

Photo-Plethysmography를 이용한 정상과 재접합 수지 혈류량의 비교

Comparison of normal and replantation digital blood flow using photo-plethysmography

남기창*, 김성우**, 나동균***, 김덕원*

Ki-Chang Nam, Sung-Woo Kim, Dong-Kyun Rah, Deok-Won Kim

Abstract - Up to the present, digital replantation patients has appeared different symptoms due to blood circulatory failure. But, the level of blood circulatory failure has been evaluated only by clinical symptoms, or angiography. According to the cases of digit replantation is increasing, then objective evaluation methods of the level of blood circulatory failure is needed other than patient's subjective symptoms and complaints. Although angiography, doppler, electromagnetic flowmeter, laser blood flowmeter, mechanical blood flowmeter has been used for the evaluation of the blood circulatory failure, the result was affected by time, place, surrounding temperature, patient's body temperature, and even emotion. Therefore, it is pointed out with lack of availability, feasibility and reproducibility. Thus, we compared digital blood flow of dominant hand to non dominant hand, and replanted fingers to opposite normal fingers from developed photo-plethysmography. The average digital blood flow showed no difference in normal digits each other, but, replanted digits showed average of 53% (9 - 100 %) compare to opposit normal digits. As it measure relative blood flow for circulatory failure of tissue such as fingers and toes more sensitively, reliably. In conclusion, it is expected that photo- plethysmography will be very useful for diagnosis, curative effect, prognosis of blood circulatory failure in digital replantation patient.

Key Words : blood circulatory failure, digital blood flow, digital replantation, photo-plethysmography.

1. 서 론

임상적으로 수지 및 족지의 혈액 순환의 장애를 나타내는 레이노 현상(Raynaud's phenomenon)이나 버거스씨병(Burger's disease), 당뇨병 족부궤양 또는 수지 재접합(replantation) 이후의 환자들은 혈액 순환 장애에 대한 다양한 증상 및 증세를 호소한다[1-4].

현재까지 수지 및 족지의 혈류 장애에 대한 측정에는 초음파 도플러(ultrasound doppler), 혈관조형술(angiogram), 전자기 혈류계(electromagnetic flowmeter), 레이저 혈류측정기, 기계적 혈류측정기 등이 사용되어 왔으나, 시간, 장소, 주위 온도, 환자의 체온, 환자의 감정 및 신체상태 등 많은 요인에 의하여 영향을 받으므로 유용성, 적정성 및 반복성이 부족하다는 지적이 있었다[5-7].

현재 우리나라에는 산업작업장의 환경이 취약하여 산업폐해에 의한 수지 절단 환자가 많은데 수지 재접합 후 수지의 형태는 유지하고 있더라도 기능이나 혈류 장애에 의한 증상들을 호소하는 경우가 많다. 이러한 환자들에서 혈류 장애의 정도와 장애 등급은 환자의 주관적인 증상 호소에 의존하여

결정하는 예가 많으나, 좀 더 객관적인 혈류량 측정 방법이 요구된다.

이에 본 연구에서는 본 연구진에 의해 개발된 광혈류 측정기(photo-plethysmography: PPG)를 이용하여 재접합에 성공한 수지 및 반대측의 정상 수지의 혈류량을 비교 관찰하여 재접합한 수지의 혈류 장애 정도를 객관적으로 측정하고, 치료 효과의 판정과 예후의 판단에 도움을 주고자 하였다.

2. 2채널 PPG(photo-plethysmography)

수지의 혈류량은 체온, 주변의 온도, 운동 여부 그리고 심지어는 감정에서도 영향을 받을 수 있으므로 객관적인 절대 혈류량의 측정은 쉽지 않다. 따라서 광혈류 측정기를 이용하여 정량적인 혈류량의 측정 보다는 상대적인 혈류량을 측정하는 것이 의미가 있다.

본 실험을 위해 2 채널 PPG(photo-plethysmography)측정기를 개발하여 양쪽 수지의 혈류 변화를 동시에 측정하였다. 사지의 혈류변화는 피검자의 자세, 심리적 상태, 온도 등에 민감하게 변화하며, 측정 시마다 환경 변화와 피검자간의 차이를 줄이기 위해 양쪽 수지를 동시에 측정하여 그 결과를 분석하고자 하였다.

PPG 하드웨어는 LED와 광센서로 구성된 PPG 센서, 센서 구동 및 제어 회로, 증폭기로 구성하였다[8]. 적외광과 적외선 광 LED를 1ms 주기로 500us 동안 교대로 구동하면서 신호를 광센서로 받아들인다. 사용된 센서 프로우브는 NELLCOR

저자 소개

- * 연세대학교 의과대학 의공학교실
- ** 연세대학교 대학원 생체공학협동과정
- *** 연세대학교 의과대학 성형외과학교실

(DS-100, Durasensor)사의 산소포화도 측정용 센서와 호환되는 프로우브이며, 각 센서의 적외선광과 적외선광의 파장은 각각 660nm과 940nm이다. 데이터 수집보드 (DAQ-board ; PCI-6020E, National Instrument, USA)를 통해 아날로그 신호를 12bit 디지털 데이터로 변환하여 PC로 저장하고 분석하였다. 분석 프로그램은 LabVIEW Gi (National Instrument, USA)를 이용하였다.

3. 실험방법 및 분석

측정은 2004년 4월부터 5월까지 수지절단 환자 44명(나이 43.6±12.2세, 체중65.4±8.8kg, 신장165.2±7.0cm, 병력12.5±11.3개월)을 대상으로 서울 시내 2개 병원을 방문하여 실시하였다. 실내 온도는 평균 실내온도를 유지한 상태이며, 피검자는 데이터를 기록하기 전 편하게 앉은 자세에서 최소 5분 동안의 안정을 취하게 한 뒤, 한 피검자 마다 양쪽 제 1수지부터 제 5수지 까지 한 쌍씩 모두 5번의 측정을 하였다. 제 1수지는 엄지, 제 2수지는 검지, 제 3수지는 중지, 제 4수지는 약지, 제 5수지는 새끼 수지를 의미한다.

데이터는 최소 30초 동안 저장하였고, 저장된 데이터에서 안정된 10초 구간만이 선택되어 분석되어진다. 각 맥박 주기마다 혈류의 최대값과 최소값의 차이를 그림 1과 같이 혈류 변화량으로 보았다. 데이터의 분석은 그림 2와 같이 선택된 10초 구간 내에서 혈류변화량을 맥박수로 나누어 혈류변화량의 평균을 취하였다. 우세 손(dominant hand) 또는 정상 손의 수지 혈류변화량에 대한 양쪽 수지의 상대적인 값을 분석하였다. 맥박수는 데이터를 주파수 영역으로 변환시킨 스펙트럼 분석으로 중심주파수로부터 산출된다.

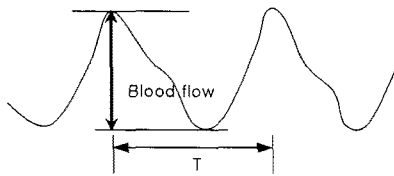


그림 1. PPG에서의 혈류량

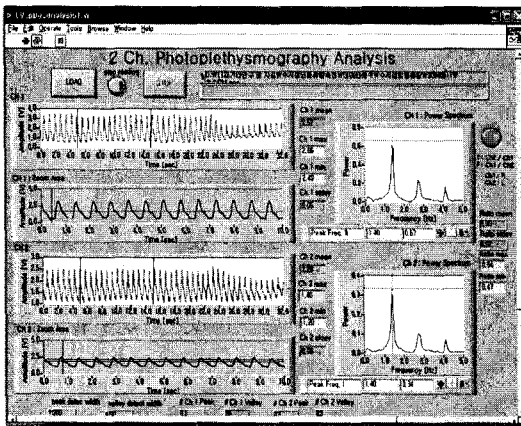


그림 2. 정상수지와 접합 수지의 혈류량 측정 및 분석

4. 실험결과

4.1. 정상수지와 접합 수지의 혈류량 비교

총 44명의 440개의 수지 중에서 절단 수지 20개를 제외한 420개(접합 수지 71개, 정상수지 349개)에 대하여 평균 혈류량을 측정된 결과는 표 1과 같다. 평균 혈류량의 단위는 arbitrary unit, [au] 이다.

정상 수지와 접합 수지의 그룹에서의 유의차를 분석하기 위하여 SPSS 8.0 (SPSS Inc.)를 이용한 2-way ANOVA 통계를 사용하였다. 그 결과 유의수준 $p < .01$ 에서 정상 수지 그룹과 접합 수지 그룹의 혈류량은 $p = 0.000$ 으로 접합 수지 그룹의 혈류량이 정상 수지 그룹의 혈류량 보다 유의하게 작으며, 각 수지의 종류에 따른 혈류량 차이는 $p = 0.026$ 으로 유의하지 않게 나타났다(그림 3).

표 1. 혈류량 측정 결과 (평균±표준편차 [au], n = 420)

	수지에 따른 혈류량					계
	제 1수지	제 2수지	제 3수지	제 4수지	제 5수지	
정상수지 (n=349)	1.7±0.6 (n=77)	2.3±0.8 (n=65)	2.5±1.0 (n=65)	2.6±0.9 (n=69)	2.0±0.8 (n=73)	2.2±0.9 (n=349)
접합수지 (n=71)	0.9±0.6 (n=10)	1.4±0.9 (n=15)	0.9±0.5 (n=16)	1.1±0.8 (n=17)	1.4±1.0 (n=13)	1.1±0.8 (n=71)

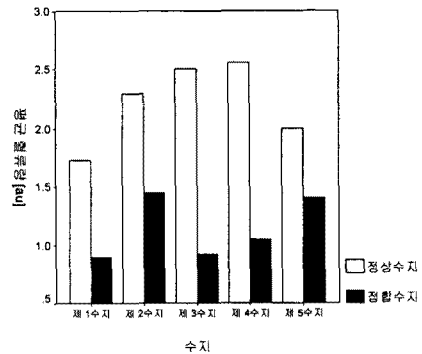


그림 3. 정상과 접합 수지의 수지별 평균 혈류량

4.2. 개인의 수지별 혈류량 분포 특성

한 개인의 한 쪽 손에서 다섯 개의 수지에 대한 각 수지의 혈류량의 분포를 상대적인 값으로 나타내기 위해 백분율로 계산한 결과는 표 2와 같다.

한 손에서의 백분율로 환산한 정상 수지와 접합 수지의 혈류량 차이는 $p = 0.000$, 각 수지의 종류에 따른 혈류량 차이는 $p = 0.005$ 로 $p < .01$ 에서 유의하게 나타났다. 정상 수지가 접합 수지 보다 혈류량이 크게 나타났고, 각 수지의 종류에 따라 혈류량의 차이를 보였다. 개인별 각 수지의 혈류량을 다섯 수지에 대한 비율로 정규화 함으로써 수지별 혈류 분포의 차이가 유의하게 나타났다. 그러나 접합 수지의 경우 정상 수지와는 다른 분포를 보이는데, 이는 각 환자의 접합 수지의 위치는 모두 다르기 때문이다. 따라서 접합수지에서의

수지별 혈류량 분포는 정상 수지의 혈류량 분포와 다르다.

표 2. 수지별 혈류량 분포 (평균±표준편차 [%], n = 420)

	수지별 혈류량 분포					계
	제 1수지	제 2수지	제 3수지	제 4수지	제 5수지	
정상 수지 (n = 349)	18.9±6.9 (n=77)	23.3±5.3 (n=65)	23.8±4.5 (n=65)	24.8±5.4 (n=69)	20.5±5.8 (n=73)	22.1±6.1 (n=349)
접합 수지 (n = 71)	11.4±7.2 (n=10)	15.8±8.2 (n=15)	11.9±5.7 (n=16)	14.0±7.3 (n=17)	15.0±4.4 (n=13)	13.7±6.7 (n=71)

4.3. 혈류 비

혈류 비는 양쪽 수지의 혈류를 비교하여야 하므로, 한 쪽이라도 절단되거나 양쪽 모두 접합수술을 한 수지의 경우를 제외하고 총 202쌍이 측정되었다. 이 중 정상 수지간의 쌍이 138쌍, 접합 수지와 정상 수지의 쌍이 64쌍이었다. 양손의 수지 모두 접합 수술 병력이 없는 정상 수지간의 쌍과 접합 수지와 정상 수지간의 쌍에서의 혈류 비를 계산한 결과는 표 3과 같다. 정상 수지 혈류 비와 접합 수지 혈류 비는 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

표 3. 정상 수지 혈류 비와 접합 수지 혈류 비의 비교

	정상 수지의 혈류 비 (n = 138)	접합 수지의 혈류 비 (n = 64)
평균	1.04	0.53
표준편차	0.16	0.26
최대값	1.50	1.00
최소값	0.42	0.09
유의값	p = 0.000	

5. 고 찰 및 결 론

본 연구에서 광혈류 측정기를 이용하여 수지의 혈류를 측정 한 결과 정상 수지의 평균 혈류량은 제 4수지, 제 3수지, 제 2수지, 제 5수지, 제 1수지의 순이었는데, 일반적으로 제 1수지의 평균 혈류량이 가장 많을 것으로 예측되었으나 상반된 결과를 보여주었다.

제접합 수지의 혈류량은 반대 측 정상 수지에 비교하여 최소 9%에서 최대 100%까지, 평균 53%의 혈류가 측정되었다. 이와 같은 방법으로 측정된 수지의 혈류량은 기존의 방법으로 측정 한 결과보다 정확하고 객관적이기 때문에 임상에서 수지를 재접합 후에 혈류량의 변화를 관찰하는데 유용하며 재접합 수술 전후의 경과를 알 수 있다.

접합 수지의 혈류량은 환자의 전신 상태, 절단 위치, 문합된 혈관의 수 등과 연관이 있을 것으로 생각된다. 또한 제접합 수지의 가장 낮은 혈류 비는 정상 측의 9%로, 낮은 혈류량에 의한 환자의 통증, 냉감, 저림 등의 자각 증상들에 영향을 줄 것으로 예측하였으나 환자의 증상에 대한 진술은 매우 주관적이므로 통계학적 의의를 발견할 수 없었다.

본 연구에 의한 수지의 혈류 비를 이용한 수지 접합 환자

혈류량의 상대적 분석은 수지의 혈액순환 장애가 있는 환자 들의 혈류장애 진단, 예후, 치료효과 판정 및 장애등급 결정 에도 유용하게 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업 휴대형 진단치료기기 개발센터의 지원에 의해 이루어진 것임 (과제고유번호: 0405-ER01-0304-0001)

참 고 문 헌

- [1] 황종익, 김수신, 백세민, "혈관조형술에 중점을 둔 Buerger's 병의 임상적 고찰", 대한성형외과학회지, 2호, 제14권, pp. 211-218, 1987. 4.
- [2] Cherniack M, Brammer A, Meyer J, Morse T, Peterson D, Fu R, "Skin temperature recovery from cold provocation in workers exposed to vibration: a longitudinal study", Occup Environ Med, vol. 60, no. 12, pp. 962-968, Dec 2003.
- [3] Koman LA, Nunley JA, Goldner JL, Seaber AV, Urbaniak JR.. "Isolated cold stress testing in the assessment of symptoms in the upper extremity: preliminary communication", J Hand Surg, vol. 9, no. 3, pp. 305-313, May 1984.
- [4] Hahn M, Hahn C, Junger M, Steins A, Zuder D, Klyszcz T, Buchtemann A, Rassner G, Blazek V, "Local cold exposure test with a new arterial photoplethysmographic sensor in healthy controls and patients with secondary Raynaud's phenomenon", Microvasc Res, vol. 57, no. 2, pp. 187-198, March 1999.
- [5] Lau CS, Khan F, Brown R, McCallum P, Belch JJ, "Digital blood flow response to body warming, cooling, and rewarming in patients with Raynaud's phenomenon", Angiology, vol. 46, no. 1, pp. 1-10, Jan 1995.
- [6] Hahn M, Klyszcz T, Bohnenberger G, Junger M, "A new technique for controlling the finger skin temperature in microcirculatory research demonstrated in a local cold stress test in healthy controls and patients with Raynaud's phenomenon", Int J Microcirc Clin Exp, vol. 16, no. 1, pp. 16-22, Jan-Feb 1996.
- [7] Allen J, Frame JR, Murray A, "Microvascular blood flow and skin temperature changes in the fingers following a deep inspiratory gasp", Physiol Meas, vol. 23, no. 2, pp. 365-373, May 2002.
- [8] Wukitsch MW, Petterson MT, Tobler DR, Pologe JA, "Pulse oximetry: analysis of theory, technology, and practice", J Clin Monit, vol. 4, no. 4, pp. 290-301, Oct 1988.