

# 가압식 비침습적 대뇌 혈류 증가 장치의 구현

이진\* · 유형곤\*\* · 김영길\*\*\*

\*아주대학교

## Implementation of Non-Invasive Pressurized Cerebral Perfusion Platform

Jean Lee\* · Hyeong-gon Yu\*\* · Young-kil Kim\*\*\*

\*Ajou University

E-mail : leejean2012@ajou.ac.kr

### 요 약

다음은 요뇌경색의 대표적인 치료법과 예방법중 하나는 대뇌혈류를 증가하는 방법이다. 대뇌 부위로 가는 혈류량을 우회적으로 증가시켜 최종대뇌 손상부위를 최소화 하는 것을 목표로 한다. 이와 같은 대뇌 혈류를 증가시키는 방법은 약물에 의한 치료방법과, 수술에 의한 방법 등 침습적으로 행해져왔다. 하지만 이러한 침습적인 방법은 환자에게 수술의 부담을 주며 합병증 등의 위험에 노출되어 있는 단점이 있다.

본 논문에서는 이러한 침습적인 치료방법의 단점을 보완하고자 비침습적 대뇌혈류증가 장치를 제안한다. 기존의 대뇌 혈류 증가 장치의 단점을 보완하기 위해 가압식 측정법을 적용하여 환자의 사지 혈압을 정확하게 측정하고 사지압박을 실시하여 대뇌부위로 가는 혈류량을 우회적으로 증가시켜 혈류증강 치료를 실시한다. 이는 기존의 침습적 대뇌혈류증강 치료와 비교하여 합병증의 우려가 없고 환자에게 부담을 주지 않으며 대뇌혈류량을 의미 있게 증가시키기 때문에 환자에게 선택적으로 사용될 수 있다.

### ABSTRACT

One of the treatments and preventions of strokes such as ischemic stroke is to increase cerebral blood flow. This aims to minimize the size of the stroke by increasing the quantity of blood to the cerebral region circuitously. Several ways to increase cerebral blood flow are a therapy though drugs and through surgery. However these invasive method giving a burden to the patient, the problem of inducing a number of complications were noted.

In this thesis, we propose a non-invasive cerebral blood flow augmentation device to compensate for the disadvantages of these invasive treatments. To compensate for the shortcomings of the existing cerebral blood flow device, apply a positive measure of the patient's extremities to measure the blood pressure of the patient's blood pressure and conduct a frontal injection of blood flow to increase blood flow. Although somewhat inadequate blood flow increases compared to conventional devices, blood flow can be significantly increased, which can be selectively.

### 키워드

limbs pressure, blood flow rate, cerebral infarction, non-invasive

### I. 서 론

인구의 노령화와 더불어 그 중요성이 커지는 질환 중 하나인 뇌졸중(Stroke)중 80%는 뇌경색이 차지하고 있다. 이러한 뇌경색의 주요 원인은 대뇌혈류 감소, 즉 뇌로 흐르는 대뇌혈류량(Cerebral Blood Flow)이 줄어드는 것이 원인으로 거론되고 있다. 이러한 뇌졸중의 치료방법은 뇌 손상부위의 진행을 늦추고 막힌 혈관을 열기 위

한 중재시술과 혈류증강 치료이다. 이 중 대뇌 혈류 증강 치료는 뇌경색의 치료 중 가장 중요한 치료로 손상된 대뇌 부위가 시간이 지날수록 확대되기 때문에 빠른 시간 안에 대뇌 혈류량을 증가시켜야 손상 부위를 최소화 할 수 있다[1]. 하지만 이러한 대뇌혈류증강 치료는 현재 수술적인 치료방법과 약물적인 치료 방법 등으로 침습적으로 행해져오고 있다. 수술적인 치료방법의 대표적인 치료법은 직접혈관문합술(EIAB)와 간접혈관

문합술(EDAS)과 같은 방법이 있다[2]. 이러한 수술적인 치료방법은 다수의 합병증을 유발한다는 문제점이 지적되었다. 약물적인 치료방법은 환자에게 큰 부작용을 야기할 가능성이 있다. 이와 관련하여 현재 아주대학교 병원의 홍지만 박사에게 특허가 출원 되어 있다. 이에 본 논문에서는 특허의 기본하여 가압식 비침습적 대뇌 혈류 증가 장치를 제안한다. 본 system은 사지압박을 통해 환자의 사지로 가는 혈류를 일정 수준 막아 우회적으로 뇌로 가는 혈류량을 증가시키는 system이다. 가압식 대뇌 혈류 증가 장치는 환자의 각 사지 혈압을 독립적으로 측정하여 혈압에 맞는 적절한 압력으로 사지를 압박한다. 이때 압박시간, 압박 압력을 환자의 맞추어 설정가능하며 system의 휴대가 가능하게 하여 공간의 제약 없이 치료가 가능하다. 출원된 특허의 요구조건으로는 정확한 혈압 측정, 혈압 측정 시간의 단축 그리고 압력제어로 대뇌 혈류량의 증가이다. 본 system은 이러한 특허의 요구조건을 모두 충족하게 설계 하였다.

## II. 관련 이론

### 2.1. 뇌혈관질환의 예후 및 치료

뇌혈관질환은 크게 뇌경색과 뇌출혈 두 가지 유형으로 나눌 수 있다. 이 중 뇌경색은 뇌혈관질환의 80% 가가운 비중을 차지하고 있다. 뇌경색은 혈전이나 색전 등으로 뇌혈관이 막혀 혈액의 공급이 부족한 부분이 뇌 기능을 상실하는 것으로, 뇌질환 환자의 9% 만이 완치를 하게 되고 73%는 불완전한 회복이 이루어져 여러 가지 장애를 남기고 나머지 18%는 사망에 이르게 된다. 이러한 뇌경색의 치료는 막힌 혈관을 열기 위한 중재시술과 동시에 감소된 혈류량을 보상하기 위해 대뇌혈류증가 치료가 필수적이다.

### 2.2. 대뇌혈류 증강 치료

뇌경색의 가장 큰 원인은 뇌 혈류 감소이다. 뇌손상이 진행된 후에 뇌 혈류 감소를 보상하기 위해 대뇌혈류 증강 치료가 신속하게 이루어져야 뇌손상부위의 확장을 막을 수 있다. 다음 그림1은 뇌경색 환자의 대뇌혈류 증강 치료가 성공적으로 이루어진 예와 아닌 예의 비교의 관한 설명이다. 그림 A의 빨간색으로 표시된 부위는 뇌경색으로 인한 최초의 뇌손상부위이다. 초록색으로 표시된 부위는 아직 손상되지 않았지만 앞으로 손상가능성이 있는 부위이다. 대뇌 혈류 증강 치료가 성공적으로 이루어질 경우 그림B와 같이 뇌손상부위가 확장되지 않고 최초의 뇌손상부위 만이 최종 손상부위가 된다. 하지만 그림C와 같이 대뇌혈류증강 치료가 성공적으로 이루어지지 않을 시 그림A의 초록색으로 표시된 손상가능성이 있는 부위까지 뇌손상부위가 확장되게 된다.

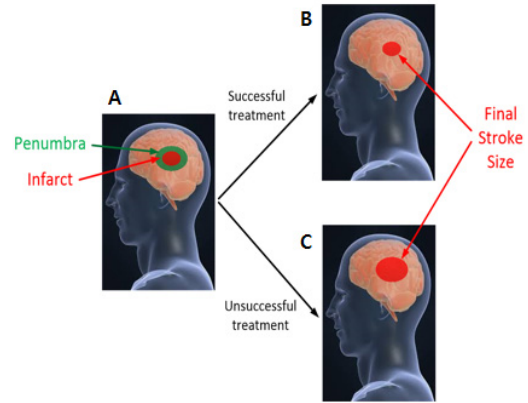


그림 1. 대뇌혈류 증강 치료

대뇌혈류 증강 치료는 주로 침습적으로 행해져 왔다. 치료방법은 크게 수술에 의한 치료방법과 약물에 의한 방법으로 나뉜다. 수술에 의한 치료 방법으로는 대표적으로 직접혈관문합술(EIAB)와 간접혈관문합술(EDAS) 등이 있다.

### 2.3. 오실로메트릭법

오실로메트릭법은 가장 대표적인 혈압측정법으로서 기계에 적용하기 가장 유리한 혈압측정법이다. 현재 시중에 판매되고 있는 혈압계의 대부분이 오실로메트릭법으로 혈압측정이 이루어지고 있다. 본 system에서는 오실로메트릭법을 활용하여 환자의 혈압을 측정하고, 측정된 혈압을 바탕으로 사지압박을 실행하게 된다.

오실로메트릭법의 혈압 측정방식은 팔에 커프를 장착한 후 혈액이 흐르지 않을 때까지 (약 200mmHg) 압력을 가한 후 서서히 공기를 배출시키면서 커프를 감압한다. 이때 커프를 감압시키면서 oscillation이 발생하게 되는데 발생된 oscillation은 점점 증가하였다가 최댓값을 기록하고 다시 감소하다가 소멸된다. 그림2는 오실로메트릭법의 측정과정을 도식적으로 보여준다.

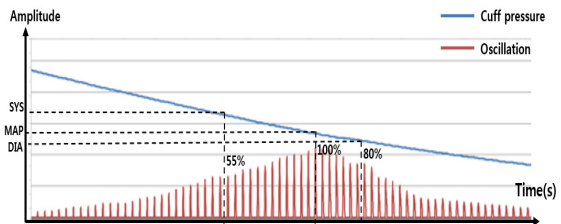


그림 2. 오실로메트릭법

그림2의 파란색 그래프는 cuff내부의 압력이고 빨간색 그래프는 oscillation이다. cuff 내부압력을 서서히 감압함에 따라 oscillation이 발생하기 시작하여 oscillation의 크기가 최고가 되는 시점의 cuff 내부압력을 평균동맥압(MAP)으로 추정하고 통계에 의한 비례식을 적용하여 수축기혈압 (SYS)

와 이완기혈압 (DIA)를 추정하는 혈압측정법이다.

### III. 제안하는 system

#### 3.1. System의 개요

제안하는 System은 사지 압박을 통해 대뇌로 가는 혈류량을 우회 증가시키는 system으로서 사지 압박은 측정된 각 사지의 평균동맥압(MAP)을 바탕으로 실시한다. 이 때 혈압측정은 오실로메트릭법을 활용하여 혈압을 측정하되, 기존의 사용되고 있는 커프를 감압시키면서 발생하는 oscillation을 측정하는 오실로메트릭법이 아닌 커프를 가압시키면서 발생하는 oscillation을 측정하는 가압식 오실로메트릭법을 활용하여 평균동맥압(MAP)을 측정한다. 기존 방식과 달리 가압식으로 측정하게 되면 특허의 요구 조건인 시간 단축에 매우 큰 이점이 있으며, 측정도중 환자에게 가하는 최대압박치가 200mmHg에서 140mmHg정도로 감소하여 환자에게 주는 부담을 크게 감소시킬 수 있는 이점이 있다.

본 system은 침습적인 대뇌혈류증강 치료와 비교하여 혈류 증가량이 상대적으로 낮지만, 수술에 의한 합병증이나 약물에 의한 부작용 유발 가능성이 전혀 없고 환자에게 부담을 덜어줄 수 있으며, 휴대가 가능하기 때문에 공간의 제약 없이 원하는 곳에서 치료가 가능한 장점이 있다.

#### 3.2. System 동작원리

system의 동작원리는 사지의 커프를 착용한 후에 커프를 가압시키면서 사지의 혈압을 독립적으로 측정한다. 혈압 측정이 완료되면 커프 내부 공기를 배출한 후에 측정된 각 사지의 평균동맥압(MAP)의 해당하는 압력을 커프에 가하고 3분의 가압기를 가진다. 3분이 지난 후 커프에 공기를 모두 배출하여 2분의 휴지기를 가진다. 휴지기 이후에는 다시 가압기와 휴지기를 계속 반복하면서 치료를 실시한다. 그림3은 system flow chart이다.

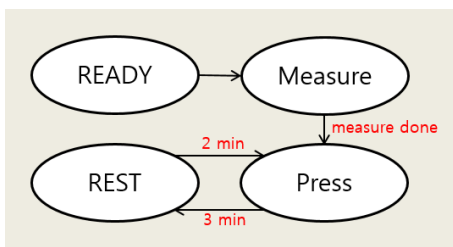


그림 3. system flow chart

가압기와 휴지기의 시간은 optional한 부분이며

환자의 상태에 따라 의사에 판단으로 시간을 조절할 수 있다. 가압기의 초기값을 3분으로 설정한 이유는 임상시험 결과 사지압박중 시간이 3분 후부터 환자의 혈관이 압력에 적응하여 혈관이 점점 확장됨에 따라 혈류증가량이 감소되기 때문에 초기값을 3분으로 설정하였다. 휴지기 없이 계속 사지압박을 진행할 경우 환자에게 고통이 수반될 수 있기 때문에 휴지기는 필수적이다. 휴지기의 초기값을 2분으로 설정한 이유는 임상시험결과 대뇌 혈류량이 감소되지 않는 선에서 환자의 몸에 충분한 휴식을 주기 위해 2분으로 설정하였다.

#### 3.3. System의 구성

본 system은 사지의 혈압측정 및 압박을 위해 pump, solenoid valve, pressure sensor와 이를 제어하기 위한 MCU로 구성되어 있다. 그림4는 system의 구성도이다.

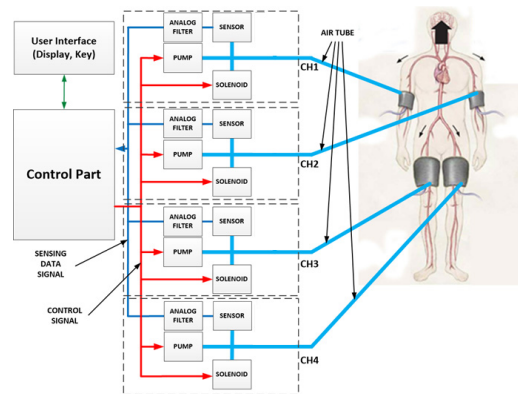


그림 4. system 구성도

system을 구현하기 위해 pump, solenoid valve, pressure sensor 그리고 analog filter 가 한 모듈을 이룬다. 사지(팔2,다리2)의 혈압측정과 압박을 위해 총 4개의 모듈이 사용되고 있으며 이를 MCU로 제어하여 system을 구현한다. 그림5는 실제 구현한 system이다. A part는 pump가 배치되어 있고, B part는 solenoid valve가 배치되어 있으며 C part에는 pressure sensor와 sensor에서 측정된 신호를 처리하는 Analog filter로 구성되어 있다. 그림과 같이 pump, solenoid valve, pressure sensor 가 한 호스로 연결되어 커프를 연결하여 혈압을 측정하고 압박한다.

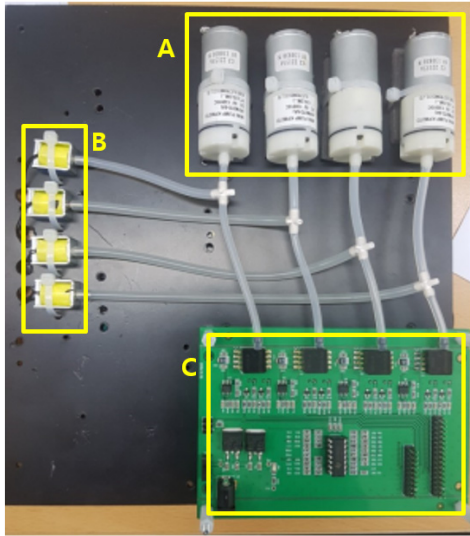


그림 5. 구현한 system

IV. 실험결과 및 분석

4.3. 대뇌혈류 증강 실험 결과 및 분석

본 system을 사용해 대뇌혈류 증강 치료를 하였을 때 대뇌혈류증가 효과가 어느 정도의 효과가 있는지를 검증하기 위해 정상지원자 10명을 대상으로 대뇌혈류 증강 실험을 진행하였다. 실험은 아주대학교 병원 신경외과의 도움을 받아 진행하였다. 실험 방법은 본 system을 착용하고 사지압박을 진행하면서 TCD(Transcranial doppler) 검사 장비를 이용하여 피험자의 양쪽의 중대뇌동맥의 혈류 속도를 측정 하였다. 혈관 직경이 일정한 경우 혈류 속도가 증가하면 혈류량을 증가했음을 간접적으로 추론 할 수 있기 때문에, 혈류 속도의 증가는 곧 혈류량의 증가로 추정할 수 있다. TCD검사는 측두골에 초음파를 통과시켜 두개 내 혈류 속도와 혈류역학을 실시간으로 알아볼 수 있는 검사이다. 측정에 사용한 장비는 PIONEER사의 TC8080이라는 장비를 사용하였다. 표3은 피험자 10명의 base 혈류속도와 사지압박 도중 혈류속도를 비교하여 증가율을 계산하였다. 표의 left와 right는 피험자의 좌뇌와 우뇌의 혈류 속도를 뜻한다. 실험결과 system을 착용하고 혈류 속도를 측정하였을 때 평상시(Base line) 대비 평균 21% 가량 혈류속도가 증가함을 확인할 수 있었다. 이는 피험자의 체형과 특성에 따라 어느 정도의 차이는 있지만 전반적으로 의미 있는 증가량을 보임을 확인할 수 있다.

표 1. 대뇌 혈류 증가 장치 실험 결과

		blood flow rate (Cm/s)		
No		base	pressed	rate of increase
1	left	50	56	112%
	right	62	69	111.3%
2	left	40	44	110%
	right	47	56	119.1%
3	left	30	37	123.3%
	right	34	41	120.6%
4	left	58	68	117.2%
	right	47	53	112.8%
5	left	37	45	121.6%
	right	40	66	165%
6	left	38	45	118.4%
	right	56	66	117.9%
7	left	41	45	119.7%
	right	43	51	118.6%
8	left	39	52	133.3%
	right	42	54	128.6%
9	left	54	63	116.7%
	right	55	72	130.9%
10	left	58	70	120.7%
	right	54	63	116.7%
Average		46.2	55.8	121.2%

V. 결 론

본 침습적으로 행해져온 대뇌혈류증강 치료의 문제점을 제시하고 이에 제시한 문제점을 보완하기 위해 기존의 출원된 특허에 기반하여 system을 제안하고 구현하였다. 특허에서 요구하는 측정 시간 단축, 정확한 혈압측정 그리고 대뇌혈류량의 증가를 모두 충족시켜 대뇌로 가는 혈류량이 의미있게 증가함을 확인하였다. 기존의 침습적인 방법들과 비교하여 혈류증가량이 다소 부족할 수 있지만, 환자에게 부담이 되지 않기에 비침습적인 방법으로 혈류량을 증가시켜 환자에 따라 선택적으로 사용될 수 있다. 또한 구현한 장치가 휴대할 수 있을 정도로 크지 않기 때문에 공간의 제약이 적고 수술로 인한 합병증이나 약물로 인한 부작용을 예방 할 수 있다.

참고문헌

[1] Y. S. Yoon, "A study of symptoms and treatments seeking behavior in acute stroke patients", M.S. theses, Yonsei University, Seoul, MA, 2005.  
 [2]D. S. Kim, D. S. Yoo and P. W Huh, "The recent trend of the surgical treatment for pediatric as well as adult onset moyamoya disease", Journal of Korean Neurosurgical Society, Vol.30, No.11, pp 800-804, Sep, 2001