좌측 후대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{p1d} 는 좌측 후대뇌동맥의 이완기 혈압, P_{p2s} 는 우측 후대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{p2d} 는 우측 후대뇌동맥의 이완기 혈압, A_{p1s} 는 좌측 후대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{p1d} 는 좌측 후대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, A_{p2s} 는 우측 후대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{p2d} 는 우측 후대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, S_{p1} 은 좌측 후대뇌동맥의 혈류량, S_{p2} 은 우측 후대뇌동맥의 혈류량인 것을 특징으로 하는 뇌혈관 분석 장치.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 제 2 단계의 상기 뇌혈관은 좌, 우측 전대뇌동맥을 포함하고,

상기 제 3 단계에서의 상기 생물역학적 지표 중 좌, 우측 전대뇌동맥의 순응성(C_{a1} , C_{a2}) 및 좌, 우측 전대뇌동맥의 저항(R_{a1} , R_{a2})은 각각 하기 수식 즉,

$$C_{a1} = \frac{A_{a1s} - A_{a1d}}{P_{a1s} - P_{a1d}} \cdot \frac{S_{a1}}{(A_{a1s} + A_{a1d})(1 + K)} \quad (\text{수식 5});$$

좌측 전대뇌동맥의 순응성

$$C_{a2} = \frac{A_{a2s} - A_{a2d}}{P_{a2s} - P_{a2d}} \cdot \frac{S_{a2}}{(A_{a2s} + A_{a2d})(1 + K)} \quad (\text{수식 6});$$

우측 전대뇌동맥의 순응성

$$R_{a1} = \frac{A_{a1s} + A_{a1d}}{S_{a1}(1 + K)} \quad (\text{수식 7}); \text{ 및}$$

좌측 전대뇌동맥의 저항

$$R_{a2} = \frac{A_{a2s} + A_{a2d}}{S_{a2}(1 + K)} \quad (\text{수식 8})$$

에 의하여 산출되고, 상기 수식 5 내지 8에서, P_{a1s} 는 좌측 전대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{a1d} 는 좌측 전대뇌동맥의 이완기 혈압, P_{a2s} 는 우측 전대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{a2d} 는 우측 전대뇌동맥의 이완기 혈압, A_{a1s} 는 좌측 전대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{a1d} 는 좌측 전대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, A_{a2s} 는 우측 전대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{a2d} 는 우측 전대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, S_{a1} 은 좌측 전대뇌동맥의 혈류량, S_{a2} 은 우측 전대뇌동맥의 혈류량, K 는 임상계수인 것을 특징으로 하는 뇌혈관 분석 장치.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 제 2 단계의 상기 뇌혈관은 좌, 우측 중대뇌동맥을 포함하고,

상기 제 3 단계에서의 상기 생물역학적 지표 중 좌, 우측 중대뇌동맥의 순응성(C_{a1} , C_{a2}) 및 좌, 우측 중대뇌동맥의 저항(R_{a1} , R_{a2})은 각각 하기 수식 즉,

$$C_{m1} = \frac{A_{m1s} - A_{m1d}}{P_{m1s} - P_{m1d}} \cdot \frac{S_{m1}K}{(A_{m1s} + A_{m1d})(1 + K)} \quad (\text{수식 9});$$

좌측 중대뇌동맥의 순응성

$$C_{m2} = \frac{A_{m2s} - A_{m2d}}{P_{m2s} - P_{m2d}} \cdot \frac{S_{m2}K}{(A_{m2s} + A_{m2d})(1 + K)} \quad (\text{수식 10});$$

우측 중대뇌동맥의 순응성

$$R_{m1} = \frac{(A_{m1s} + A_{m1d})K}{S_{a1}(1 + K)} \quad (\text{수식 11}); \text{ 및}$$

좌측 중대뇌동맥의 저항

$$R_{m2} = \frac{(A_{m2s} + A_{m2d})K}{S_{a2}(1 + K)} \quad (\text{수식 12})$$

에 의하여 산출되고, 상기 수식 9 내지 12에서, P_{m1s} 는 좌측 중대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{m1d} 는 좌측 중대뇌동맥의 이완기 혈압, P_{m2s} 는 우측 중대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{m2d} 는 우측 중대뇌동맥의 이완기 혈압, A_{m1s} 는 좌측 중대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{m1d} 는 좌측 중대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, A_{m2s} 는 우측 중대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{m2d} 는 우측 중대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, S_{m1} 은 좌측 중대뇌동맥의 혈류량, S_{m2} 은 우측 중대뇌동맥의 혈류량, K 는 임상계수인 것을 특징으로 하는 뇌혈관 분석 장치.

청구항 10

제 6 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 주처리부는 상기 제 3 단계에서 산출된 상기 뇌혈관의 순응성(C) 및 저항(R)을 상기 출력부에 C-R 상태도(Chart) 상의 점으로 나타내도록 제어하는 것을 특징으로 하는 뇌혈관 분석 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 뇌혈관의 생물역학적 특성과 혈류 특성을 측정하여 뇌혈관 질환을 분석하는 뇌혈관 분석 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 뇌혈관계를 내경동맥가지, 전대뇌혈관가지, 중대뇌혈관가지, 후대뇌혈관가지, 추골동맥가지 및 뇌기저동맥가지로 이루어진 계로 구분하고 이를 분석하여 뇌혈관계의 매 혈관가지들에서 혈관의 기질적 변화를 보여주는 혈관의 탄성계수를 구하고, 뇌혈관계의 혈류특성, 기질적 변화와 기능적 변화를 동시에 보여주는 혈관의 순응성과 혈류 저항, 혈류량을 측정하여 뇌혈전을 비롯한 여러가지 뇌혈관 난치의 병을 조기 진단하는 뇌혈관 분석 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 지금 임상에서는 뇌혈관 질환을 조기 진단하기 위하여 초음파 도플러계를 사용하고 있다. 그러나, 초음파 도플러계는 혈관 특성을 측정하지 못하기 때문에 뇌혈관 질환을 조기 진단하기에 일정한 제한을 가지고 있다.

[0003] 지금까지 개발된 뇌혈관 질환 분석기로는 혈관 조영기, MRA, FMRI, SPET, TCD, TEE, TTE, QFM, CVD 등이 있다.

[0004] 이 중에서 혈관 조영기는 혈관 자체의 병적 변화를 직관적으로 관찰할 수 있다는 장점은 있으나, 조영제 주입을 위한 혈관 침습적인 조작이 필수적이고 조작이 복잡하다.

[0005] MRA나 FMRI는 혈관 조영기의 결함을 극복한 체계이지만, 제작 원가와 진단비용이 고가여서 특정한 병동에서만 이용할 수 있다는 결함이 있다.

[0006] 특히, MRA, FMRI, SPET는 서로 다소간 차이가 있지만 이 설비들에 의한 검사는 혈관 분포, 혈류 특성, 저혈류 구역 등을 확인할 수 있는 반면, 혈관의 특성을 확인할 수 없다.

[0007] 초음파 혈류 측정기(ultrasonic Quantitative Flow Measurement System: QFM)와 뇌혈관 특성 측정기(CVD)는 적은 비용으로 경동맥의 혈류량과 중대뇌 혈관과 전대뇌 혈관의 순응성을 구할 수 있다.

[0008] 그러나, 혈관의 특성을 특징화하는 혈관의 기질적 및 기능적 상태를 평가하자면 혈관으로 흐르는 혈류량이나 혈관벽에 작용하는 혈압과 같은 혈류 상태와 관련한 정보보다는 혈관 그 자체의 기질적 상태와 기능적 상태를 반영하는 혈관의 탄성계수, 혈관 순응성과 혈류 저항 등의 정보를 인지하는 것이 필요하다.

[0009] 그러나, 혈관의 기질 상태를 반영하는 뇌혈관계의 매 혈관가지들에서 혈관의 탄성계수와 혈관의 순응성과 직경, 혈류저항, 혈류량을 측정하는 것은 매우 어려운 문제이다.

[0010] 이것은 뇌혈관계의 구조가 복잡하고 뇌혈관계에서 혈관가지들은 서로 다른 역학적 거동을 하는데도 기인하지만, 살아 있는 사람의 몸에서 혈관의 기질적 변화를 보여주는 지표인 탄성계수를 측정하려면 생체내의 혈관을 채집하여 인장기로 당겨보는 것이 제일 정확한 방법이지만 그런 일은 불가능하기 때문이다.

[0011] 2002년 미국 캘리포니아 종합 대학 교수들인 Werner G, Marifan C, Tonny M, Jeffrey C 등 여러 학자들이 사람의 뇌혈관의 생물역학적 특성을 연구하고 'Mechanical and Failure Properties of Human Cerebral Blood Vessels'에 뇌혈관의 특성에 대한 논문을 발표한 바 있다.

[0012] 그러나, 이러한 결과들은 사람의 혈관을 채집하여 실험한 결과로 진단을 행하는데 사용될 수 있는 지표로는 이용될 수 없다.

[0013] 뇌혈관계의 혈류량과 순응성, 탄성계수, 혈류 저항 등을 간접적으로 구하기 위한 연구는 다양하게 진행된 바 있다.

[0014] 1997년-2004년 미국 학자 Biedma, Haoliu, Cwako shi를 비롯한 많은 학자들이 뇌혈관의 순응성과 저항을 구하는 문제를 제안하였다.

[0015] 그러나, 이상의 연구 결과들은 뇌혈관에서 혈압, 혈관의 순응성과 탄성계수, 혈류저항, 혈류량 분포에 대한 일반적 개시만을 담고 있을 뿐, 임상에 직접 적용될 수 있는 결과는 얻지 못하였다.

[0016] 임상에 적용할 목적으로 2006년 정광홍 교수(상해 복단 대학부교장)는 뇌혈관의 개별적 가지들의 혈류량을 구하는 설비 KF-3000을 개발한 바 있다.

[0017] KF-3000은 뇌혈관계에서 혈류 특성을 구하는데 혁신적인 성과를 거두었으나 혈관의 특성까지는 파악할 수 없어서 TCD를 뇌혈관 질병을 조기 진단하는데까지 발전시키지 못하였다.

- [0018] 정광홍 박사의 연구와는 달리 일본 COLLIN은 뇌혈관 질병을 조기 진단하는데 결정적 의의를 가지는 뇌혈관계의 혈류 특성과 혈관 특성을 평가하는 뇌혈류량계 QFM-2000X를 제안하였으며, 유사한 장치로서, 특허 출원된 '뇌혈관의 파라메타 측정 장치 및 방법'(An apparatus measuring parameter of cerebrovascular and method thereof)에 기초한 CVD-1000도 제안된 바 있다.
- [0019] 임상에 적용할 목적으로 개발된 초음파 혈류 측정기(ultrasonic Quantitative Flow Measurement System: QFM)와 상기 특허 출원된 '뇌혈관의 파라메타 측정 장치 및 방법'에 따른 구성은 적은 비용으로 내경동맥의 혈류량과 중대뇌 혈관과, 전대뇌 혈관의 순응성을 구함으로써 뇌혈관 질병을 조기 진단할 수 있는 가능성을 보여주었다.
- [0020] 그러나 초음파 혈류 측정기(QFM)와 상기 특허의 구성은 기본 측정 지표로 혈관의 순응성과 혈류 지표를 선정함으로써 혈관 특성의 두 가지 기본 특성인 혈관의 기질적 변화와 기능적 변화를 구분하여 규명하지는 못하였다.
- [0021] 특히, 초음파 혈류 측정기(QFM-2000X)와 뇌혈관 특성 측정기(CVD-1000)는 뇌혈관의 순응성과 저항을 구하기에는 여러가지 결점을 나타내고 있었다.
- [0022] QFM-2000X는 뇌혈관계를 좌우로 분리하고 내경동맥으로 들어가는 혈류량을 뇌혈류량으로 보고, 좌측 뇌혈관계와 우측 뇌혈관계를 평가하는 순응성 C와 저항 R을 구하였다.
- [0023] 따라서 뇌의 개별적 혈관 가치를 평가할 수 없었다.
- [0024] 또한, 이들 구성은 뇌혈관의 순응성과 저항을 구하기 위하여, 혈압 파형을 압력 맥파로, 혈류 파형을 초음파 도플러로 주고, 두 파형이 일치할 때까지 교정하여 C, R을 구하였는데, C, R 풀이는 변동 진폭이 크고 또한 곡선 근사가 실제 현상과 크게 차이가 나는 결점이 있었다.
- [0025] 사실 초음파 도플러로 혈류 파형을 잴 때, 수평면 오차 때문에 측정 오차가 대단히 크다. 그런데, 그런 측정 오차를 가진 파형을 놓고 두 파형을 근사시키는 것은 사실과 맞지 않으며 재현성이 적다. 또한, 곡선대 곡선근사는 약간의 파형 변동에도 두 파형의 근사시 큰 오차를 야기한다.
- [0026] 그러므로, QFM-2000X에서 순응성 C나 저항 R은 측정하는 사람에 따라 거의 10 ~ 100 배까지의 차이를 가져오며 재현성이 없어서 임상 지표로 사용하기 곤란하다.
- [0027] 상기 특허 출원된 뇌혈관의 파라메타 측정 장치 및 방법의 구성은 뇌혈관계를 모형화하고 분석할 때 뇌로 들어가는 혈류량을 구하지 않고 뇌로 흐르는 혈류량이 심박출량의 k배가 되는 것으로 가정함으로써, 정확한 임상 지표를 찾지 못하였다.
- [0028] 상기 특허 출원된 뇌혈관의 파라메타 측정 장치 및 방법의 구성에서는 다음과 같이 개시하고 있다.
- [0029] 내경동맥의 단면적이 80 ~ 90% 줄어 들어도 내경동맥으로 흘러들어가는 혈류량에는 변화가 없으므로, 이에 근거하여 내경동맥으로 흘러들어가는 혈류량은 $Q_c = K_c S_v$ 으로 계산할 수 있다. 여기서 S_v 는 심박출량, K_c 는 비례 상수이다.
- [0030] 삭제
- [0031] 삭제
- [0032] 그러나, 상기와 같은 가정은 의료 진단기기로서 충분한 담보가 될 수 없다.
- [0033] 또한, 상기 특허 출원된 뇌혈관의 파라메타 측정 장치 및 방법의 구성은 전대뇌 혈관과 중대뇌 혈관의 순응성과 저항이 일정한 비율로 나뉜다고 가정함으로써 질병 진단에서 정확도를 떨어뜨렸다.
- [0034] 특히, QFM-2000X와 상기 특허 출원된 뇌혈관의 파라메타 측정 장치 및 방법은 후대뇌혈관의 순응성과 저항을 구하는 방법을 제시하지 못하였다.
- [0035] 이처럼, QFM-2000X와 상기 특허된 뇌혈관의 파라메타 측정 장치 및 방법은 뇌혈관의 특성을 평가하기 위하여 탄성계수는 구하지 못하고 순응성과 저항만 구하였으나 그 자체도 많은 결함을 가지고 있다.
- [0036] 따라서, 뇌혈관계의 탄성계수, 순응성, 저항, 혈류량을 정확히 구하는 새로운 해법에 대한 요구가 존재한다.

발명의 상세한 설명

[0037] 기술적 과제

[0038] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해소하기 위해 안출된 것으로, 뇌혈관의 질환을 진단하기 위해 뇌혈관의 생물역학적 특성과 혈류 특성을 측정하도록 심전도, 심음도, 맥파 신호 및 초음파 도플러 신호를 기초 자료로 뇌혈관계를 생물역학적으로 분석함으로써, 뇌혈관계의 매 혈관가지들에서 탄성계수, 혈관의 순응성과 혈류 저항, 혈류량을 측정하여 뇌혈전을 비롯한 여러가지 뇌혈관 난치의 병을 조기 진단할 수 있는 뇌혈관 분석 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0039] 기술적 해결방법

[0040] 전술한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 의한 뇌혈관 분석 장치는 심전도 센서, 심음도 센서, 맥파 센서 및 초음파 센서를 포함한 생체신호 측정센서부와, 상기 생체신호 측정센서부의 각 센서에 연결되어 측정된 생체신호를 수신받아 신호 처리하는 생체신호 수신 및 처리부로 구성된 생체신호 측정계; 및 상기 생체신호 수신 및 처리부와 연결되어 서로 통신하며 측정 데이터를 수신받아 뇌혈관을 분석하기 위한 생물역학적 지표를 산출하는 주처리부와, 상기 주처리부에 연결되어 사용자의 제어 명령을 입력받는 입력부와, 상기 주처리부에 연결되어 산출된 결과를 보여주는 출력부로 구성된 분석 지표 산출계를 포함하여 구성되며, 상기 주처리부는 상기 생체신호 측정계로부터 획득된 생체신호로 얻은 뇌혈관의 압력곡선, 상기 압력곡선에 대한 수축기와 이완기의 면적 및 상기 뇌혈관의 혈류량을 포함한 기초 정보로 생물역학적 지표를 산출하는 것을 제 1의 특징으로 한다.

[0041] 그리고, 상기 생체신호 수신 및 처리부는, 상기 생체신호 측정센서부로부터 수신되는 생체신호를 처리하여 상기 주처리부로 측정 데이터를 전송하도록 제어하는 제어기(microcontroller); 상기 제어기의 제어신호에 의하여 상기 심전도 센서, 심음도 센서, 맥파 센서 및 초음파 센서로부터 수신되는 생체신호를 선택하는 다중신호선택기; 상기 다중신호선택기에 의하여 선택된 생체신호를 상기 제어기의 제어신호에 따라 잡음제거 또는 증폭도 조절하는 잡음제거 및 신호증폭기; 상기 잡음제거 및 신호증폭기를 통과한 생체신호를 받아 상기 입력부의 제어 명령 또는 상기 주처리부에 내장된 프로그램의 제어 명령이 상기 제어기를 통하여 필요한 생체신호를 선택받도록 하는 신호절환기; 상기 신호절환기에서 선택된 생체신호를 상기 제어기의 제어신호에 따라 샘플링(sampling)하고 홀딩(holding)하는 표본유지기; 및 상기 표본유지기를 통해 홀딩(holding)된 생체신호를 상기 제어기의 제어신호에 따라 디지털 신호로 바꾸어 상기 제어기로 보내는 A/D 변환기를 포함하여 구성된 것을 제 2의 특징으로 한다.

[0042] 그리고, 상기 맥파 센서는 커프(Cuff) 맥파 센서, 경동맥 맥파 센서 및 대퇴동맥 맥파 센서 중 어느 하나이고, 상기 생체신호 측정계는 상기 생체신호 측정센서부로부터 ECG, PCG 및 APG 파형을 동시에 얻는 것을 제 3의 특징으로 한다.

[0043] 그리고, 상기 경동맥 맥파 센서와 상기 대퇴동맥 맥파 센서는 동일한 압력센서이고, 상기 커프(Cuff) 맥파 센서는 커프 혈압계에 압력센서가 더 부착된 것을 제 4의 특징으로 한다.

[0044] 그리고, 상기 커프(Cuff) 맥파 센서는 상기 커프 혈압계의 공기 주머니와 연결된 고무관에 지로관을 형성하고, 상기 지로관 출구에 어댑터를 장착하고, 상기 어댑터를 상기 경동맥 맥파 센서 또는 상기 대퇴동맥 맥파 센서와 동일한 구조의 센서 개방홈에 장착한 것을 제 5의 특징으로 한다.

[0045] 그리고, 상기 주처리부는, 상기 입력부로 기초 정보를 입력받고, 상기 생체신호 측정계를 통하여 상기 생체신호를 수신받는 제 1 단계; 상기 수신된 생체신호의 파형을 분석하고 상기 분석된 파형 자료를 기초로 뇌혈관의 압력곡선, 상기 압력곡선에 대한 수축기와 이완기의 면적 및 상기 뇌혈관의 혈류량을 얻는 제 2 단계; 및 상기 얻은 압력곡선, 압력곡선의 면적 및 혈류량과 상기 입력받은 기초 정보를 기초로 상기 뇌혈관의 순응성(C) 및 저항(R)을 포함한 생물역학적 지표를 산출하여 뇌혈관 분석 결과를 보여주는 제 3 단계가 포함하도록 프로그램된 것을 제 6의 특징으로 한다.

[0046] 그리고, 상기 제 2 단계의 상기 뇌혈관은 좌, 우측 후대뇌동맥을 포함하고, 상기 제 3 단계에서의 상기 생물역학적 지표 중 좌, 우측 후대뇌동맥의 순응성(C_{p1} , C_{p2}) 및 좌, 우측 후대뇌동맥의 저항(R_{p1} , R_{p2})은 소정의 수식에 의하여 각각 산출된 것을 제 7의 특징으로 한다.

[0047] 그리고, 상기 제 2 단계의 상기 뇌혈관은 좌, 우측 전대뇌동맥을 포함하고, 상기 제 3 단계에서의 상기 생물역학적 지표 중 좌, 우측 전대뇌동맥의 순응성(C_{a1} , C_{a2}) 및 좌, 우측 전대뇌동맥의 저항(R_{a1} , R_{a2})은 소정의 수식에

의하여 각각 산출된 것을 제 8의 특징으로 한다.

[0048] 그리고, 상기 제 2 단계의 상기 뇌혈관은 좌, 우측 중대뇌동맥을 포함하고, 상기 제 3 단계에서의 상기 생물역학적 지표 중 좌, 우측 중대뇌동맥의 순응성(C_{a1} , C_{a2}) 및 좌, 우측 중대뇌동맥의 저항(R_{a1} , R_{a2})은 소정의 수식에 의하여 각각 산출된 것을 제 9의 특징으로 한다.

[0049] 그리고, 상기 주처리부는 상기 제 3 단계에서 산출된 상기 뇌혈관의 순응성(C) 및 저항(R)을 상기 출력부에 C-R 상태도(Chart) 상의 점으로 나타내도록 제어하는 것을 제 10의 특징으로 한다.

[0050] **유리한 효과**

[0051] 본 발명은 뇌혈관의 개별적 혈관가지의 기질적 변화를 반영하는 탄성계수를 분석하며 뇌혈관계의 혈류특성과 뇌혈관의 개별적 혈관가지의 기질적 변화와 기능적 변화를 반영하는 혈류량, 혈관 순응성, 혈류 저항을 산출함으로써, 뇌혈관 질환의 발생 위험성을 조기에 진단할 수 있다.

산업상 이용 가능성

[0290] 본 발명의 뇌혈관 분석 장치에 의하면, 뇌혈관의 개별적 혈관가지의 기질적 변화를 반영하는 탄성계수를 분석하며 뇌혈관계의 혈류특성과 뇌혈관의 개별적 혈관가지의 기질적 변화와 기능적 변화를 반영하는 혈류량, 혈관 순응성, 혈류 저항을 산출함으로써, 뇌혈관 질환의 발생 위험성을 조기에 진단할 수 있는 것이어서, 산업상 이용 가능성이 매우 높다.

도면의 간단한 설명

[0052] 도 1은 본 발명에 따른 뇌혈관 분석 장치의 일 실시예에 의한 전체 시스템의 블록도이다.

[0053] 도 2는 도 1의 생체신호 수신 및 처리부의 구성과 신호 흐름을 개념적으로 나타낸 블록도이다.

[0054] 도 3은 도 1의 맥파센서의 일종인 커프 맥파 센서의 구성을 보여주는 일면도 및 요부 분해 사시도이다.

[0055] 도 4는 뇌혈관 혈관가지의 연결상태를 개념적으로 보여주는 윌리스 씨클(Willis's circle)이다.

[0056] 도 5는 내경동맥에서 전대뇌동맥과 중대뇌동맥이 갈라지는 경우로 보고 모형화시킨 도 4에 의한 뇌혈관의 모형화 회로도이다.

[0057] 도 6은 내경동맥과 중대뇌동맥을 하나의 혈관가지로 보고 모형화시킨 도 4에 의한 뇌혈관의 모형화 회로도이다.

[0058] 도 7은 도 1의 주처리부의 일 예시적 작업도이다.

[0059] 도 8은 도 1의 주처리부에 의한 분석 결과의 일례로 C-R 상태도(Chart)를 보여준 일 예시도이다.

[0060] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 간단한 설명>

[0061] 10: 커프 혈압계 11: 커프

[0062] 12: 접착수단(벨크로) 13: 내장된 공기주머니

[0063] 14, 17, 18: 고무관 15: 공기 배출밸브

[0064] 16: 송기구 20: 어댑터

[0065] 21: 지로관 22: 지로관 장착부

[0066] 24: 뚜껑 26: 어댑터 돌출 연결부

[0067] 30: 맥파센서(압력센서) 31: 통기구

[0068] 32: 개방홈 34: 하우징 몸체

[0069] 36: 센싱 리드선 40: 전대뇌교통동맥

[0070] 41: 전대뇌동맥 42: 내경동맥

[0071] 43: 중대뇌동맥 44: 후대뇌교통동맥

[0072] 45: 후대뇌동맥 46: 뇌기저동맥

- [0073] 47: 전하소너동맥 48: 추골동맥
- [0074] 49: 후하소너동맥
- [0075] **발명의 실시를 위한 형태**
- [0076] 이하, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예에 대하여 첨부한 도면을 참고로 하여 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.
- [0077] 도 1은 본 발명에 따른 뇌혈관 분석 장치의 일 실시예에 의한 전체 시스템의 블록도이고, 도 2는 도 1의 생체신호 수신 및 처리부의 구성과 신호 흐름을 개념적으로 나타낸 블록도이고, 도 3은 도 1의 맥파센서의 일종인 커프 맥파 센서의 구성을 보여주는 일면도 및 요부 분해 사시도이고, 도 4는 뇌혈관 혈관가지의 연결상태를 개념적으로 보여주는 윌리스 씨클(Willi's circle)이고, 도 5는 내경동맥에서 전대뇌동맥과 중대뇌동맥이 갈라지는 경우로 보고 모형화시킨 도 4에 의한 뇌혈관의 모형화 회로도이고, 도 6은 내경동맥과 중대뇌동맥을 하나의 혈관가지로 보고 모형화시킨 도 4에 의한 뇌혈관의 모형화 회로도이고, 도 7은 도 1의 주처리부의 일 예시적 작업도이고, 도 8은 도 1의 주처리부에 의한 분석 결과의 일예로 C-R 상태도(Chart)를 보여준 일 예시도이다.
- [0078] 본 발명에 따른 뇌혈관 분석 장치의 일 실시예는 기본적으로, 도 1과 같이, 심전도 센서(122), 심음도 센서(124), 맥파 센서(126) 및 초음파 센서(128)를 포함한 생체신호 측정센서부(120)와, 상기 생체신호 측정센서부(120)의 각 센서에 연결되어 측정된 생체신호를 수신받아 신호 처리하는 생체신호 수신 및 처리부(140)로 구성된 생체신호 측정계(100); 및 상기 생체신호 수신 및 처리부(140)와 연결되어 서로 통신하며 측정 데이터를 수신받아 뇌혈관을 분석하기 위한 생물역학적 지표를 산출하는 주처리부(210)와, 상기 주처리부(210)에 연결되어 사용자의 제어 명령을 입력받는 입력부(220)와, 상기 주처리부(210)에 연결되어 산출된 결과를 보여주는 출력부(240)로 구성된 분석 지표 산출계(200)를 포함하여 구성되며, 상기 주처리부(210)는 상기 생체신호 측정계(100)로부터 획득된 생체신호로 얻은 뇌혈관의 압력곡선, 상기 압력곡선에 대한 수축기와 이완기의 면적 및 상기 뇌혈관의 혈류량을 포함한 기초 정보로 생물역학적 지표를 산출하는 것을 특징으로 한다.
- [0079] 여기서, 심전도 센서(122)는 적어도 3개 이상의 전극으로 구성되어 심전도(Electrocardiogram; ECG) 파형을 얻기 위한 것으로 심음도 센서와 함께 뇌혈관 압력곡선의 특징점(수축기 시작점, 수축기 최고점, 절흔점, 이완기 최고점, 이완기 종료점)을 파악하기 위한 것이다.
- [0080] 심음도 센서(124)는 심장의 판막이 여닫힐 때 나는 소리를 감지하기 위하여 마이크로폰으로 구성되고, 이를 통해 심음도(Phonocardiogram; PCG) 파형을 얻어 뇌혈관 압력곡선의 특징점을 파악하기 위한 것이다.
- [0081] 맥파 센서(126)는 맥동에 의한 맥파를 감지하여 APG(Accelerated Plethysmogram; APG) 파형을 얻기 위한 것으로 압전소자로 구성된 압력센서가 사용될 수 있으나 맥동을 감지할 수 있으면 이에 한정되지 아니한다.
- [0082] 본 실시예에 의한 맥파 센서(126)는 뇌혈관의 빈도 스펙트럼 정보를 얻기 위한 커프(Cuff) 맥파 센서, 좌, 우측 경동맥의 맥파를 직접 측정하여 뇌혈관의 확률밀도 스펙트럼 정보를 얻기 위한 경동맥 센서, 대퇴동맥의 맥파를 직접 측정하여 맥파전달속도(Pulse Wave Velocity; PWV) 등을 구하기 위한 대퇴동맥 센서 중 어느 하나를 가리킨다.
- [0083] 여기서, 경동맥 맥파 센서와 대퇴골 맥파 센서는 동일한 종류의 압력센서일 수 있고, 커프(Cuff) 맥파 센서는 커프 혈압계에 압력센서가 더 부착된 것으로 구성될 수 있다.
- [0084] 도 3은 커프(Cuff) 맥파 센서의 구체적 구성의 예를 보여주는 것으로, 이에 의하면, 종래 커프 혈압계(10)의 공기 주머니(13)와 연결된 고무관(14 또는 17)에 지로관(21)을 형성하고, 상기 지로관 출구에 어댑터(20)를 장착하고, 상기 어댑터(20)를 경동맥 맥파 센서 또는 대퇴골 맥파 센서와 동일한 구조의 센서(예컨대, 압력센서, 34) 개방홈(32)에 장착하여 사용될 수 있다.
- [0085] 초음파 센서(128)는 초음파를 잘 통과시킬 수 있는 두개골 위치에 탐촉자(probe)를 놓고 초음파를 발사시켜 반사파를 분석함으로써, 뇌혈관의 혈류속도 및 혈류량을 측정하기 위한 것으로, 두개골 관통 도플러(Transcranial Doppler; TCD)라고도 한다.
- [0086] 이상과 같이, 심전도 센서(122), 심음도 센서(124), 맥파 센서(126) 및 초음파 센서(128)는 별개의 생체신호를 감지하기 위한 생체신호 측정센서부(120)의 필수 구성으로 되어, 상기 생체신호 측정센서부(120)와 연결되는 생체신호 수신 및 처리부(140)가 내장된 장치에는 적어도 4개의 연결단자가 구비된다.

- [0087] 그리고, 상기 생체신호 수신 및 처리부(140)는, 도 2와 같이, 상기 생체신호 측정센서부(120)로부터 수신되는 생체신호를 처리하여 상기 주처리부(210)로 측정 데이터를 전송하도록 제어하는 제어기(microcontroller; 마이크로, 146); 상기 제어기(146)의 제어신호에 의하여 상기 심전도 센서(122), 심음도 센서(124), 맥파 센서(126) 및 초음파 센서(128)로부터 수신되는 생체신호를 선택하는 다중신호선택기(141); 상기 다중신호선택기(141)에 의하여 선택된 생체신호를 상기 제어기(146)의 제어신호에 따라 잡음제거 또는 증폭도 조절하는 잡음제거 및 신호증폭기(142); 상기 잡음제거 및 신호증폭기(142)를 통과한 생체신호를 받아 상기 입력부(220)의 제어 명령 또는 상기 주처리부(210)에 내장된 프로그램의 제어 명령이 상기 제어기(146)를 통하여 필요한 생체신호를 선택받도록 하는 신호절환기(143); 상기 신호절환기(143)에서 선택된 생체신호를 상기 제어기(146)의 제어신호에 따라 샘플링(sampling)하고 홀딩(holding)하는 표본유지기(144); 및 상기 표본유지기(144)를 통해 홀딩(holding)된 생체신호를 상기 제어기(146)의 제어신호에 따라 디지털 신호로 바꾸어 상기 제어기(146)로 보내는 A/D 변환기(145)를 포함하여 구성된다.
- [0088] 여기서, 상기 다중신호선택기(141)는 상기 심전도 센서(122), 심음도 센서(124), 맥파 센서(126) 및 초음파 센서(128)로 동시 측정하여 동시 입력될 때, 이들의 측정신호를 순차 선별하여 처리하기 위한 것이고, 상기 잡음제거 및 신호증폭기(142)는 획득된 생체신호에서 각종 잡음을 제거하여 표준파로 만들고, 환자(피검자)에 따라 증폭도를 조절할 수 있도록 구비된다.
- [0089] 상기와 같이, 생체신호 수신 및 처리부(140)는 생체신호 측정계(100)에 포함되도록 구비됨이 바람직하나, 회로 설계에 따라 후술할 주처리부(210)와 일체로 구성될 수도 있다.
- [0090] 다음, 상기 생체신호 측정계(100)에서 획득되고 처리된 생체신호는 분석 지표 산출계(200)에 전달되어, 분석 지표 산출계(200)에서 뇌혈관 압력곡선을 산출하고, 뇌혈관 압력곡선의 면적 및 혈류량 정보 등을 이용하여 생물역학적 지표를 산출하게 된다.
- [0091] 생체신호 수신 및 처리부(140)가, 도 1과 같이, 주처리부(210)와 떨어져 구성될 때에는 양자간의 소정의 통신수단(예컨대, RS-232C)에 의하여 데이터를 주고받게 된다.
- [0092] 주처리부(210)는 내장형 메모리부 또는 외장형 메모리부에 저장된 프로그램에 따라 생체신호 수신 및 처리부(140)로부터 전달받은 측정 데이터를 처리하여 뇌혈관을 분석하기 위한 생물역학적 지표를 산출하는 핵심 장치로, 컴퓨터의 중앙처리장치에 해당한다.
- [0093] 여기서, 뇌혈관을 분석하기 위한 생물역학적 지표는 각 뇌혈관 가지의 혈류량, 순응성, 혈류저항, 동맥경화도 및 혈류속도를 말한다.
- [0094] 우선, 상기 각 생물역학적 지표가 본 명세서에서 사용되는 정의와 다른 지표간의 관계에 대하여 간단히 설명한다.
- [0095] 혈류량은 뇌혈관 가지를 따라 흐르는 혈액량을 말하는 것으로 단위는 ml 이고, 시간의 함수로 표현할 경우에는 Q 또는 $Q(t)$ 로, 일정시간 흐른 혈액량(Q 의 시간 적분량)으로 표현할 경우에는 S 로 표기한다. 혈류량은 일반적으로 뇌혈관 가지의 길이방향으로 이격된 두 곳의 혈압차($P-P_v$)에 정비례하고, 혈류저항(R)에 반비례한다. 혈류량이 작으면 그에 따르는 허혈증상들이 나타나게 된다.
- [0096] 순응성(Compliance)은 단위체적의 혈관에 단위힘을 주었을 때 일어나는 체적 변화를 말하는 것으로 단위는 ml/mmHg 이고, 간략히 C 로 표기된다. C 가 작다는 것은 혈관벽이 경화되거나 수축된다는 것을 보여주고, 반대로 C 가 크다는 것은 혈관벽이 유연하거나 확장형 경련이 일어난다는 것을 의미한다.
- [0097] 혈류저항(Resistance)은 뇌혈관 가지를 따라 흐르는 혈액이 받는 저항을 말하는 것으로 단위는 mmHg/l 이고, 간략히 R 로 표기된다. R 은 근사적으로 뇌혈관 가지의 길이방향으로 이격된 두 곳의 혈압차($P-P_v$)와 혈류량(Q)의 비로 결정된다.
- [0098] 동맥경화도(Asc)는 혈관을 단위 길이만큼 변형시키지 위하여 얼마나 힘을 주어야 하는가를 보여주는 지표, 즉 혈관의 경화도를 보여주는 지표로 혈관의 기질적 변화를 반영하는 것으로 단위는 Kg/cm^2 이고, 일반적으로 탄성과 전파속도의 2승에 비례한다.
- [0099] 마지막으로, 혈류속도(V)는 뇌혈관 가지를 따라 흐르는 혈액의 속도로 단위는 cm/s 이고, 이는 주로 초음파 센서(128)로 측정된다. 한편, 맥파전달속도(Pulse Wave Velocity; PWV)는 경동맥과 대퇴동맥에서 맥파기록방법에 의하여 측정된 것으로 대동맥의 탄력상태를 반영한다. 혈관벽이 굳을수록 빨라지는데, 특히 동맥경화성 변화가 심

할수록 혈류속도 또는 맥파전달속도가 빠르게 된다.

- [0100] 또한, 상기 각 생물역학적 지표를 나타내는 문자에서 첨자 a는 전대뇌동맥(41), b는 뇌기저동맥(46), c는 내경동맥(42), d는 심장의 이완기, m은 중대뇌동맥(43), p는 후대뇌동맥(45), s는 심장의 수축기, v는 추골동맥(48), ac는 전대뇌교통동맥(40), pc는 후대뇌교통동맥(44), 1은 좌측, 2는 우측을 각각 가리킨다.
- [0101] 한편, 상기 주처리부(210)에는 사용자의 제어 명령을 입력받는 입력부(220)와, 주처리부에서 산출된 결과를 보여주는 출력부(240)가 각각 연결된다.
- [0102] 여기서, 출력부(240)는 프린터 뿐만 아니라 모니터를 통한 화면출력부도 포함한다. 따라서, 도 1에 도시된 영상처리부(230)은 화면출력부에 내장하게 된다.
- [0103] 그리고, 입력부(220)는 통상의 자판기, 마우스 뿐만 아니라 상기 화면출력부(모니터)에 구비된 터치 입력수단도 포함한다.
- [0104] 상기와 같은 구성에서 핵심적인 부분은 주처리부(210)의 제어에 의하여 생체신호를 측정, 분석하고 이를 기초로 소정의 수식에 의하여 각 생물역학적 지표를 산출하게 하는데 있으므로, 이하에서는 이에 대하여 상세히 설명한다.
- [0105] 상기 주처리부(210)의 제어는 기본적으로, 상기 입력부(220)로 기초 정보(피검자의 혈압, 키, 몸무게, 인종 등)를 입력받고, 상기 생체신호 측정계(100)를 통하여 상기 생체신호를 수신받은 다음(제 1 단계), 상기 수신된 생체신호의 파형을 분석하고 상기 분석된 파형 자료를 기초로 뇌혈관의 압력곡선, 상기 압력곡선에 대한 수축기와 이완기의 면적 및 상기 뇌혈관의 혈류량을 얻는 단계(제 2 단계)를 거쳐, 상기 얻은 압력곡선, 압력곡선의 면적 및 혈류량과 상기 입력받은 기초 정보를 기초로 상기 뇌혈관의 순응성(C) 및 저항(R)을 포함한 생물역학적 지표를 산출하여, 상기 출력부(240)으로 뇌혈관 분석 결과를 보여주는 단계(제 3 단계)가 포함하도록 프로그램된 것을 특징으로 하여 다양하게 실시될 수 있다.
- [0106] 상기 뇌혈관은 도 4에 보여진 뇌혈관 가지를 말하는 것으로, 본 실시예에 의하면, 후술하는 소정의 수식에 의하여, 좌, 우측 후대뇌동맥(45), 좌, 우측 전대뇌동맥(41) 및 좌, 우측 중대뇌동맥(43)을 포함한 각 뇌혈관 가지의 생물역학적 지표를 자동으로 계산하여, 출력부(240)에 도 8과 같은 C-R 상태도(Chart) 등으로 그 결과를 보여주게 된다.
- [0107] 후술하는 바와 같이, 상기 주처리부(210)에 의하여 획득된 측정 데이터들(Q_{c1} , Q_{c2} , Q_{v1} , Q_{v2})로부터 복수개의 방정식들을 연립하여 풀도록 함으로써, 각 뇌혈관 가지의 압력곡선(P_{a1} , P_{a2} , P_{c1} , P_{c2} , P_{p1} , P_{p2} , P_{v1} , P_{v2})을 얻어, 각 뇌혈관 가지의 생물역학적 지표를 계산해내게 된다.
- [0108] 그 예를 살펴보면, 좌, 우측 후대뇌동맥의 순응성(C_{p1} , C_{p2}) 및 좌, 우측 후대뇌동맥의 저항(R_{p1} , R_{p2})은 하기 수식 1-4에 의하여 각각 산출된다.

$$C_{p1} = \frac{A_{p1s} - A_{p1d}}{P_{p1s} - P_{p1d}} \cdot \frac{S_{p1}}{A_{p1s} + A_{p1d}} \quad (\text{수식 1});$$

[0109] 좌측 후대뇌동맥의 순응성

$$C_{p2} = \frac{A_{p2s} - A_{p2d}}{P_{p2s} - P_{p2d}} \cdot \frac{S_{p2}}{A_{p2s} + A_{p2d}} \quad (\text{수식 2});$$

[0110] 우측 후대뇌동맥의 순응성

$$R_{p1} = \frac{A_{p1s} + A_{p1d}}{S_{p1}} \quad (\text{수식 3}); \text{ 및}$$

[0111] 좌측 후대뇌동맥의 저항

$$R_{p2} = \frac{A_{p2s} + A_{p2d}}{S_{p2}} \quad (\text{수식 4}) \text{이고,}$$

[0112] 우측 후대뇌동맥의 저항

- [0113] 상기 수식 1 내지 4에서, P_{p1s} 는 좌측 후대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{p1d} 는 좌측 후대뇌동맥의 이완기 혈압, P_{p2s} 는 우측 후대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{p2d} 는 우측 후대뇌동맥의 이완기 혈압, A_{p1s} 는 좌측 후대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{p1d} 는 좌측 후대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, A_{p2s} 는 우측 후대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적,

A_{p2d} 는 우측 후대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, S_{p1} 은 좌측 후대뇌동맥의 혈류량, S_{p2} 은 우측 후대뇌동맥의 혈류량이다.

[0114] 또한, 좌, 우측 전대뇌동맥의 순응성(C_{a1} , C_{a2}) 및 좌, 우측 전대뇌동맥의 저항(R_{a1} , R_{a2})은 하기 수식 5-8에 의하여 각각 산출된다.

[0115] 좌측 전대뇌동맥의 순응성
$$C_{a1} = \frac{A_{a1s} - A_{a1d}}{P_{a1s} - P_{a1d}} \cdot \frac{S_{a1}}{(A_{a1s} + A_{a1d})(1 + K)} \quad (\text{수식 5});$$

[0116] 우측 전대뇌동맥의 순응성
$$C_{a2} = \frac{A_{a2s} - A_{a2d}}{P_{a2s} - P_{a2d}} \cdot \frac{S_{a2}}{(A_{a2s} + A_{a2d})(1 + K)} \quad (\text{수식 6});$$

[0117] 좌측 전대뇌동맥의 저항
$$R_{a1} = \frac{A_{a1s} + A_{a1d}}{S_{a1}(1 + K)} \quad (\text{수식 7}); \text{ 및}$$

[0118] 우측 전대뇌동맥의 저항
$$R_{a2} = \frac{A_{a2s} + A_{a2d}}{S_{a2}(1 + K)} \quad (\text{수식 8}) \text{이고,}$$

[0119] 상기 수식 5 내지 8에서, P_{a1s} 는 좌측 전대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{a1d} 는 좌측 전대뇌동맥의 이완기 혈압, P_{a2s} 는 우측 전대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{a2d} 는 우측 전대뇌동맥의 이완기 혈압, A_{a1s} 는 좌측 전대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{a1d} 는 좌측 전대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, A_{a2s} 는 우측 전대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{a2d} 는 우측 전대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, S_{a1} 은 좌측 전대뇌동맥의 혈류량, S_{a2} 은 우측 전대뇌동맥의 혈류량, K 는 임상계수이다.

[0120] 그리고, 좌, 우측 중대뇌동맥의 순응성(C_{m1} , C_{m2}) 및 좌, 우측 중대뇌동맥의 저항(R_{m1} , R_{m2})은 하기 수식 9-12에 의하여 각각 산출된다.

[0121] 좌측 중대뇌동맥의 순응성
$$C_{m1} = \frac{A_{m1s} - A_{m1d}}{P_{m1s} - P_{m1d}} \cdot \frac{S_{m1}K}{(A_{m1s} + A_{m1d})(1 + K)} \quad (\text{수식 9});$$

[0122] 우측 중대뇌동맥의 순응성
$$C_{m2} = \frac{A_{m2s} - A_{m2d}}{P_{m2s} - P_{m2d}} \cdot \frac{S_{m2}K}{(A_{m2s} + A_{m2d})(1 + K)} \quad (\text{수식 10});$$

[0123] 좌측 중대뇌동맥의 저항
$$R_{m1} = \frac{(A_{m1s} + A_{m1d})K}{S_{a1}(1 + K)} \quad (\text{수식 11}); \text{ 및}$$

[0124] 우측 중대뇌동맥의 저항
$$R_{m2} = \frac{(A_{m2s} + A_{m2d})K}{S_{a2}(1 + K)} \quad (\text{수식 12}),$$

[0125] 상기 수식 9 내지 12에서, P_{m1s} 는 좌측 중대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{m1d} 는 좌측 중대뇌동맥의 이완기 혈압, P_{m2s} 는 우측 중대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{m2d} 는 우측 중대뇌동맥의 이완기 혈압, A_{m1s} 는 좌측 중대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{m1d} 는 좌측 중대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, A_{m2s} 는 우측 중대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{m2d} 는 우측 중대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, S_{m1} 은 좌측 중대뇌동맥의 혈류량, S_{m2} 은 우측 중대뇌동맥의 혈류량, K 는 임상계수이다.

[0126] 한편, 상기 주처리부(210)는 상기 제 3 단계에서 산출된 상기 뇌혈관 각각의 순응성(C) 및 저항(R)을 상기 출력부(240)에 C-R 상태도(Chart) 상의 점으로 나타내도록 할 수 있다.

[0127] 도 8에서 C-R 상태도(Chart)의 영역 구획은 다양한 임상결과에 따라 정밀도를 높일 수 있도록 재 구획될 수 있음은 당연하나, 임상결과의 일례로 각 영역을 정의하면 하기와 같다.

[0128] 영역 ①은 중증도 뇌혈관 기시부 연속으로 판단되는 구역이고, 영역 ②는 혈관협착의 이행이 시작되는 구역이고, 영역 ③은 혈관협착이 이행되는 구역이고, 영역 ④는 뇌동맥경화 및 협착구역이고, 영역 ⑤는 기시부 연속이 의심되는 구역이고, 영역 ⑥은 정상 혹은 연속 이행 구역이고, 영역 ⑦은 정상구역이고, 영역 ⑧과 영역 ⑩은 정상 혹은 자각증상에 따라 뇌혈관 경련으로 진단할 수 있는 구역이고, 영역 ⑨은 기시부 연속으로 판단되는 구역이고, 영역 ⑪은 뇌혈관 경련 또는 뇌혈관 확장제 복용상태가 의심되는 구역이다.

[0129] 이하에서는 상기 실시예를 뒷받침하는 관련 이론 및 임상자료를 보충적으로 제시한다.

[0130] 본 발명에서는 주처리부(210)가 측정된 데이터를 이용하여 복수개의 혈압과 혈류량에 관한 방정식을 연립하여 풀도록 연산을 진행하게 된다.

[0131] 주처리부(210)가 뇌혈관 상태를 평가하기 위한 연산을 하려면 뇌혈관계가 복잡하기 때문에 먼저 뇌혈관계를 간략화하여야 한다.

[0132] 이제 뇌혈관계의 분석을 위하여 진행한 실험 자료를 소개하면 표 1과 같다.

[0133] 표 1

[0134] 뇌혈관계의 저항과 순응성 실험 결과

동맥이름	표시	길이[cm]	직경[cm]	저항	순응성
내경동맥(좌, 우)	c	2.5	0.4-0.6	0.15	1.07
뇌기저동맥	b	3	0.4-0.6	0.02	0.018
추골동맥(좌, 우)	v	20	0.3-0.5	0.25	0.7
후대뇌동맥1(좌, 우)	p1	2	0.3	0.04	0.007
후대뇌동맥2(좌, 우)	p2	7	0.3	0.14	0.0025
후대뇌교통동맥	pc	2	0.12	0.586	0.00012
전대뇌교통동맥	ac	0.5	0.15	0.061	0.0005
전대뇌동맥(1)	a	2	0.25	0.0834	0.005
전대뇌동맥(2)	a	5	0.25	0.21	0.0125
중대뇌동맥	m	7	0.35	0.076	0.0336

[0135] 말초저항 $R_m^* = 2 \times 10^4$, $R_p^* = 2.6 \times 10^4$, $R_a^* = 3.9 \times 10^4 \text{ dyn} \cdot \text{S} / \text{cm}^5$

[0137] 상기 표 1과 도 4에서 볼 수 있는 바와 같이, 뇌혈관계는 내경동맥, 추골동맥, 중대뇌동맥, 전대뇌동맥, 후대뇌동맥을 기본계로 구성할 수 있다(표 1에서 보는 것처럼 순응성은 다른 동맥들에 비하여 1/100 ~ 1/10000 정도이므로 무시한다).

[0138] 도 4와 표 1의 실험 결과로부터 뇌혈관계는 내경동맥 가지, 전대뇌동맥 가지, 중대뇌동맥 가지, 후대뇌동맥 가지, 추골동맥 가지 및 뇌저동맥 가지로 이루어져 있으므로, 매 동맥 가지에 윈케셀(Windkesell) 모형을 대응시키고 혈류 특성을 고려하여 탄성강들을 연결하여 다탄성강으로 만들고 매 탄성강을 하나의 혈류관로로 분석하면 도 4로 표시된 뇌혈관계를 완벽하게 분석한 것으로 된다.

[0139] 먼저, 매 탄성강을 연결시켜 다탄성강으로 만드는 경우를 보면, 혈류 특성을 고려하여 두 가지로 모형화 할 수 있다.

[0140] 매 동맥가지에 윈케셀 모형을 대응시키고 혈류 특성을 고려하여 탄성강들을 연결하여 다탄성강으로 만드는 방법은, 도 5와 같이, 내경동맥에서 전대뇌동맥과 중대뇌동맥이 갈라지는 경우로 보고 다탄성강을 구성하는 경우와, 내경동맥과 중대뇌동맥을 하나의 혈관 가지로 보고 즉 내경동맥 + 중대뇌동맥을 하나의 탄성강이라고 보고 다탄성강을 구성하는 경우로 나누어 볼 수 있다.

[0141] 이 경우에 준하여 도 4의 뇌혈관계는 내경동맥(42), 추골동맥(48), 중대뇌동맥(43), 전대뇌동맥(41), 후대뇌동

맥(45)을 각각 하나의 혈류관로로 보고 고찰할 수 있다.

- [0142] 도 5로 환산된 뇌혈관계의 혈관가지들에서 혈관의 순응성과 저항, 탄성계수를 구하자면 다음과 같은 문제를 해결하여야 한다.
- [0143] 먼저, 좌우 추골동맥(46)과 내경동맥(42) 입구에서 초음파로 묘사된 곡선과 맥과 곡선 8개를 주고 전대뇌, 중대뇌, 후대뇌 혈관 가지의 좌우측 순응성과 저항, 탄성계수 등 18개를 구할 수 없으므로 의학적으로 타당하면서도 생물역학으로 모순이 없는 가정을 주어 도 4를 간략화하여야 한다.
- [0144] 이 문제를 해결하기 위하여 표 1의 실험 자료를 살펴보면, 실험 자료로부터 후대뇌동맥의 순응성 C_p 와 후교통동맥의 순응성 C_{pc} 의 비는 25:1, 전대뇌동맥의 순응성 C_a 와 전대뇌교통동맥의 순응성 C_{ac} 의 비는 40:1이다.
- [0145] 또한, 뇌혈관에 대한 실험 자료에서 얻어진 C, R과 $P_1=P_3$ 은 평균 혈압 103mmHg, $P_2=P_4$ 의 평균 혈압을 105mmHg로 주고 계산을 진행하면, Q_{pc} , Q_{ac} 의 혈류량은 Q_a , Q_p , Q_m 의 1/300 정도 밖에 안된다.
- [0146] 이상의 사실로부터 전대뇌교통동맥과 후대뇌교통동맥을 역학적인 고정단으로 볼 수 있다.
- [0147] 따라서, 교통동맥을 무시하고 동맥 가지들의 순응성과 저항을 구할 수 있다.
- [0148] 이와 같은 가정은 의학적으로도 타당하다. 사실상 전대뇌교통동맥과 후대뇌교통동맥에서는 뇌혈전은 잘 일어나지 않고 뇌출혈이 가끔 일어나므로 혈압과 혈류량만 구하고, 순응성과 저항을 구하지 않아도 진단에서는 불편이 없다.
- [0149] 이로부터 뇌혈관계는 교통동맥에서 분할된 것으로 고찰할 수 있다.
- [0150] 먼저, 후대뇌동맥을 분석하는 문제에 대하여 살펴본다.
- [0151] 이 문제는 뇌기저동맥에서 좌우 후대뇌동맥이 갈라지는 점에서 $P_{p1}=P_{p2}$ 와 좌우 Q_{p1} , Q_{p2} 를 주고 후대뇌동맥을 각각 하나의 탄성강으로 보고 좌우 후대뇌동맥의 순응성과 저항을 구하는 문제와 후대뇌동맥을 단순관로로 보고 혈류를 고찰하는 문제에 귀착된다.
- [0152] 후대뇌동맥에서 순응성, 혈류저항, 혈류량을 구하는데 가장 난문제는 좌우 후대뇌동맥이 갈라지는 점에서 $P_{p1}=P_{p2}$ 일 때 좌우 후대뇌동맥으로 흐르는 혈류량 Q_{p1} , Q_{p2} 를 구하는 문제이다. 추골동맥은 뇌기저동맥에 합쳐졌다가 후대뇌동맥에서 갈라진다.
- [0153] 뇌기저동맥에서 좌우 후대뇌동맥으로 흐르는 혈류량의 특성을 설명하기 위하여 실험한 결과, 좌우측 K_v *추골동맥+ K_c *내경동맥의 혈류량비와 좌우측 후대뇌동맥 혈류량 비 사이에는 높은 상관 관계가 있다는 것을 보여주었다.
- [0154] 그 실험 과정은 다음과 같다.
- [0155] 뇌기저동맥에서 좌우 후대뇌동맥으로 흐르는 혈류량의 특성을 설명하기 위해 총 50명의 남자들을 표본으로 실험을 진행하였다.
- [0156] 평균 동맥압은 118mmHg ~ 132mmHg, 뇌기저동맥의 입구에서 혈류량은 5.2 ~ 7.8ml/s, 총 심동주기는 541개를 취하였다. 실험 결과는 하기 표 2와 같다.
- [0157] 표 2

[0158] 50명의 환자에 대한 실험검사결과

No	뇌기저동맥 혈류량[mL/s]	$\zeta = S_{P1}/S_{P2}D$	$\eta = S_{V1}^*/S_{V2}^*D$
1	6.4	1.02	1.136
2	7.2	1.11	1.251
3	5.9	0.97	1.041
4	5.3	1.33	1.469
5	6.7	1.66	1.785
6	5.4	0.67	0.826
7	7.1	0.63	0.765
8	6.7	1.39	1.534
9	6.5	1.11	1.241
10	5.9	1.47	1.86
11	6.4	0.87	1.021
12	6.4	1.57	1.765
13	6.3	0.67	0.806
14	5.4	0.64	0.796
15	6.3	0.61	0.696
16	6.7	1.02	1.136
...	...	...	...
50	6.8	9.63	0.698

[0159]

[0160] 상기 실험 결과, 좌우측 추골동맥 + 내경동맥의 혈류량비(S_{V1}^*/S_{V2}^*)와 좌우측 후대뇌동맥의 혈류량비(S_{P1}/S_{P2})사이에는 하기 수식 13, 14와 같이 표현되는 높은 상관 관계가 있다는 것을 알게 되었다.

[0161]
$$\zeta = 1.1\eta + 0.031$$
 (수식 13)

[0162]
$$\gamma^2 = 0.92$$
 (수식 14)

[0163] 상기 실험 결과를 이론적으로 고찰해 보면, 좌우 내경동맥 + 추골동맥의 혈류량이 좌우 후대뇌혈관의 혈류량과 상관이 있는 이유는 다음과 같이 설명할 수 있다.

[0164] 뇌기저동맥이 후대뇌동맥과 연결되는 부위에서는 찌그마 효과가 생기며 전하소뇌혈관과 후하소동맥, 상소뇌혈관은 뇌기저동맥에서 혈액을 빨아들이는 '흡입점'처럼 거동한다. 또한, 내경동맥에서 흐르는 혈액 흐름은 후대뇌 교통동맥을 통하여 후대뇌동맥의 혈액흐름을 보충한다. 그 양은 후대뇌로 흐르는 총 혈류량의 30-38%까지 된다. 한편, 뇌로 유입되는 혈액은 유체역학적 속도 경계층의 '당김'에 의하여 축대칭 대전줄기를 보존하려는 특징을 가지고 있다.

[0165] 이런 현상을 고려하여 추골동맥에서 뇌기저동맥을 통해 흐르는 혈액 흐름량은 좌우 후대뇌동맥으로 꼭 같이 흐르지 않는다.

[0166] 상기 $\eta = S_{V1}^*/S_{V2}^*$ 를 좌,우측 Kv*추골동맥 혈류량 + Kc*경동맥 혈류량의 비라 하고(여기서, Kv와 Kc는 각각 실험상수로서 Kv=0.131-0.152, Kc=0.73-0.82임), 상기 $\zeta = S_{P1}/S_{P2}$ 를 좌,우측 후대뇌동맥의 혈류량 비라고 하면, 상기 수식 13은 하기 수식 15와 같이 표현된다.

[0167]
$$\zeta = 1.21\eta + 0.11$$
 (수식 15)

[0168] 따라서, 후대뇌동맥으로 흐르는 혈류량은 추골동맥 혈류량의 80-85%와 내경동맥에서 29-32% 보충된다는 사정

을 고려하여 하기 수식 16과 같이 구할 수 있다.

$$S_{p1} = 1.24(1.21\eta + 0.11) S_{p2} \quad (\text{수식 16})$$

$$S_{p2} = 1.24(Q_{v1} + Q_{v2}) - S_{p1} \quad (\text{수식 17})$$

다음, 좌우 후대뇌동맥이 갈라지는 점에서 $P_{p1} = P_{p2}$ 를 구한다.

$$P_{p1} = P_{p2} = P_3 - R_{v3} \cdot Q_3 - R_b \cdot Q_b \quad (\text{수식 18})$$

상기 수식 18에서 R_{v3} , R_b 는 Poiseuille의 공식에 의하여,

$$R_v = \frac{128\mu}{\pi} \frac{\lambda}{D^4} = 1.63 \frac{\lambda}{D^4} \text{ dyn} \cdot \text{S} / \text{cm}^5 \quad (\text{수식 64})$$

와 같이 구한다.

위 식에서 λ 는 동맥의 길이, D 는 직경, μ 는 혈액의 점도이다.

D 는 유체역학에서 널리 알려진 플랑크 공식에 의하여 구한다.

Q , P 를 구한 다음, 주처리부(210)는 혈관의 순응성 C_{ps} , C_{pd} 와 R_p , R_b 를 구한다. 이제 후대뇌동맥은 뇌저동맥으로부터 좌우로 갈라지므로 후대뇌교통동맥을 고정단으로 한 단탄성강으로 취급할 수 있다(도 5 참조).

한편, 뇌혈관은 연속작용과 경련이 심하므로 후대뇌동맥 모형화 방정식은 혈관이 수축할 때와 혈관이 확장될 때를 나누어 고찰한다.

$$C_{ps} \frac{dP}{dt} + \frac{P - P_v}{R_p} = Q_s \quad 0 < t \leq T_s \quad (\text{수식 19})$$

$$C_{pd} \frac{dP}{dt} + \frac{P - P_v}{R_p} = Q_d \quad T_s < t \leq T \quad (Q = Q_s + Q_d) \quad (\text{수식 20})$$

상기 실험 자료에 의하면, 170~180mmHg 혈압에서 수축기 혈관의 순응성과 확장기 혈관의 순응성은 같다. 그런데, 후대뇌동맥 내압은 보통 34~110mmHg 정도이므로 후대뇌동맥에서 혈관의 수축시 순응성과 확장시 순응성의 크기는 같다.

따라서, $C_{ps} = C_{pd} = C$ 이다.

상기 수식 19와 20은 P , Q , C , R 사이의 관계이다. C , R 을 구하는 방법은 혈압곡선 P 와 혈류량 곡선 Q 가 일치할 때까지 C , R 을 조정하는 대신 혈압곡선 P 의 면적과 혈류량 S 사이 함수 관계로써 C , R 을 구한다.

면적 대 면적 사이 함수 관계를 얻으면 재현성있는 C , R 을 얻을 수 있다.

이런 목적으로부터 상기 수식 19와 20을 각각 적분하여, 더하고 빼서 정리하면, 하기 수식 21과 같이 된다.

$$\frac{A_s + A_d}{A_s - A_d} (P_s - P_d) = \frac{S_v^*}{C} \quad (\text{수식 21})$$

여기서, S_v^* 은 후대뇌동맥으로 흐르는 1회 박출시 혈류량이고, P_s 는 수축기 혈압이고, P_d 는 이완기(확장기) 혈압이고, A_s 는 수축기 동안의 혈압곡선 P 의 면적이고, A_d 는 이완기 동안의 혈압곡선 P 의 면적이다.

따라서, 상기 수식 21로부터 좌, 우측 후대뇌동맥의 순응성(C_{p1} , C_{p2}) 및 저항(R_{p1} , R_{p2})을 구하면 하기와 같다.

$$C_{p1} = \frac{A_{p1s} - A_{p1d}}{P_{p1s} - P_{p1d}} \cdot \frac{S_{p1}}{A_{p1s} + A_{p1d}} \quad (\text{수식 1});$$

좌측 후대뇌동맥의 순응성

[0191] 우측 후대뇌동맥의 순응성

$$C_{p2} = \frac{A_{p2s} - A_{p2d}}{P_{p2s} - P_{p2d}} \cdot \frac{S_{p2}}{A_{p2s} + A_{p2d}} \quad (\text{수식 2});$$

[0192] 좌측 후대뇌동맥의 저항

$$R_{p1} = \frac{A_{p1s} + A_{p1d}}{S_{p1}} \quad (\text{수식 3}); \text{ 및}$$

[0193] 우측 후대뇌동맥의 저항

$$R_{p2} = \frac{A_{p1s} + A_{p1d}}{S_{p2}} \quad (\text{수식 4}),$$

[0194] 상기 수식 1 내지 4에서, P_{p1s} 는 좌측 후대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{p1d} 는 좌측 후대뇌동맥의 이완기 혈압, P_{p2s} 는 우측 후대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{p2d} 는 우측 후대뇌동맥의 이완기 혈압, A_{p1s} 는 좌측 후대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{p1d} 는 좌측 후대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, A_{p2s} 는 우측 후대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{p2d} 는 우측 후대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, S_{p1} 은 좌측 후대뇌동맥의 혈류량, S_{p2} 은 우측 후대뇌동맥의 혈류량이다.

[0195] 다음, 후대뇌동맥을 탄성관으로 혈액이 흐르는 단순관으로 보고 혈액이 흐르는 탄성관으로서 유탄성체 문제를 풀어 뇌혈관의 기질적 변화와 기능적 변화를 구분하는 문제를 해결한다(도 5 참조).

[0196] 한 개의 혈관의 탄성관으로서 유탄성체의 연속 방정식과 운동 방정식을 고찰하면,

[0197]

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial AU}{\partial X} = 0 \quad (\text{수식 22})$$

[0198]

$$\frac{\partial AU}{\partial t} + \frac{\partial AU^2}{\partial X} = -\frac{A}{\rho} \frac{\partial P}{\partial X} - \frac{\tau_w}{\rho} \frac{2A}{\rho} \quad (\text{수식 23})$$

[0199] 이고, 식 22, 23에서 A는 혈관의 단면적, U는 혈류속도, P는 혈압이다.

[0200]

$$\tau_w = \frac{4\mu U}{Y} \quad (\text{수식 24})$$

[0201] 상기 수식 24에서 Y는 혈관벽경, μ 는 점도, τ_w 는 점선 응력이다.

[0202]

$$\frac{\partial A}{\partial t} = \frac{\partial A}{\partial P} \frac{\partial P}{\partial t}, \quad \frac{\frac{\partial AH}{\partial t}}{\frac{\partial AH^2}{\partial t}} = 0 \left(\frac{a}{F} \right) \quad (\text{수식 25})$$

[0203] 상기 수식 25에서 F는 평균 혈류 속도, a는 탄성과 전파 속도이다.

[0204]

$$a = \sqrt{\frac{A \cdot dP}{\rho \cdot dA}} \quad (\text{수식 26})$$

[0205] 상기 수식 22 내지 26을 고려하여 정리하면,

[0206]

$$\frac{A}{\rho a^2} \cdot \frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial X} = 0 \quad (\text{수식 27})$$

[0207]

$$\frac{\rho}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} = -\frac{\partial P}{\partial X} - \frac{8\mu\pi Q}{A^2} \quad (\text{수식 28})$$

[0208] 상기 수식 27, 28에서 P는 혈압 곡선, μ 는 점도, A는 혈관 단면적, ρ 는 혈액 밀도이다.

[0209] 이제 상기 수식 28에서 $\frac{\rho}{A} \frac{\partial Q}{\partial t}$ 을 무시하고 X에 따라 적분하면,

$$\frac{A}{\rho a^2} \frac{dP}{dt} + \frac{A^2(P - P_v)}{8\pi\mu_p} = Q_d \quad (\text{수식 29})$$

[0211] 이로부터 단탄성관에서

$$\frac{A}{\rho PWV^2} = C, \quad R = \frac{8\pi\mu}{A^2} \quad (\text{수식 30})$$

[0213] 이 성립한다.

[0214] 수식 30에서 볼 수 있는 것처럼 뇌혈관계에서 일어나는 혈압 변동, 뇌혈관 경련 발작, 뇌혈관 연축, 약물 작용 등에 의한 보충적 내압의 작용은 뇌혈관 단면적의 변화를 가져온다. 혈관의 순응성과 저항에서 볼 수 있는 것처럼 순응성과 저항이 혈압 변동, 경련 발작, 연축, 약물 작용 등에 의하여 심한 변동을 가져오는 것은 뇌혈관계의 단면적의 변화 때문이다.

[0215] 그런데, 탄성계수 E는 탄성과 진과 속도로 표시되므로 뇌혈관에서 혈압 변동, 경련 발작, 연축, 약물 작용 등에 무관하며, 뇌혈관의 기질적 변화를 대표할 수 있다.

[0216] 한편, Moensu Korteweg에 의하면, $PWV = \sqrt{(E/\rho)(h/d)} = a(h/d)$ 이므로, 탄성계수 $E = \rho (d/h)PWV^2$ 이다.

[0217] 그러므로, C, R에서 A를 소거하고 μ 와 PWV의 상관식으로부터 뇌혈관의 동맥경화도 Asc를 얻는다.

$$Asc = K_3 \frac{R^{0.25}}{CR} (1 - S) \quad (\text{수식 31})$$

[0219] 상기 수식 31에서, $S=f(PWV)$, K_3 은 임상에서 얻어진 계수이다.

[0220] 다음은, 위에서 제기한 뇌혈관 특성과 혈류 특성을 반영하는 지표를 임상에 적용하려면 내경동맥 및 추골동맥으로 흐르는 혈류량을 구하는 문제를 해결하여야 한다.

[0221] 본 발명에서는 내경동맥과 곡선과 초음파 도플러로 구한 혈류량 곡선이 일치할 때까지 C, R을 교정하여 C, R을 구하는 대신, 초음파 도플러로써 얻은 경추동맥 혈류량을 내경동맥과 곡선의 면적으로 표시된 C, R 공식에 대입하는 방식으로 C, R를 구한다.

[0222] 이 방법은 뇌혈류 특성을 측정할 때 겪게 되는 초음파 도플러의 약점인 수평면 오차가 C, R를 구하는데 아무런 지장도 주지 않는다는 것을 말한다.

[0223] 달리 말하면, 현재 초음파 측정 기술로 측정한 혈류량이 임상에서 무난하게 사용되고 있으므로, 초음파 측정 기술로써 측정한 혈류량만 구하면, C, R, Asc도 임상에 무난하게 사용될 수 있다는 것을 보여준다.

[0224] 다음, 교통동맥을 무시한 내경동맥을 분석하는 문제에 대하여 살펴본다.

[0225] 이 경우도 앞의 경우처럼 전대뇌동맥과 중대뇌동맥이 갈라지는 점에서 혈압 $P_a=P_m=P_v$, 이 점에서 혈류량을 각각 Q_a, Q_m 라 하고, 전대뇌동맥과 중대뇌동맥을 각각 하나의 탄성강으로 보고, 다음과 같은 탄성강 방정식을 세울 수 있다.

[0226] 혈관 수축시와 혈관 확장시 순응성은 같으므로,

$$Q_m = C_m \frac{dP_m}{dt} + \frac{P_m - P_v}{R_m} \quad (\text{수식 32})$$

$$\left(\frac{R_t}{R_a} + 1 \right) Q_a = C_a \frac{dP_a}{dt} + \frac{P_a - P_v}{R_a} \quad (\text{수식 33})$$

$$(Q_m + Q_a) = Q \quad (P_m = P_a = P) \quad (\text{수식 34})$$

와 같다.

상기 우측 혈관 저항 R_2 는 $5.9 \times 10^4 \text{ dyn} \cdot \text{S} / \text{cm}^5$ 정도이고, 좌측 혈관 저항 R_1 은 $3400 \text{ dyn} \cdot \text{S} / \text{cm}^5$ 이므로, $R_1/R_2=0$ 이다.

따라서,

$$R_1 = \frac{A_{2s} + A_{2d}}{S_c^*} \quad (\text{수식 35})$$

$$C = \frac{A_{2s} - A_{2d}}{P_{2s} - P_{2d}} \cdot \frac{Qc_c}{A_{2s} + A_{2d}} \quad (\text{수식 36})$$

$$Asc = K_3 \frac{R^{0.25}}{CR} (1 - S) \quad (\text{수식 31})$$

상기 수식 31, 35, 36의 R, C, Asc는 혈류량을 모르므로 진단에 쓸 수 없다.

따라서, 진단에 쓸 수 있는 R, C, Asc를 구하기 위하여 $P_m=P_a$ 인 조건에서 Q_m 과 Q_a 를 구해야 한다.

이 문제를 풀기 위하여 내경동맥이 중대뇌동맥과 하나로 연결되어 있고 경동맥 + 중대뇌동맥 가지에서 전대뇌동맥이 갈라진 것으로 가정하고 경동맥계를 다시 모형화한다(도 6 참조).

이제 중대뇌동맥의 혈관 순응성을 C_m , 전대뇌의 혈관 순응성을 C_a , 중대뇌동맥에서 혈류 저항을 R_m , 전대뇌동맥의 윌리쓰환 부분에서 혈류 저항을 R_a , 전대뇌 동맥의 나머지 부분에서 혈류 저항을 R_l , 중대뇌에서 혈압을 P_m , 전대뇌에서 혈압을 P_a , 중대뇌동맥에서의 혈류량을 Q_m , 전대뇌동맥에서의 혈류량을 Q_a , 내경동맥에서 윌리쓰환 연결점에서 혈압을 P, 정맥압은 P_v 라고 하자.

그리고, 전대뇌동맥과 중대뇌동맥의 총 순응성을 C라고 하면,

$$C = \frac{\Delta V}{\Delta P} \quad (\text{수식 37})$$

이다.

이제 도 6으로부터 내경동맥 PWV를 1차 근사로 중대뇌동맥의 PWV라고 하면 내경동맥 + 중대뇌동맥의 순응성 C_{cm} 을 구할 수 있다.

따라서,

$$Sm = Cm * (P_{sm}^* - Pmd)(Ams + Amd) / Amd \quad (\text{수식 38})$$

$$Sa = Sc - Sm \quad (\text{수식 39})$$

$$P_m = P_a = P - R_c Q_c \quad (\text{수식 40})$$

이상의 결과를 종합하면, 좌, 우측 전대뇌동맥의 순응성(C_{a1} , C_{a2}) 및 좌, 우측 전대뇌동맥의 저항(R_{a1} , R_{a2})은 하기 수식 5-8에 의하여 각각 산출할 수 있게 된다.

$$C_{a1} = \frac{A_{a1s} - A_{a1d}}{P_{a1s} - P_{a1d}} \cdot \frac{S_{a1}}{(A_{a1s} + A_{a1d})(1 + K)} \quad (\text{수식 5});$$

좌측 전대뇌동맥의 순응성

[0250] 우측 전대뇌동맥의 순응성
$$C_{a2} = \frac{A_{a2s} - A_{a2d}}{P_{a2s} - P_{a2d}} \cdot \frac{S_{a2}}{(A_{a2s} + A_{a2d})(1 + K)} \quad (\text{수식 6});$$

[0251] 좌측 전대뇌동맥의 저항
$$R_{a1} = \frac{A_{a1s} + A_{a1d}}{S_{a1}(1 + K)} \quad (\text{수식 7}); \text{ 및}$$

[0252] 우측 전대뇌동맥의 저항
$$R_{a2} = \frac{A_{a2s} + A_{a2d}}{S_{a2}(1 + K)} \quad (\text{수식 8}),$$

[0253] 상기 수식 5 내지 8에서, P_{a1s} 는 좌측 전대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{a1d} 는 좌측 전대뇌동맥의 이완기 혈압, P_{a2s} 는 우측 전대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{a2d} 는 우측 전대뇌동맥의 이완기 혈압, A_{a1s} 는 좌측 전대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{a1d} 는 좌측 전대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, A_{a2s} 는 우측 전대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{a2d} 는 우측 전대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, S_{a1} 은 좌측 전대뇌동맥의 혈류량, S_{a2} 은 우측 전대뇌동맥의 혈류량, K 는 임상계수이다.

[0254] 또한, 좌, 우측 중대뇌동맥의 순응성(C_{a1} , C_{a2}) 및 좌, 우측 중대뇌동맥의 저항(R_{a1} , R_{a2})은 하기 수식 9-12에 의하여 각각 산출할 수 있게 된다.

[0255] 좌측 중대뇌동맥의 순응성
$$C_{m1} = \frac{A_{m1s} - A_{m1d}}{P_{m1s} - P_{m1d}} \cdot \frac{S_{m1}K}{(A_{m1s} + A_{m1d})(1 + K)} \quad (\text{수식 9});$$

[0256] 우측 중대뇌동맥의 순응성
$$C_{m2} = \frac{A_{m2s} - A_{m2d}}{P_{m2s} - P_{m2d}} \cdot \frac{S_{m2}K}{(A_{m2s} + A_{m2d})(1 + K)} \quad (\text{수식 10});$$

[0257] 좌측 중대뇌동맥의 저항
$$R_{m1} = \frac{(A_{m1s} + A_{m1d})K}{S_{a1}(1 + K)} \quad (\text{수식 11}); \text{ 및}$$

[0258] 우측 중대뇌동맥의 저항
$$R_{m2} = \frac{(A_{m2s} + A_{m2d})K}{S_{a2}(1 + K)} \quad (\text{수식 12}),$$

[0259] 상기 수식 9 내지 12에서, P_{m1s} 는 좌측 중대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{m1d} 는 좌측 중대뇌동맥의 이완기 혈압, P_{m2s} 는 우측 중대뇌동맥의 수축기 혈압, P_{m2d} 는 우측 중대뇌동맥의 이완기 혈압, A_{m1s} 는 좌측 중대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{m1d} 는 좌측 중대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, A_{m2s} 는 우측 중대뇌동맥 압력곡선의 수축기 면적, A_{m2d} 는 우측 중대뇌동맥 압력곡선의 이완기 면적, S_{m1} 은 좌측 중대뇌동맥의 혈류량, S_{m2} 은 우측 중대뇌동맥의 혈류량, K 는 임상계수이다.

[0260] 다음은 경동맥과 추골동맥에서 혈류량과 경동맥에서 평균혈압 $\bar{P}$ 가 주어진 조건에서 뇌혈관계의 매 혈관가지들에서 혈압과 혈류량을 구한다.

[0261] 이때 매 혈관의 저항 R 는 앞에서 얻은 값을 준다.

[0262] 임상에서 혈압은 저항과 혈류량의 곱으로 정의한다.

[0263] 따라서, 상기 내용을 기초로 본 발명에 의한 처리부(210)에서 혈압과 혈류량을 구하기 위한 연립 방정식을 작성하면,

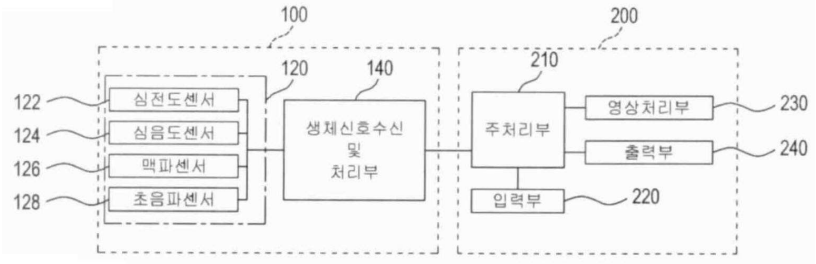
[0264]
$$P_1 = R_{C1}Q_{C1} + R_{m1}Q_{M1} \quad (\text{수식 41})$$

[0265]
$$P_1 = R_{C1}Q_{C1} + R_{PC1}Q_{PC1} + R_{P12}Q_{P12} \quad (\text{수식 42})$$

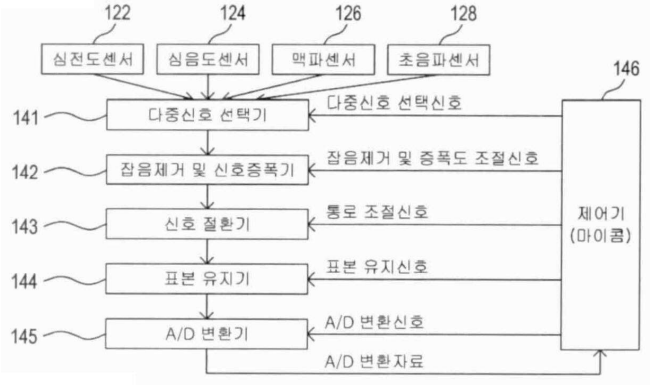
- [0266] $p_1 = R_{C1}Q_{C1} + R_{a11}Q_{a1} + R_{a12}Q_{a12}$ (수식 43)
- [0267] $R_{a12}Q_{a12} + R_{ac}Q_{ac} + R_{a22}Q_{a22} = 0$ (수식 44)
- [0268] $p_2 = R_{C2}Q_{C2} + R_{m2}Q_{m2}$ (수식 45)
- [0269] $p_2 = R_{C2}Q_{C2} + R_{a21}Q_{a21} + R_{a22}Q_{a22}$ (수식 46)
- [0270] $p_3 = R_{v1}Q_{v1} + R_bQ_b + R_{p11}Q_{p11} + R_{p12}Q_{p12}$ (수식 47)
- [0271] $p_4 = R_{v2}Q_{v2} + R_bQ_b + R_{p21}Q_{p21} + R_{p22}Q_{p22}$ (수식 48)
- [0272] $R_{C1}Q_{C1} + p_{C1} = p_1$ (수식 49)
- [0273] $R_{a12}Q_{a12} = p_{a1}$ (수식 50)
- [0274] $R_{a22}Q_{a22} = p_{a2}$ (수식 51)
- [0275] $R_{C2}Q_{C2} + p_{C2} = p_2$ (수식 52)
- [0276] $R_{v2}Q_{v2} + p_{v2} = p_4$ (수식 53)
- [0277] $R_{v1}Q_{v1} + p_{v1} = p_3$ (수식 54)
- [0278] $R_{p12}Q_{p12} + R_{p11}Q_{p11} - p_{p1} = 0$ (수식 55)
- [0279] $R_{p22}Q_{p22} + R_{p21}Q_{p21} - p_{p2} = 0$ (수식 56)
- [0280] $Q_{m1} + Q_{pc1} + Q_{a1} - Q_{c1} = 0$ (수식 57)
- [0281] $Q_{a12} + Q_{ac} - Q_{a1} = 0$ (수식 58)
- [0282] $Q_{m2} + Q_{pc2} + Q_{ac} - Q_{c2} = 0$ (수식 59)
- [0283] $Q_{a2} + Q_{ac} - Q_{a22} = 0$ (수식 60)
- [0284] $Q_{p12} - Q_{pc1} - Q_{p11} = 0$ (수식 61)
- [0285] $Q_{p22} - Q_{pc1} - Q_{p21} = 0$ (수식 62)
- [0286] $p_2 = R_{C2}Q_{C2} + R_{pC2}Q_{pC2} + R_{v2}Q_{v2}$ (수식 63)
- [0287] 이다.
- [0288] 이상의 방정식에서 미지수는 Q_{p11} , Q_{p12} , Q_{p21} , Q_{p22} , Q_{a11} , Q_{a12} , Q_{a21} , Q_{a22} , Q_{m1} , Q_{m2} , Q_{pc1} , Q_{pc2} , Q_{ac} , P_{a1} , P_{a2} , P_{c1} , P_{c2} , P_{v1} , P_{v2} , P_{p1} , P_{p2} , P_3 , P_4 , R_b 이고,
- [0289] P_1 , P_2 , Q_{v1} , Q_{v2} , Q_{c1} , Q_{c2} 을 아는 것으로 하면, 상기 연립 방정식은 닫기계 되어 미지수를 구할 수 있게 된다.

도면

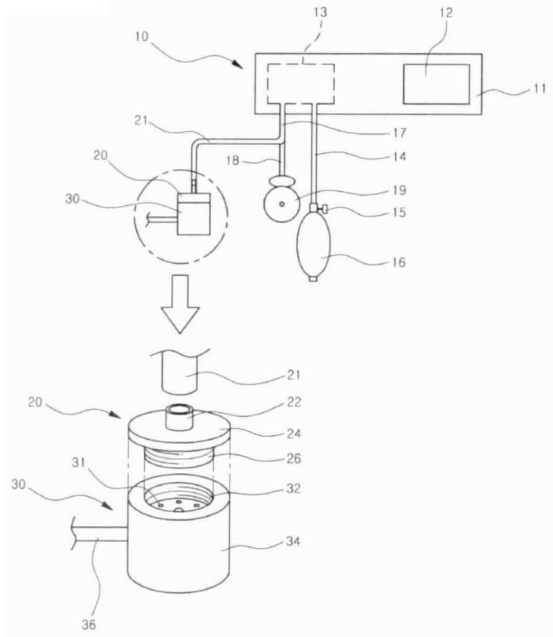
도면1



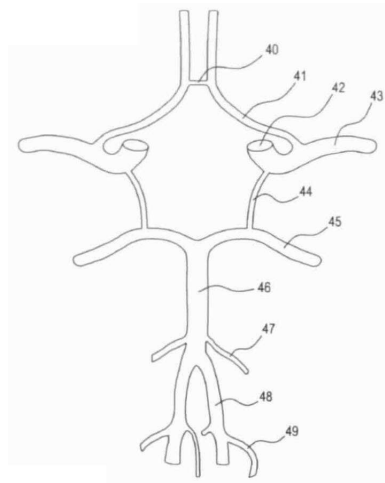
도면2



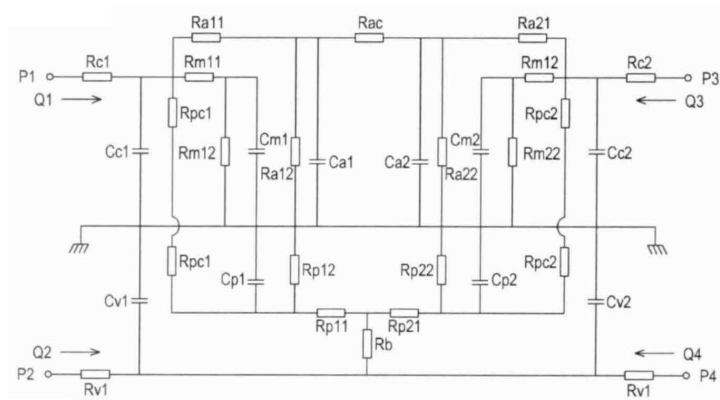
도면3



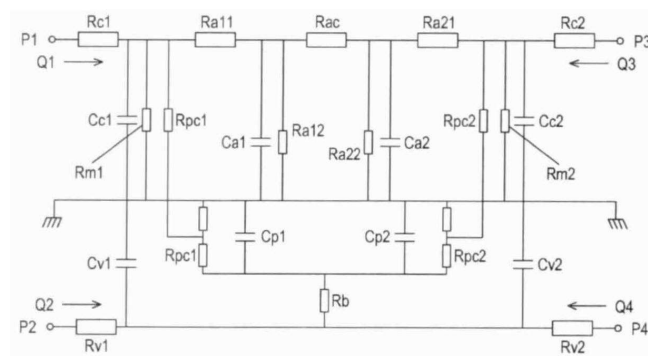
도면4



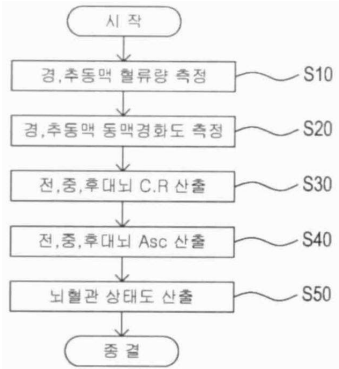
도면5



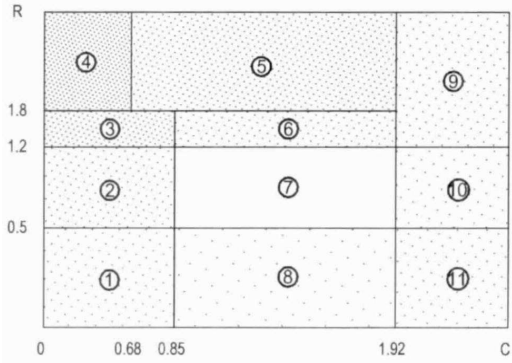
도면6



도면7



도면8



专利名称(译)	标题：脑血管造影分析仪		
公开(公告)号	KR101124641B1	公开(公告)日	2012-03-22
申请号	KR1020097026416	申请日	2009-10-01
[标]申请(专利权)人(译)	金光TAE Gimgwangtae 铉SEOG SAN 현석산		
申请(专利权)人(译)	Gimgwangtae 현석산		
当前申请(专利权)人(译)	Gimgwangtae 현석산		
[标]发明人	KIM KWANG TAE 김광태		
发明人	김광태		
IPC分类号	A61B5/02 A61B8/06 A61B5/0402		
CPC分类号	A61B8/08 A61B5/02007 A61B5/022 A61B5/026 A61B5/0402 A61B5/4064 A61B7/04 A61B8/06 A61B8/0816 A61B8/485		
代理人(译)	权，呵呵 - 君		
优先权	1020080096949 2008-10-02 KR		
其他公开文献	KR1020100061619A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明提供脑血管系统的生物力学分析，作为心电图，心音，脉搏波信号和超声多普勒信号的基本数据，以测量脑血管的生物力学特性和血流特性，以诊断脑血管疾病，脑血管分析装置技术领域本发明涉及一种脑血管分析装置，其能够通过测量各血管分支中的弹性模量，血管的一致性，血流阻力和血流量来早期诊断各种脑血管并发症，例如脑血栓形成。

