

TCD를 이용한 뇌혈류속도 측정: 간섭전류의 효과

대구대학교 대학원 재활과학과 물리치료전공

이 문 환

경상대학교 대학원 신경생물학과 해부학교실

한 중 만

Cerebral Blood Flow Velocity Measurement by TCD: The Effects of Interferential Current

Lee, Mun-Hwan, P. T., M. S.

Major in Physical Therapy, Department of Rehabilitation, Graduate school, Daegu University

Han, Jong-Man, P. T., M. S.

Class of Anatomy, Department of Neurobiology, Graduate school, Gyeongsang university

<Abstracts>

TCD(transcranial doppler, TCD) units is a equipment that measure a blood flow velocity in the middle cerebral artery(MCA), anterior cerebral artery(ACA), posterior cerebral artery(PCA), and vertebral artery(VA). The aim of this study was to determine the influence on cerebral blood flow velocity according to different stimulation frequency of interferential currents.

50 patients who has a cervical pain were participated in this study and randomly divided into one of the three experimental, placebo, and control group: (1)IFS 1; 10~30Hz was applied, (2)IFS 2; 30~50Hz was applied, (3)IFS 3; 50~100Hz was applied, (4)placebo; suction only applied, and (5)control; neither suction nor interferential stimulation applied. In the IFS groups, interferential stimulations were applied through four suction electrodes application from the 5th cervical to the 1st thoracic level.

The results were as follow;

1. MCA was statistically significant with IFS 1, IFS 2, IFS 3, and Placebo group($p<0.05$), But there was no statistical significance between IFS 1 and IFS 3 group($p>0.05$).
2. ACA was statistically significant with IFS 1, IFS 2, and IFS 3 group($p<0.05$). And IFS 1 was more statistical significance than IFS 3 group on ACA($p<0.05$).
3. PCA was statistically significant with IFS 1, IFS 2, and IFS 3 group($p<0.05$). And IFS 1 was more statistical significance than IFS 3 group on PCA($p<0.05$).
4. VA was statistically significant with IFS 1, IFS 2, and IFS 3 group($p<0.05$). And IFS 1 was more statistical significance than IFS 3 group on VA($p<0.05$).

I. 서론

중주파 교류전류(medium-frequency alternating currents(MFACs))는 1~10kHz의 주파수에서 형성되는 전류로서 재활목적으로 폭넓게 사용되고 있다(Bazin & Kitchen, 1996; Low & Reed, 2000; Nelson et al., 1999). 이 중에서 가장 흔히 사용하는 2개의 주파수는 4kHz와 2.5kHz인데 전자를 간섭전류(interferential current, IFC)라 하며, 후자를 러시아전류(russian current)라고 한다(Ward et al., 2002). 중주파교류전류는 감응전류의 맥동파를 만들어내기 위하여 대개 변조되는데, 즉 3,000Hz~6,000Hz중에서 4,000Hz와 4,100Hz의 서로 다른 중주파 전류를 인체의 동일지점 또는 일련의 지점에 교차통전 시켰을 때 간섭현상에 의해 1~100Hz의 새로운 저주파 전류가 발생하게 된다. 이것을 진폭변조교류전류(amplitude modulated alternative current, AMAC)라 하며, 이러한 전기치료방법을 간섭전류치료(interferential current therapy, ICT)라고 한다(이재형, 1995).

간섭전류의 특징은 TENS나 여타 다른 전기치료기구와는 달리 피부저항 및 피하조직의 저항이 낮아 전류 통전시 통증 및 불쾌감이 없고, 화상의 위험이 거의 없으며, 특정 부위에 전류가 깊이 침투할 수 있는 특징이 있다(Ward et al., 2002). 또한 혈관확장과 혈류증진을 유발시켜 진통작용, 부종완화, 염증완화, 조직치유촉진, 근수축유발 및 근이완 등의 효과가 있기 때문에(Goats, 1990), 골관절통증(Quirk et al., 1985; Shafshak et al., 1991; Young et al., 1991), 측두하악관절통(Taylor et al., 1987), 골절통(Ganne et al., 1979; Martin et al., 1998), 분만통증(labor pain)(Keenan et al., 1985), 냉통(Johnson et al., 1989; Johnson & Tabasam, 2003; Johnson & Wilson, 1997), 열통(Marchand et al., 1991), 허혈통증(Scott & Purves, 1991), 역학적인 통증(mechanical pain)(Wolf, 1979), 피부화상(Mulder, 1991; Carley & Wainapel, 1985), 그리고 자연성근육통(Craig et al., 1996)등에 이용되고 있다.

이상과 같은 치료에 대한 효과는 환자가 느끼는 주관적인 판단에 근거해서 경험적으로 내려지게 되는 것이 일반적이지만 나름대로 객관화시키는 방법에는 압통계(김유진 등, 1995), 시각적상사유추척도(visual analogue scale, VAS)(Vicenzino & Wright, 1995), 통증역치(Delaney & Mckee, 1993; Fischer, 1986) 등이 있고, 그 외에 자율신경계의 변화를 관찰하는 방법이 있다. 자율신경계의 변화와 관련해서는 피부온도(Cox et al., 1993; Dyrehag et al., 1997; Nolan et al., 1993; Thomas et al., 1992), 전신체열촬영법(thermography)(Thomas et al., 1992), 혈류량측정법(plethysmography)(Cao et al., 1983; Noble et al., 2000), 혈압(Ohsawa et al., 1995; Dyrehag et al., 1997), 맥박수(Knardahl et al., 1998; Schoeler, 1975), 호르몬분비량(Chang, 1982; Liao et al., 1980), 신경전도속도(Alexander et al., 2003) 등이 있으며, 또한 호흡수, 발한량, 피부의 전기저항 측정(Ebersold et al., 1977)등이 객관적으로 이용된다.

전기자극에 따른 통증감소와 관련된 자율신경계의 변화에 대해서는 연구자들마다 견해가 다양하다. 하지만 감각신경은 자율신경계를 통해 심혈관계(cardiovascular system)에 영향을 미치는 것으로 알려져 있기 때문에(Andersson & Lunderberg, 1995; Haker et al., 2000), 많은 연구자들은 전기자극이 교감신경의 활성을 억제시킨다고 주장하고 있다(박래준과 박영한, 2003; Ernst와 Lee, 1986; Dooley & Kasprak, 1976; Nelson과 Currier, 1987; Noble et al., 2000; Svedberg et al., 2001).

하지만 이와는 반대로 전기자극이 교감신경계를 활성화시킨다는 보고도 있는데 그 예로 Knardahl 등(1998)은 전기침(electroacupuncture)을 이용하여 건강한 성인 9명을 대상으로

잇몸에 전기자극한 결과 심박수와 평균적인 혈압이 약간 상승하면서 교감신경계가 활성화되어 통증역치가 증가되었다고 보고하였다. 박돈목과 임정도(1998), 그리고 Wong과 Jette(1984)는 피부온도가 유의하게 감소하였다고 보고하였으며, Schoeler(1975)는 맥박용적이 2배 증가했다고 보고하였다. 그리고 이상빈과 김순희(2002)는 족삼리와 신문에 3Hz, 10Hz, 20Hz의 주파수가 4초마다 단계적으로 변화하는 프로그램을 사용하여 은침점전기자극(silver spike point, SSP)을 실시한 결과 교감신경흥분의 결정인자로 알려져 있는 에피네프린(epinephrine)과 노어에피네프린(norepinephrine)의 함량이 자극전에 비해 자극후에 유의하게 증가하여 전기자극이 교감신경을 활성화시킨다고 주장하였다.

이상의 주장과는 달리 전기자극이 교감신경계에 아무런 영향을 미치지 않는다고 보고한 연구자들도 있는데, Bergslien 등(1988)과 박장성과 이재형(1999)은 전기자극이 혈류속도에 영향을 미치지 않는다고 보고하였으며, Nussbaum 등(1990)과 고경현 등(1994)은 피부온도가 변화하지 않았다고 보고하여 전기자극이 교감신경계에 아무런 영향을 미치지 않는다고 보고하는 등 전기자극이 교감신경계에 미치는 영향에 대해서는 합의된 결론을 도출시키지 못하고 연구자들마다 다양하고 상반된 견해를 보이고 있어서 통합되지 못하고 있는 실정이다.

전기자극이 교감신경의 긴장을 억제시킨다고 보고한 연구자들 사이에서도 자극빈도에 대한 견해 또한 다양한데, 진폭변조주파수는 편의상 75~150Hz의 고빈도(high frequency)와 25~50Hz 이하의 저빈도(low frequency)로 구분하며, 급성 및 심한 통증을 치료할 목적으로 할 경우에는 고빈도/저장도를 사용하고, 아급성, 만성 및 근육자극시에는 저빈도/고장도를 사용한다(이재형, 1998). 이러한 주장에도 불구하고 몇몇 연구자들은 고빈도 전기자극이 교감신경의 긴장을 억제시킨다고 주장하는 반면에(DeDomenico, 1987; Ganne, 1976; Goats, 1990; Nikolova, 1987; Savage, 1984), 또 다른 연구자들은 저빈도 전기자극이 교감신경의 긴장을 억제시킨다고 주장하기도 한다(Lamb & Mani, 1994; Noble et al., 2000; Furgala et al., 2001).

간섭과전기자극은 주로 통증을 조절할 목적으로 임상에서 물리치료사들이 가장 흔히 사용하는 치료기구 중에 하나이다. 하지만 앞서 언급했듯이 간섭과 등의 전기치료에 관한 대부분의 연구가 통증조절 효과가 있느냐 그렇지 않느냐 하는 것에 초점이 맞추어져 있을 뿐, 그러한 통증감소가 어떠한 기전에 의해 나타나는지에 관한 연구는 미비한 실정이다. 또한 통증감소와 더불어 나타나는 자율신경계(autonomic nervous system)와의 연관성 또한 활발히 진행되고 있지가 않다. 다만 몇몇 연구자들이 전기자극이후에 나타나는 자율신경계의 반응에 대해 연구를 수행해 왔지만 그러한 결과들 또한 하나의 합의된 결론을 도출시키지 못하고 있는 실정이다. 또한 간섭전류와 관련해서 TCD를 이용한 뇌혈류속도의 변화를 측정하는 연구는 시행된 적이 없다.

따라서 이상과 같은 연구목적을 달성하기 위하여 앞서 언급한 선행연구를 바탕으로 경부통증환자 50명에 대해 5번 경추에서 1번 흉추수준까지 간섭전류치료기를 이용해서 흡인전극을 4극배치한 후 20분간 전기자극하여 자극빈도에 따라 뇌혈류속도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 이 연구를 수행하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

이 연구는 2004년 12월 1일부터 2005년 2월 15일까지 진주시에 소재한 H-병원에서 경추부 염좌(cervical sprain)로 인해 물리치료를 받기 위해 내원한 환자 50명을 대상으로 IFS 1(10~30 Hz), IFS 2(30~50Hz), IFS 3(50~100Hz), 위약군, 그리고 대조군에 각각 10명씩 무작위 배치하여 본 연구를 수행하였으며, 위약군은 4극전극을 교차배치한 후 전류강도는 0(zero)으로 유지하였으며, 대조군에는 아무런 처치를 하지 않았다.

이 연구에 참여하기로 동의한 환자에게는 치료과정에 관해 충분한 설명을 하였으며, 실험중에 통증을 느끼거나, 실험을 계속할 수 없을 정도로 어떠한 불편함을 느끼는 경우 참지 말고 즉시 말할 것을 지시하였으며, 해당 환자에 대해서는 실험을 중지하였다. 그 이유는 엎드려 누운 자세로 인해 복압이 항진되어 자율신경계에 영향을 미칠 수 있고, 통증 또한 뇌혈류속도에 영향을 미칠 수 있기 때문이었다.

2. 연구방법

치료실 온도는 연구기간 동안 일정하게 평균 23℃를 유지하고, 모든 연구대상자는 실험 12시간 전부터 격렬한 운동을 삼가게 하였으며, 실험 1시간 전부터 담배와 커피, 그리고 음료수 등 뇌혈류속도에 영향을 미칠 수 있는 음식물의 섭취를 제한시켰다. 또한 연구대상자의 심적안정을 도모하기 위하여 측정전 침대에 편안히 누운 상태를 약 10분 정도 유지한 후 간섭전류를 적용하면서 뇌혈류속도를 측정하였으며, 모든 연구대상자는 다음의 조건을 만족하는 자로 하였다.

- (1) 급성관절염이나 심장에 문제가 없는 자
- (2) 심부정맥의 혈전증 소인이 없는 자
- (3) 이전에 방사선 치료를 받은 적이 없고 악성 종양이 없는 자
- (4) 피부질환이 없는 자.

3. 측정장비 및 방법

1) 전기자극

간섭전류자극기는 ENDOMED582(Enraf-Nonius, Holland)의 흡인식 4극 전극이 부착된 장비를 이용하였다.

2) 전극부착 방법

전극부착은 환자로 하여금 엎드려 누운 자세(prone position)를 취하게 한 후 피실험자가 가장 편안하게 느끼는 자세를 취하게 하여 5번 경추에서 1번 흉추수준까지 극돌기에서 5cm 떨어진 횡돌기 부위에 4극전극을 교차배치(heterodyne method)하였다. 전류강도는 환자가 통증을 느끼지 않으면서 가장 편안하게 느끼는 최대하 강도를 적용하였는데 평균 약 25mA 정도였으

며, 자극시간은 20분 동안 적용하였고, 흡인(suction)강도는 약 2~3정도를 유지한 상태에서 실시하였다(Fig. 1).

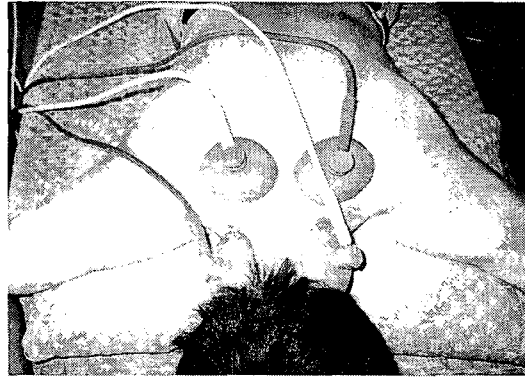


Fig. 1. Method of IFS electrode application

3) 뇌혈류속도(cerebral blood flow velocity)

뇌혈류속도 측정은 환자로 하여금 엎드려 누운자세(prone position)를 취하게 한 후 TCD(transcranial doppler sonography, Doppler Sonodop 9000, made in Germany)를 이용하여 실험전, 5분후, 10분후, 15분후, 20분후, 25분후, 그리고 30분후의 변화에 대한 좌·우의 평균값을 실시간 컴퓨터 계산 프로그램에 의해 자동으로 계산되도록 하여 좌·우 뇌혈류속도에 대한 평균값을 기록하였다. 본 연구자는 중대뇌동맥(middle cerebral artery, MCA), 전대뇌동맥(anterior cerebral artery, ACA), 후대뇌동맥(posterior cerebral artery, PCA) 그리고 추골동맥(vertebral artery, VA)의 좌·우 평균값을 기록하였다(Figure 3). 평균깊이는 65~70mm, 평균출력(power)은 250%, window 10mm, 프로브는 2MHz를 사용하였으며, 목표로 하는 혈관이 측정될 경우 아래와 같은 정상파형이 컴퓨터 모니터 상에 나타나게 된다(Fig. 2).

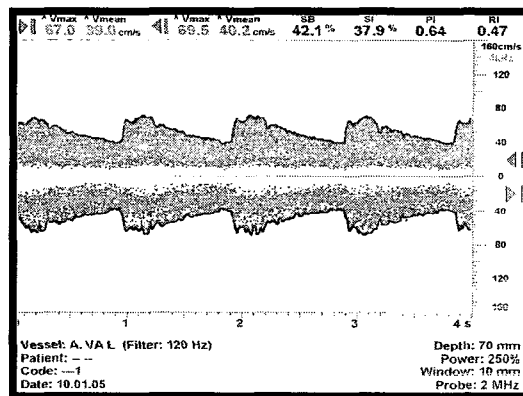


Fig. 2. Example of the cerebrovascular changes. On the left side TCD diagram of the VA(vertebral artery) at pre treatment stage.

5. 자료분석

SPSS 10.0 for Window를 이용하여 MCA, ACA, PCA, 그리고 VA에 대한 유의성을 검정하기 위하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였으며, 각 구간별 유의성을 검정하기 위하여 Scheffe 사후검정을 실시하였다. 그리고 군 간의 유의성을 검정하기 위하여 반복측정분산분석(Repeated measure one-way ANOVA)을 실시하였으며, 저빈도군과 고빈도군 간의 유의성을 검정하기 위하여 독립표본 t-검정을 실시하였다. 그리고 유의확률은 $p < .01$ 과 $p < .05$ 로 하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

이 연구에 참여한 연구대상자의 성별은 IFS 1군은 남자 4명, 여자 6명이고, IFS 2군은 남자 5명, 여자 5명이며, IFS 3군은 남자 2명, 여자 8명이고, 위약군은 남자 4명, 여자 6명이었다. 그리고 대조군은 남자 5명, 여자 5명으로 각 군당 10명으로 총 50명이었다.

IFS 1군의 나이는 25~64세로 평균 49.50 ± 14.77 세이며, IFS 2군은 23~59세로 평균 41.60 ± 14.55 세이며, IFS 3군은 32~61세로 평균 49.80 ± 9.91 세이고, 위약군은 26~61세로 평균 45.20 ± 12.76 이었다. 그리고 대조군은 25~61세로 평균 42.80 ± 13.26 세였으며, 전체평균나이는 23~64세로 평균 45.78 ± 13.07 세였다.

IFS 1군의 키는 153~175cm로 평균 161.80 ± 7.05 cm이고, IFS 2군은 152~176cm로 평균 164.30 ± 9.26 cm이며, IFS 3군은 151~173cm로 평균 158.10 ± 6.62 cm이고, 위약군은 150~177cm로 평균 163.50 ± 9.95 cm이었다. 그리고 대조군은 152~175cm로 평균 163.80 ± 8.47 cm이었고, 전체평균 키는 150~177cm로 평균 162.30 ± 8.34 cm이었다.

IFS 1군의 몸무게는 51~75kg으로 평균 59.60 ± 8.21 kg이고, IFS 2군은 48~68kg으로 평균 60.10 ± 7.50 kg이며, IFS 3군은 41~70kg으로 평균 53.70 ± 8.87 kg이며, 위약군은 43~77kg으로 평균 63.70 ± 12.34 kg이었다. 그리고 대조군은 48~77kg으로 평균 61.40 ± 9.44 kg이었으며, 전체평균 몸무게는 41~77kg으로 평균 59.70 ± 9.63 kg이었다. 이들 각 군에 대한 일원배치분산분석결과 모든 군 간에 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

연구대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. Demographic data for the experimental groups and control group(One-way ANOVA for age, height, and weight is reported in the text. N=10 per group)

Time (min)	IFS 1		IFS 2		IFS 3		Placebo		Control	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Pre	124.30	10.16	126.00	9.57	128.30	12.49	121.40	16.11	123.80	13.61
5	113.20	7.45	116.30	12.95	121.00	11.33	121.20	14.81	119.00	20.66
10	112.20	7.31	115.70	12.13	117.90	16.99	120.20	18.31	119.60	18.59
15	113.50	7.86	117.40	12.11	117.20	15.76	118.20	18.30	120.84	19.87
20	112.70	6.91	113.70	10.98	116.80	15.73	118.00	17.17	118.20	16.52
25	109.20	21.88	114.80	13.03	117.40	16.09	121.00	17.29	120.60	18.59
30	119.20	9.17	112.40	9.49	116.20	15.42	123.00	18.60	116.80	17.04

Note. Values are Mean \pm SD

2. 뇌혈류속도에 대한 각 군 간의 비교

1) MCA의 뇌혈류속도에 대한 각 군 간의 비교

실험군과 위약군, 그리고 대조군의 실험전, 5, 10, 15, 20, 25, 그리고 30분후의 MCA의 뇌혈류속도에 대한 일원배치분산분석결과 평균과 표준편차는 아래와 같다(Table 2).

Table 2. Mean and standard deviation for IFS groups and control group across the 7 experimental cycles to middle cerebral artery

Time (min)	IFS 1		IFS 2		IFS 3		Placebo		Control	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Pre	46.60	2.17	45.82	2.69	45.10	1.20	45.52	2.91	45.95	2.02
5	40.50	5.76	42.30	2.58	41.16	2.50	42.30	2.86	46.57	2.10
10	37.70	6.15*	41.70	2.70	40.02	2.52	41.43	3.01	47.14	2.93
15	36.55	7.48**	41.26	3.36	38.10	4.89*	39.78	4.06*	46.19	3.45
20	37.90	4.43*	37.51	6.91**	38.00	5.08*	40.30	4.69	45.56	5.80
25	38.10	1.37*	42.5	3.64	37.80	3.36*	42.90	3.25	47.23	2.67
30	42.75	2.80	47.72	3.28	43.38	5.58	45.97	2.31	46.09	5.62

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

중대뇌동맥의 뇌혈류속도에 대한 각 군의 구간별 유의성을 검정하기 위하여 Scheffe 사후검정을 실시한 결과 IFS 1군은 10, 15, 20, 그리고 25분후에 유의하게 감소하였으며 ($p < 0.05$), IFS 2군은 20분후에 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 그리고 IFS 3군은 15, 20, 그리고 25분후에 유의하게 증가하였으며($p < 0.05$), 위약군은 15분후에 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 그리고 대조군은 모든 구간에서 유의하지 않았다($p > 0.05$).

그리고 각 군 간의 유의성을 검정하기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과 각 구간에는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$)(Table 3).

Table 3. Results of One-Way Repeated-Measures ANOVA on the percentage change in MCA

	Type III SS	df	MS	F	p
Intercept	653802.770	1	653802.770	9782.174	.000
Group	1105.026	4	276.256	4.133	.006
Error	3007.626	45	66.836		

2)ACA의 뇌혈류속도에 대한 각 군 간의 비교

실험군과 위약군, 그리고 대조군의 실험전, 5, 10, 15, 20후, 25, 그리고 30분후의 ACA의 뇌혈류속도에 대한 일원배치분산분석결과 평균과 표준편차는 아래와 같다(Table 4).

Table 4. Mean and standard deviation for IFS groups and control group across the 7 experimental cycles to anterior cerebral artery.

Time (min)	IFS 1		IFS 2		IFS 3		Placebo		Control	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Pre	43.81	4.03	46.93	3.50	44.73	4.40	43.88	3.19	43.18	3.77
5	43.01	4.87	43.90	1.37	38.94	3.82	40.30	4.14	45.44	2.15
10	37.69	6.30	40.00	3.06**	38.26	3.74	38.56	5.19	45.59	0.57
15	35.84	6.22*	42.43	2.88	37.65	4.13	36.91	6.99	45.35	0.34
20	34.40	6.33*	38.90	4.95**	37.44	4.25*	39.42	6.07	45.48	2.14
25	43.85	5.05	42.90	3.76	39.90	4.44	41.43	5.71	46.78	3.51
30	38.56	4.14	44.99	4.41	42.13	5.81	45.69	6.89	44.91	5.74

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

ACA의 뇌혈류속도에 대한 각 군의 구간별 유의성을 검정하기 위하여 Scheffe 사후검정을 실시한 결과 IFS 1군은 15분후와 20분후에 유의하게 감소하였으며($p < 0.05$), IFS 2군은 10분후와 20분후에 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 그리고 IFS 3군은 20분후에 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 위약군과 대조군은 모든 구간에서 유의하지 않았다($p > 0.05$).

그리고 각 군 간의 유의성을 검정하기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과 각 군 간에는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$)(Table 5).

Table 5. Results of One-Way Repeated-Measures ANOVA on the percentage change in ACA

	Type III SS	df	MS	F	p
Intercept	601279.504	1	601279.504	6166.677	.000
Group	2045.408	4	511.352	5.244	.001
Error	4387.708	45	97.505		

3)PCA의 뇌혈류속도에 대한 각 군 간의 비교

실험군과 위약군, 그리고 대조군의 실험전, 5, 10, 15, 20, 25, 그리고 30분후의 PCA의 뇌혈류속도에 대한 일원배치분산분석결과 평균과 표준편차는 아래와 같다(Table 6).

Table 6. Mean and standard deviation for IFS groups and control group across the 7 experimental cycles to PCA

Time (min)	IFS 1		IFS 2		IFS 3		Placebo		Control	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Pre	43.30	2.78	46.05	3.86	44.65	1.53	43.47	3.75	46.65	4.90
5	42.34	2.74	42.42	4.19	43.28	0.87	41.10	4.28	47.09	4.82
10	40.32	2.77	41.16	3.99	39.70	3.92*	39.30	5.53	46.10	5.47
15	38.31	2.61*	39.96	3.81*	39.63	3.81*	38.15	6.18	46.18	5.30
20	37.74	2.51**	42.00	2.93	39.34	3.73*	38.40	4.40	45.99	5.15
25	38.84	2.41*	44.30	3.16	41.61	1.35	39.55	4.60	46.60	5.06
30	40.80	2.97	46.34	3.12	42.57	1.40	42.19	7.86	46.51	5.81

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

후대뇌동맥의 뇌혈류속도에 대한 각 군의 구간별 유의성을 검정하기 위하여 Scheffe 사후검정을 실시한 결과 IFS 1군은 실험전에 비해 15, 20, 그리고 25분후에 유의하게 감소하였으며($p < 0.05$), IFS 2군은 실험전에 비해 15분후에 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 그리고 IFS 3군은 실험전에 비해 10, 15후, 그리고 20분후에 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 위약군과 대조군에서는 실험전에 비해 모든 구간에서 유의하지 않았다($p > 0.05$)

그리고 각 군 간의 유의성을 검정하기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과 각 군 간에 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$)(Table 7).

Table 7. Results of One-Way Repeated-Measures ANOVA on the percentage change in PCA

	Type III SS	df	MS	F	p
Intercept	627450.009	1	627450.009	6385.144	.000
Group	1869.605	4	467.401	4.756	.003
Error	4422.022	45	98.267		

4)VA의 뇌혈류속도에 대한 각 군 간의 비교

실험군과 위약군, 그리고 대조군의 실험전, 5, 10, 15, 20, 25, 그리고 30분후의 VA에 대한 일원배치분산분석결과 평균과 표준편차는 아래와 같다(Table 8).

Table 8. Mean and standard deviation for IFS groups and control group across the 7 experimental cycles to vertebral artery.

Time (min)	IFS 1		IFS 2		IFS 3		Placebo		Control	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Pre	45.18	2.56	51.30	4.03	48.68	2.64	47.79	15.23	44.80	4.20
5	41.98	2.81	45.20	5.47	46.51	2.60	44.00	11.02	49.51	5.58
10	40.82	2.76	42.40	6.62*	45.32	2.07*	40.18	8.49	48.82	4.30
15	39.97	3.13*	42.53	5.03*	45.61	1.21	39.12	8.11	48.65	4.44
20	39.64	3.41*	44.30	6.62	45.48	1.09*	42.20	7.66	48.50	4.53
25	40.77	3.06	47.70	4.24	45.45	2.10*	44.90	8.10	48.90	4.23
30	42.35	2.71	49.93	4.43	47.60	1.08	47.93	8.33	47.60	1.08

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

추골동맥의 뇌혈류속도에 대한 각 군의 구간별 유의성을 검정하기 위하여 Scheffe 사후 검정을 실시한 결과 IFS 1군은 실험전에 비해 15분후와 20분후에 유의하게 감소하였으며 ($p < 0.05$), IFS 2군은 실험전에 비해 10분후와 15분후에 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 그리고 IFS 3군은 실험전에 비해 10, 20, 그리고 25분후에 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 위약군과 대조군에서는 실험전에 비해 모든 구간에서 유의하지 않았다($p > 0.05$).

그리고 각 군 간의 유의성을 검정하기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과 각 군 간에는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$)(Table 9).

Table 9. Results of One-Way Repeated-Measures ANOVA on the percentage change in VA

	Type III SS	df	MS	F	p
Intercept	714254.245	1	714254.245	4194.475	.000
Group	1890.654	4	472.664	2.776	.038
Error	7662.804	45	170.285		

3. 뇌혈류속도에 대한 저빈도군과 고빈도군 간의 비교

1) MCA에 대한 저빈도군과 고빈도군 간의 비교

중대뇌동맥의 뇌혈류속도에 대한 저빈도군과 고빈도군 간의 차이를 검정하기 위하여 독립표본 t-검정을 실시한 결과 두 군 간에 유의한 차이가 없었다($p>0.05$)(Fig. 3).

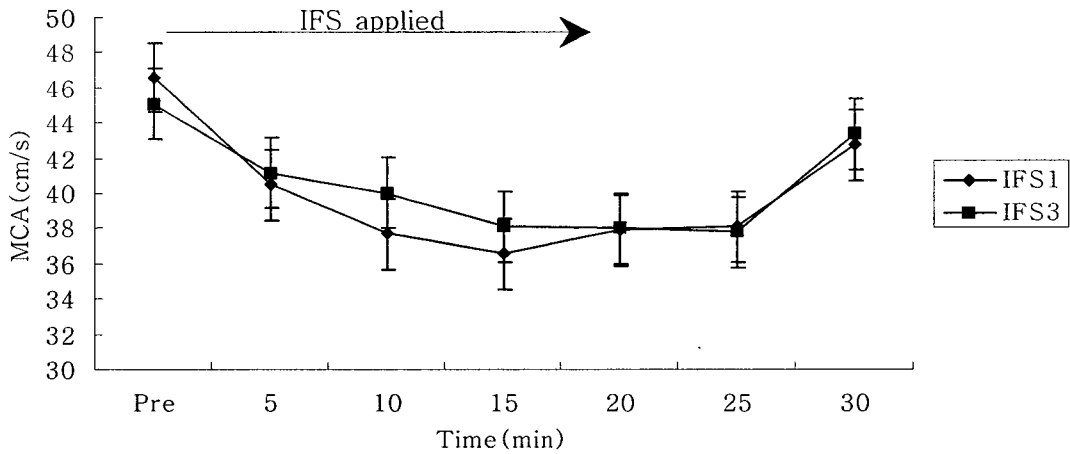


Fig. 3. A comparison of MCA between IFS 1 and IFS 3 group across the 7 experimental cycles.

2) ACA에 대한 저빈도군과 고빈도군 간의 비교

전대뇌동맥의 뇌혈류속도에 대한 저빈도군과 고빈도군 간의 차이를 검정하기 위하여 독립표본 t-검정을 실시한 결과 실험전에 비해 15분후에 고빈도군보다 저빈도군이 유의하게 감소하였다($p<0.05$)(Fig. 4).

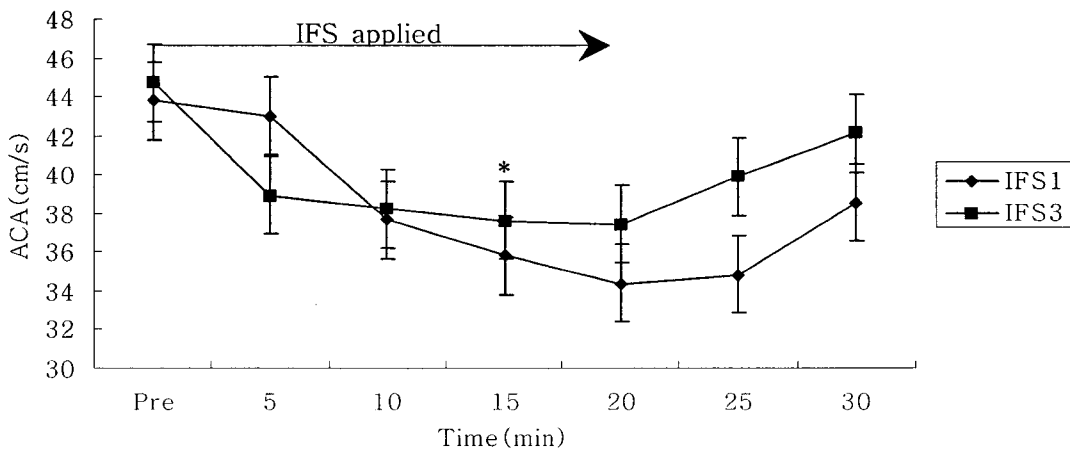


Fig. 4. A comparison of ACA between IFS 1 and IFS 3 group across the 7 experimental cycles.

* $p<0.05$

3) PCA에 대한 저빈도군과 고빈도군 간의 비교

후대뇌동맥의 뇌혈류속도에 대한 저빈도군과 고빈도군 간의 차이를 검정하기 위하여 독립표본 t-검정을 실시한 결과 실험전에 비해 25분후에 고빈도군보다 저빈도군에서 유의하게 감소하였다($p < 0.05$)(Fig. 5).

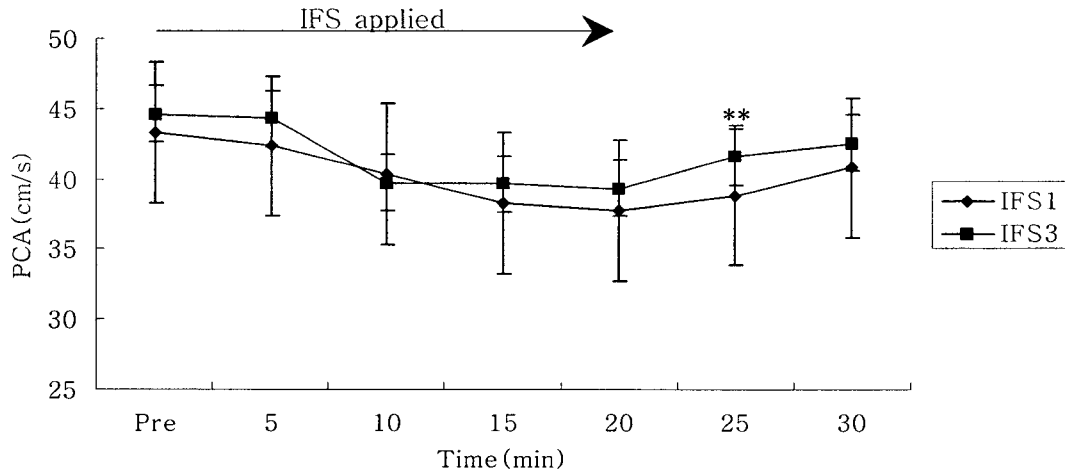


Fig. 5. A comparison of PCA between IFS 1 and IFS 3 group across the 7 experimental cycles.

** $p < 0.01$

4) VA에 대한 저빈도군과 고빈도군 간의 비교

추골동맥의 뇌혈류속도에 대한 저빈도군과 고빈도군 간의 차이를 검정하기 위하여 독립표본 t-검정을 실시한 결과 실험전에 비해 5, 10, 15, 20, 25, 그리고 30분후에 고빈도군 보다 저빈도군이 유의하게 감소하였다($p < 0.05$)(Fig. 6).

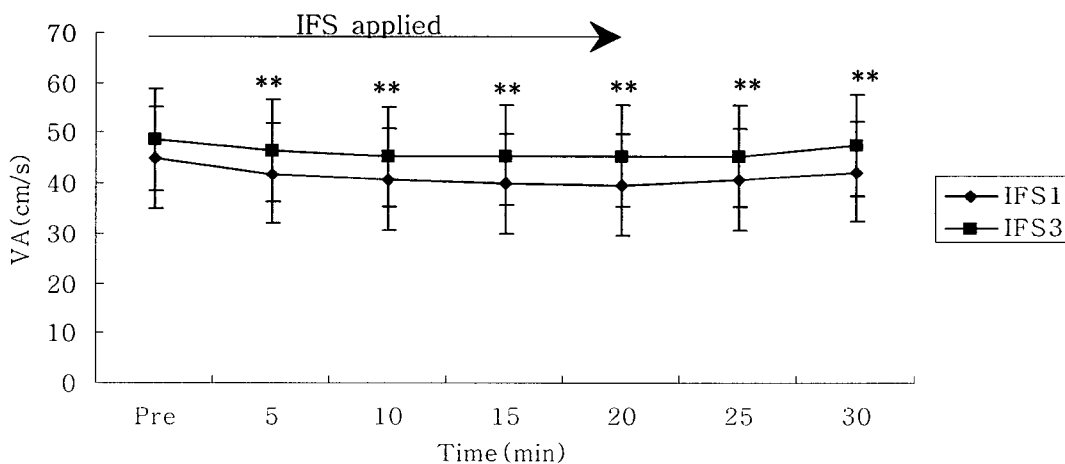


Fig. 6. A comparison of VA between IFS 1 and IFS 3 group across the 7 experimental cycles.

** $p < 0.01$

V. 고찰

일반적으로 자율신경은 원심성 신경섬유로 구성되어 있으나 내장의 경우 구심성 감각신경섬유도 포함하고 있기 때문에 심혈관계, 위장관계, 비뇨생식기계 등의 운동, 감각반사 기능이상과 체온조절계의 한선자극신경(sudomotor nerve), 동공반사기능, 내분비조절 기능이상 등의 다발성 이상으로 이해하여야 한다(이인성 등, 1993).

말초에 분포하는 자율신경계는 혈압조절에 주로 관여하는 근교감신경계와 감정, 심호흡 혹은 그 외 다른 자극에 의한 피부혈관의 수축으로 구성되어 피부체온조절에 관여하는 피부교감신경계로 나눌 수 있다(Ebersold, 1977). 따라서 자율신경계 기능은 심혈관계검사, 발한검사, 그리고 혈관운동 기능검사 등으로 평가할 수 있으며(Aminoff, 1992). 각각의 검사마다 교감신경계와 부교감신경계의 기능을 발생시키는 것이 다르므로 적어도 2가지 이상의 검사를 시행하여야 의의가 있다(Low et al., 1990; Shahani et al., 1990; Solvien, 1987).

전기자극이 자율신경계에 미치는 영향에 관해 규명하기 위해 오랜 세월 동안 많은 연구자들에 의해 수행되어 왔는데, 박래준과 박영한(2003)은 간섭전류치료를 이용하여 20대 정상성인 20명을 대상으로 경추의 정상신경절과 전완부위 근육에 전기자극한 결과 두 군 모두 혈류량이 유의하게 증가하였다고 보고하였고, Noble 등(2000)은 총 50명의 성인 남녀를 대상으로 무릎에 작은 베개를 지지한 후 바로누운자세에서 대퇴사두근에 4극의 간섭전류패드를 부착한 후 혈류속도와 피부온도를 측정한 결과 혈류속도와 체온이 상승하였다고 보고하였으며, Dooley와 Kasprak(1976)은 척수후근에 경피신경 전기자극을 가하고 혈량계를 사용하여 말초동맥의 혈류량을 측정한 결과 혈류량이 증가했다고 보고했다. 그리고 Nelson과 Currier(1987)는 혈관질환인 레이노드병(Raynaud's disease)환자와 폐색성 동맥내막염(Endarteritis obliterans)환자에게 간섭과 치료를 실시한 결과 혈액순환 증진으로 인해 피부온도가 2도 상승했다고 보고했다. 또한 Ernst와 Lee(1986)는 19명의 건강한 성인을 대상으로 수삼리(Tsusanli)에 전기침자극을 가한 후 손(Hoku hand point)에서 피부온도를 측정한 결과 온도가 유의하게 증가되었다고 보고하였으며, Petti 등(1998)은 통증성 질환환자 90명을 대상으로 족삼리(ST 36)와 합곡(LI 4)에 자침한 결과 β -endorphine과 VIP가 증가하였다고 보고하였다. 또한 Svedberg 등(2001)은 뇌성마비, 진행성 뇌병변증(progressive encephalopathy), 혹은 Smith-Lemli-Opitz 증후군으로 인해 발이 차가운 아동 6명을 대상으로 팔과 다리에 침술치료를 한 후 피부온도가 상승하였다고 보고하였다.

이외에도 뇌로 공급되는 뇌혈류속도를 측정함으로써 전기자극이 뇌혈관의 긴장성억제에 영향을 미치는지를 추정할 수가 있는데 현재 한방병원을 중심으로 다양한 뇌혈관질환을 진단내릴 목적으로 흔히 사용하는 진단기기중에 하나가 경두개 도플러 초음파검사(transcranial doppler ultrasonography, TCD)기기이다.

초음파를 이용한 혈류속도 측정의 기본원리는 2MHz의 낮은 고주파수의 초음파를 발사하여 동맥내에서 이동하는 적혈구에서 반사되어 나오는 변동된 초음파를 프로브가 감지하는 것인데(정용태 등, 1994), TCD는 1843년 Christian Doppler가 소리의 주파수는 Sour와 Receiver가 서로 상대를 향해 움직일 때 증가하게 되고, 서로 반대방향으로 움직일 때 감소한다는 Doppler효과·이론을 발표한 이래 1959년 Satomura가 말초혈관에 Doppler 초음파검사를 이용하여 처음으로 혈류속도를 측정하였지만 5~10MHz초음파로는 정상적인 두개골을 투과하기가 불가능하여 두개강내 혈관의 혈류속도는 측정이 불가능하였다. 그 이후 1982년 Aaslid가 측두골의 얇은 부분을 투과할 수 있는 2MHz의 프로브를 개발하여 두개 기저부에 위

치한 큰 혈관들의 혈류속도 측정이 가능하다고 보고한 이래 두개강 내의 혈류역동학적 변화의 관찰 및 평가에 중요하게 사용되고 있으며(권병덕 등, 1989), 현재는 비단 뇌혈관의 이상(Els et al., 1999)을 진단하는 것뿐만 아니라, 혈관내 미세색전(microembolism)의 검출(Grosset et al., 1993), 뇌혈관 수축의 모니터링(Ropper et al., 1987), 그리고 두통의 감별진단(박래준 등, 2000; 한종만과 김진상, 2003; Baturova et al., 1999)에 이르기까지 다양한 분야에서 그 유용성이 점차 확대되어 가고 있다. 특히 TCD는 비침습적이고 지속적으로 반복 측정이 가능하여 순간순간 뇌혈류의 변화를 반영할 수 있는 장점이 있다(이혜원 등, 1994).

정상적으로 뇌혈류조절시스템은 동맥혈압의 변화와 뇌의 활동에 따른 다양한 요구에 대해 비교적 일정하게 뇌혈류량을 유지되면서 자동적으로 조절된다(Heckmann et al., 2000). 뇌혈류의 자동조절시스템에 관한 기전은 여전히 논란의 여지가 있지만 현재까지 제기된 이론은 근육성인자, 신경성인자, 그리고 이산화탄소분압(P_{CO_2})과 같은 대사성 인자와 관련된 기저동맥(basal vascular)의 긴장성, 그리고 조직의 대사산물 등이 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Bevan & Hwa, 1985; Paulson et al., 1990; Wahl & Schilling, 1993). 뇌혈류 자동조절시스템의 비정상성은 환자의 최종상태(final condition)에 매우 심각한 악영향을 미치게 되는 다양한 신경성 질환을 동반하게 된다(Heckmann et al., 2000). 따라서 뇌혈류속도에 대한 지속적인 검진을 통해서 뇌병변을 조기진단내릴 수도 있는데, 이 연구는 경흉추부위에 간섭전류로 자극한 후 뇌혈류속도의 변화를 관찰하면서 전기자극이 뇌혈류속도에도 영향을 미칠 수 있는지를 규명하기 위해 연구를 실시하였다.

중대뇌동맥(MCA)의 뇌혈류속도 측정방법은 2MHz의 맥동주파수가 나오는 프로브를 귀의 상단과 눈 사이에 있는 측두골에 위치시킨 후 정상적인 신호가 모니터에 감지될 때까지 약간 전·상방향으로 빔을 조사하면서 측정할 수 있다(Lunt et al., 2000). 후대뇌동맥(PCA)은 내경동맥 말단부분의 신호가 나오는 깊이에서 프로브의 방향을 뒤쪽, 아래쪽으로 하여 보면 6~8cm 깊이에서 프로브의 방향으로 오는 후대뇌동맥이 관찰된다. 추골동맥은 2MHz의 프로브를 이용하여 대공(greater magnum)을 향해 suboccipital approach에 의해 감지할 수가 있다(박래준 등, 2000; 한종만과 김진상, 2003).

이 연구결과 MCA의 경우 IFC 1군은 실험전에 비해 10분후, 15분후, 20분후, 25분후에 유의하게 감소하였으며, IFC 2군은 실험전에 비해 20분후에 유의하게 감소하였다. 그리고 IFC 3군은 실험전에 비해 15분후, 20분후, 그리고 25분후에 유의하게 감소하였으며, 위약군은 실험전에 비해 15분후에 유의하게 감소하였다. ACA의 뇌혈류속도를 측정한 결과 IFC 1군은 실험전에 비해 20분후와 25분후에 유의하게 감소하였으며, IFC 2군은 실험전에 비해 10분후와 20분후에 유의하게 감소하였다. 그리고 IFC 3군은 실험전에 비해 20분후에 유의하게 감소하였으며, 저빈도군과 고빈도군 간의 차이를 검정한 결과 실험전에 비해 15분후에 고빈도군보다 저빈도군에서 유의하게 감소하여 저빈도간섭전류가 고빈도 간섭전류보다 전대뇌동맥의 뇌혈류속도에 더 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. PCA의 경우 IFC 1군은 실험전에 비해 15분후, 20분후, 그리고 25분후에 유의하게 감소하였으며, IFC 2군 역시 실험전에 비해 15분후에 유의하게 감소하였다. 그리고 IFC 3군은 실험전에 비해 10분후, 15분후, 그리고 20분후에 유의하게 감소하였다. 저빈도군과 고빈도군 간의 차이를 검정한 결과 실험전에 비해 25분후에 고빈도군보다 저빈도군에서 유의하게 감소하여 고빈도자극보다 저빈도자극이 뇌혈류속도에 더 큰 변화를 미친다는 것을 알 수 있다.

마지막으로 VA의 뇌혈류속도 역시 IFC 1군은 실험전에 비해 15분후와 20분후에 유의하게 감소하였으며, IFC 2군은 실험전에 비해 10분후와 15분후에 유의하게 감소하였다. 그

리고 IFC 3군은 실험전에 비해 10분후, 20분후, 그리고 25분후에 유의하게 감소하였으며, 저빈도군과 고빈도군 간의 차이를 검정한 결과 실험전에 비해 5분후, 10분후, 15분후, 20분후, 25분후, 그리고 30분후에 고빈도군 보다 저빈도군에서 유의하게 감소하여, 고빈도 간섭전류보다 저빈도 간섭전류가 추골동맥의 뇌혈류속도에 더 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

TCD는 혈류속도가 혈관내경에 반비례한다는 원리하에 혈관의 혈류속도를 측정함으로써 간접적으로 혈관의 병변을 알 수 있으며, 임상적인 증세가 변할 때마다 반복적으로 시행할 수 있는 비침습적인 방법이며, 환자에게 통증을 주지 않고, 조영제 등의 사용없이 대뇌혈관의 급성변화를 판단하는데 유용한 장점이 있다(Gonzalez et al., 1992; Kever & Heilman, 1983). 이러한 주장을 추정해보면 뇌혈관조직의 병변으로 인해 혈관이 좁아져있을 경우 혈류속도가 증가하며, 반대로 정상상태나 치료적인 중재이후에는 혈류속도가 감소된다는 것을 추정할 수 있다. 이상의 주장을 뒷받침할 수 있는 연구결과를 살펴보면 이용석과 김병건(1999)은 중대뇌동맥의 정상성인의 평균치는 $68.9 \pm 12.5 \text{cm/s}$ 였고, 편두통환자들의 평균치는 $81.6 \pm 17.6 \text{cm/s}$ 로 나타나 정상성인에 비해 편두통환자들의 평균속도가 더 높다고 보고하였으며, Wallasch(1992)는 만성긴장형 두통환자는 64cm/s , 삼화성 두통환자는 76cm/s 로 정상성인에 의해 뇌혈류속도가 빠르다고 보고하였다. 그리고 Els 등(1999)은 9마리의 토끼 뇌를 허혈 손상 시킨 후 정상토끼의 MCA와 ACA의 뇌혈류속도를 비교한 결과 손상전에 비해 손상후에 ACA에서는 유의한 변화가 없었지만 MCA에서는 $49 \pm 9 \text{cm/s}$ 에서 $22 \pm 3 \text{cm/s}$ 로 유의하게 감소하였다고 보고하였다. 본 연구결과 또한 실험전 값에 비해 실험이 진행될수록 뇌혈류속도가 감소하는 경향을 보여 선행연구자들의 결과와 일치한다는 것을 추정할 수 있다. 하지만 이상의 선행연구와는 달리 박래준 등(2000)은 긴장형 두통환자 5명을 대상으로 경추부위에 경피신경전기자극을 가한 후 TCD를 이용하여 뇌혈류속도를 측정된 결과 비록 유의성은 없었지만 중대뇌동맥의 경우 정상성인의 경우 왼쪽은 $82.75 \pm 2.87 \text{cm/s}$, 오른쪽은 $82.75 \pm 15.69 \text{cm/s}$ 이었으며, 두통환자의 평균은 왼쪽이 $60.00 \pm 20.71 \text{cm/s}$, 오른쪽이 $50.00 \pm 23.07 \text{cm/s}$ 로 나타나 정상성인에 비해 긴장형 두통환자의 평균치가 오히려 더 낮게 나타났다고 보고하였다. 또한 기저동맥, 후대뇌동맥, 그리고 추골동맥에서도 유사한 결과값을 보인다고 보고하였으며, 긴장형 두통환자에게 2주동안 전기치료를 실시한 후에는 전기자극전에 비해 혈류속도가 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 또한 한중만과 김진상(2003) 역시 중대뇌동맥의 정상적인 평균값이 오른쪽 $57.8 \pm 6.1 \text{cm/s}$, 왼쪽 $63.4 \pm 4.3 \text{cm/s}$ 에서 긴장성두통환자의 경우 오른쪽이 $48.8 \pm 7.3 \text{cm/s}$, 왼쪽이 $46.4 \pm 6.7 \text{cm/s}$ 로 나타나 정상성인에 비해 뇌혈류속도가 증가한다고 보고하였다. 그리고 근막이완술과 초음파치료횟수가 증가함에 따라 뇌혈류속도가 증가한다고 보고하여 본 연구결과와 상반된 견해를 보이고 있다.

이상의 연구들을 고찰해본 결과 뇌혈류속도 변화의 증가와 감소에 대한 결과 값에 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 다양한 질환을 대상으로 다양한 치료접근에 대한 뇌혈류속도측정이 이루어질 필요가 있다고 판단되며, 측정자세에 따라서도 결과 값이 달라질 수 있는 만큼 객관적인 측정자세를 제시할 필요가 있다고 여겨진다. 또한 자율신경계의 변화와 관련있는 혈류속도는 심리적인 영향을 크게 받는 만큼 결과 값에 대한 신뢰를 확보하기 위한 적절한 처치가 선행되어야 할 것으로 생각된다.

마지막으로 초음파가 뇌혈관뿐만 아니라 뇌신경에도 영향을 미칠 가능성은 충분하기 때문에 목표로 하는 동맥혈관을 감지하기 위해서 오랜시간 측정을 실시할 경우 환자는 약간의 어지럼증을 호소하는 경향이 있다. 이것은 뇌로 공급되는 뇌혈류의 일시적인 허혈현상이나 초음파에 의한 뇌신경의 직접적인 자극에 기인된 것으로 여겨진다. 따라서 고연령 환자를

대상으로 뇌혈류속도를 측정하고자 할 경우 최단시간에 측정할 수 있는 측정기술이 동반될 필요가 있을 것이다.

VI. 결 론

이 연구는 자극빈도별 간섭전류자극이 뇌혈류속도 변화에 미치는 영향에 대해 알아보기 위해 2004년 12월 1일부터 2005년 2월 15일까지 진주시에 소재한 H-병원에서 경추부 염좌(cervical sprain)로 인해 물리치료를 받기위해 내원한 환자 50명을 대상으로 IFC 1(10-30Hz), IFC 2(30-50Hz), IFC 3(50-100Hz), 위약군, 그리고 대조군에 각각 10명씩 무작위 배치하여 연구를 수행한 결과는 다음과 같다.

1. MCA는 IFS 1군, IFS 2군, IFS 3군, 그리고 위약군은 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$), 각 군 간에도 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 하지만 저빈도군과 고빈도군 간에는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

2. ACA는 IFS 1군, IFS 2군, 그리고 IFS 3군은 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$), 각 군 간에도 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 그리고 고빈도군 보다 저빈도군이 유의하게 감소하였다($p < 0.05$).

3. PCA는 IFS 1군, IFS 2, 그리고 IFS 3군은 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$). 각 군 간에는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 그리고 고빈도군 보다 저빈도군이 유의하게 감소하였다($p < 0.05$).

4. VA는 IFS 1군, IFS 2군, 그리고 IFS 3군은 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$), 각 군 간에도 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 그리고 고빈도군 보다 저빈도군이 유의하게 감소하였다($p < 0.05$).

참고문헌

- 권병덕, 권양, 임승철 등. (1989). Doppler Ultrasound를 이용한 뇌기저 동맥의 혈류속도 측정, 18(3), 379-388.
- 김유진, 이은주, 조지숙. (1995). 침형 경피신경 전기자극과 은침전기자극 치료가 압통역치에 미치는 효과. *한국전문물리치료학회지*, 2(2), 66-72.
- 김진호, 한대윤. *재활의학*, 서울, 삼화출판사, p. 348-359, 1989.
- 고경현, 김주철, 이충휘. (1994). 간섭과 자극후의 말초혈류량 변화. *대한물리치료사학회지*, 1(1), 19-25.
- 박돈목, 임정도. (1998). 전기자극이 정상인과 요통환자의 체표면 온도변화에 미치는 영향. *대한물리치료사학회지*, 5(4).
- 박래준, 김진상, 이인학 등 (2000). 전기치료가 긴장형 두통환자의 뇌혈류 속도에 미치는 영향. *대한물리치료학회지*, 12(3), 349-359.
- 박래준, 박영한. (2003). 간섭전류자극이 상지 혈류변화에 미치는 영향. *대한물리치료학회지*, 15(4), 717-724.
- 박장성, 이재형. (1999). 간섭전류자극이 말초 혈류속도에 미치는 영향. *대한물리치료사학회*

- 지, 11(2), 37-42.
- 이상빈, 김순희. (2002). SSP요법이 인체의 혈장 카테콜라민에 미치는 효과. *대한물리치료사 학회지*, 9(3), 121-127.
- 이용석, 김병건. (1999). Transcranial Doppler Ultrasonography를 이용한 편두통의 진단: 예비연구. *대한임상신경생리학회지*, 1(1).
- 이인성, 김희상, 안경희. (1993). 당뇨병환자에 있어서 교감신경피부반응 검사의 유용성에 관한 고찰. *대한재활의학회지*, 17(12), 165-175.
- 이재형. (1995). *전기치료학*. 서울 : 도서출판 대학서림.
- 이재형. (1998). *임상전기치료학*. 서울 : 도서출판 대학서림, p234.
- 이혜원, 김명현, 채병국 등. (1994). 저 체온 비 맥박성 심폐 우회시술시 경두개 도플러를 이용한 중대뇌동맥 혈류속도의 이산화탄소반응에 관한 연구. *대한마취과학회지*, 27(10), 130-137.
- 정용태, 김수천, 감청수. (1994). 경두개 도플러 검사(TCD)를 이용한 밀폐성 두부손상 환자에 대한 임상적 분석. *대한 신경외과 학회지*, 23(12), 117-122.
- 한종만, 김진상 (2003). 초음파와 근막이완술이 긴장형 두통환자의 뇌혈류속도에 미치는 영향. *대한물리치료학회지*, 15(1), 59-69.
- Aaslid, R. (1986). *Transcranial doppler examination techniques*. In: Aaslid, R., editor, *Transcranial doppler sonography*, Vienna, New York: Springer, pp. 39-59.
- Alexander, C. M., Stynes, S., Thomas, A. et al., (2003). Does tape facilitate or inhibit the lower fibers of trapezius?. *Manual Therapy*, 8(1), 37-41.
- Andersson, S., Lunderberg, T. (1995). Acupuncture—from empiricism to science: Functional background to acupuncture effects in pain and disease. *Med Hypotheses*, 45, 271-281.
- Aminoff, M. J. (1992). *Electrodiagnosis in clinical neurology*. 3rd ed, Churchill Livingstone, New York, 421-432.
- Baturova, . A., Smirnova, T. N., Poliakov, V. E. (1999). The detection of cerebral circulation changes in children by Doppler ultrasonography in ambulatory care [Russian; only available as abstract]. *Zh Nervol Psikhiatr Im S S Korsakova*, 99, 29-32.
- Bazin, S., Kitchen, S. (1996). *Clayton's electrotherapy*. 10th ed. London: WB Saunders
- Bergsline, O., Thoresen, M., Odemark, H. (1988). The effect of three electrotherapeutic method on blood velocities in human peripheral arteries. *Scan J Rehab Med*, 20, 29-33.
- Bevan, J. A., Hwa, J. J. (1985). Myogenic tone and cerebral vascular autoregulation: the role of a stretch-dependent mechanism. *Ann Biomed Engineering*, 13, 281-186.
- Cao, X., Xu, S., Lu, W. (1983). Inhibition of sympathetic nervous system by acupuncture. *Acupuncture Electro*, 8, 25-35.
- Carley, P. J., Wainapel, S. F. (1985). Electrotherapy for acceleration of wound healing: low intensity direct current. *Arch Phs Med Rehabil*, 66, 443-446.
- Cox,. P. D., Kramer, J. P., Hartsell, H. (1993). Effects of different TENS stimulus parameter on ulnar motor nerve conduction velocity. *Am J Phys Med Rehabil*, 72, 294-300.
- Chang, H. T. (1982). Roles of acupuncture in medicine. *American Journal of Chiness*

Medicine, 10, 1-4.

- Craig, J. A., Cunningham, M. B., Walsh, D. M. (1996). Lack of effect of transcutaneous electrical nerve stimulation upon experimentally induced delayed onset muscle soreness in humans. *Pain*, 67, 285-289.
- De Domenico, G. (1987). *New Dimension in Interferential Therapy: A Theoretical and Clinical Guide*. Reid Medical Books, Lindfield, Australia.
- Delaney, G. A., McKee, A. C. (1993). Inter- and intra-rater reliability of the pressure threshold meter in measurement of myofascial trigger point sensitivity. *Am J Phys Med Rehabil*, 72, 136-139.
- Dooley, D. M., Kasprak, M. (1976). Modification of blood flow to the extremities by electrical stimulation of the nervous system. *South Med. J.* 69(10), 1309-1311.
- Dyrehag, L. E., Wiederstrom, E., Carlsson, S. G. et al., (1997). Effects of repeated sensory stimulation session(electro-acupuncture) on skin temperature in chronic pain patients. *Scan J Rehab Med*, 29, 243-250.
- Ebersold, M. J., Laws, E. R., Albers, J. W. (1977). Measurement of autonomic function before, during, and after transcutaneous stimulation in patients with chronic pain and in control subjects. *Mayo Clin proc*, 52, 228-232.
- Els, T., Daffertshofer, M., Schroeck, H. et al. (1999). Comparison of transcranial doppler flow velocity and cerebral blood flow during focal ischemia in rabbits. *Ultrasound in Med. & Biol*, 25(6), 933-938.
- Ernst, M., Lee, M. H. M. (1986). Sympathetic effects of manual and electrical acupuncture of the Tsusanli knee point: Comparison with the Hoku hand point sympathetic effects. *Experimental Neurology*, 94(1), 1-10.
- Fischer, A. A. (1986). Pressure threshold meter: its use for quantification of tender spots. *Arch Phys Med Rehabil*, 67, 836-838.
- Furgala, A., Thor, P. J., Kolasinska-Kloch, W. et al. (2001). The effect of transcutaneous nerve stimulation(TENS) on gastric electrical activity. *J. Physiol.*
- Ganne, J. M. (1976). Interferential therapy. *Aust J Physiother*, 31, 225-230.
- Ganne, J. M., Speculund, B., Mayne, L. H. et al. (1979). Interferential therapy to promote union of mandibular fractures. *Aust N Z J Surg*, 49, 81-83.
- Goats, G. C. (1990). Interferential current therapy. *Br J Sports Med*, 24(Part 2), 87-92.
- Gonzalez, C. F., Cho, Y. I., Ortega, H. V. et al.(1992). Intracranial aneurysm: Flow analysis of their origin and progression. *AJNR*, 13, 181-188.
- Grosset, D. G., Georgiadis, D., Kelman, A. W. et al. (1993). Quantification of emboli signals in patients with cardiac and carotid disease. *stroke*, 24, 1922-1924.
- Haker, E., Egekvist, H., Bjerring, P. (2000). Effect of sensory stimulation(acupuncture) on sympathetic and parasympathetic activities in healthy subjects. *Journal of the Automatic Nervous System*, 79, 52-59.
- Heckmann, J. G., Hilz, M. J., Mück-Weymann, M., Neundörfer. (2000). Transcranial doppler sonography-ergometer test for the non-invasive assessment of cerebrovascular autoregulation in humans. *Journal of the Neurological Sciences*, 177, 41-47.

- Johnson, M. I., Ashton, C. H., Bousfield, D. R. et al. (1989). Analgesic effects of different frequencies of transcutaneous electrical nerve stimulation on cold-induced pain in normal subjects. *Pain*, 39, 231-236.
- Johnson, M. I., Tabasam, G. (2003). An investigation into the analgesic effects of different frequencies of the amplitude-modulated wave of interferential current therapy on cold-induced pain in normal subjects. *Arch Phys Med Rehabil*, 84, 1387-1394.
- Johnson, M., Wilson, H. (1997). The analgesic effects of different swing patterns of interferential currents on cold-induced pain. *Physiotherapy*, 83, 461-467.
- Keenan, D. L., Simonsen, L., McCrann, D. J. (1985). Transcutaneous electrical nerve stimulation for pain control during labor and delivery: a case report. *Phys Ther*, 65, 1363-1364.
- Kever, W., Heilman, C. B. (1983). Flow in experimental berry aneurysms: method and model. *AJNR*, 4, 373-377.
- Knardahl, S., Elam, M., Olausson, B. et al., (1998). Sympathetic nerve activity after acupuncture in humans. *Pain*, 75, 19-25.
- Lamb, S., Mani, R. (1994). Does interferential current affect blood flow?. *Clin Rehab*, 8, 213-218.
- Liao YY., Seto K., Saito H. (1980). Effects of acupuncture on the autonomic hormone production. *American Journal of Chinese Medicine*, 8, 160-166.
- Low, J., Reed, A. (2000). *Electrotherapy explained*. 3rd ed. Butterworth-Heinemann: Oxford; 2000.
- Low, P. A., Opfer-Qchrking, T. L., Proper, C. J. et al. (1990). The effect of aging on cardiac autonomic and postganglionic sudomotorfunction. *Muscle Nerve*, 13, 152-157.
- Lunt, M. J., Jenkinson, D. F., Kerr, D. (2000). Transcranial doppler blood velocity measurement-The effects of changes in velocity profile. *Ultrasound in Med. & Biol*, 26(7), 1145-1151.
- Marchand, S., Bushnell, M. C., Duncan, G. H. (1991). Modulation of heat pain perception by high frequency transcutaneous nerve stimulation(TENS). *Clin J Pain*, 7, 122-129.
- Martin, D., Palmer, S., Heath, C. (1998). Interferential current as an adjunct to exercise and mobilisation in the treatment of proximal humerus fracture pain: lack of evidence of an additional effect. In: *Proceeding of the Physiotherapy Research Society Meeting*; 1998 Oct 21; Birmingham, United Kingdom. Birmingham: Physiotherapy Research Society.
- Mulder, G. D. (1991). Treatment of open-skin wounds with electric stimulation, *Arch Phys med Rehabil*, 72, 375-377.
- Nelson, R. M., Currier, D. P. (1987). *Clinical electrotherapy*. 1st ed, Norwalk. Paxton SL(1980): Clinical Uses of TENS: A Survey of physical therapist. *Phys Ther*, 60(1), 38-44.
- Nelson, R. M., Hayes, K. W., Currier, D. P. (1999). *Clinical electrotherapy*. 3rd ed. Stamford (CT): Appleton & Lange.

- Nikolova, L. (1987). *Treatment with Interferential Current*. Churchill Livingstone, Edinburgh, p3.
- Noble, J. G., Henderson, G., Cramp, A., Fiona, L. et al. (2000). The effect of interferential therapy upon cutaneous blood flow in humans. *Clinical physiology*, 20(1), 2-7.
- Nolan, M. F., Hartsfield, J. K., Witters, D. M. et al. (1993). Failure of transcutaneous electrical nerve stimulation in the convention and burst mode to alter digital skin temperature. *Arch Phys Med Rehabil*, 74, 182-187.
- Nussbaum, E., Rush, P., Disenhaus, L. (1990). The effect of interferential therapy on peripheral blood flow. *Physiotherapy*, 76, 803-807.
- Ohsawa, H., Okada, K., Nishijo, K. et al. (1995). Neural mechanism of depressor response of arterial pressure elicited by acupuncture-like stimulation to a hindlimb in anesthetized rats. *J Auton Nerv Syst*, 51, 27-35.
- Paulson, O. B., Strandgaard, S., Edvinsson, L. (1990). Cerebral autoregulation. *Cerebrovasc Brain Metab Rev*, 2, 161-192.
- Quirk, A., Newman, R., Newman, K. (1985). An evaluation of interferential therapy, shortwave diathermy and exercise in the treatment of osteoarthritis of the knee. *Physiotherapy*, 71, 55-57.
- Ropper, A. H., Kehne, S. M., Wechsler, L. (1987). Transcranial Doppler in brain death. *Neurology*, 37, 1733-1735.
- Savage, B. (1984). *Interferential therapy*. Faber and Eaber, London.
- Schoeler, H. (1975). Physikalische grenzstrangblockade. *Technik in der Medizin*, 2(1), 16-18.
- Scott, S., Purves, C. (1991). The effect of interferential therapy in the relief of experimentally induced pain: a pilot study. In: *Proceeding of the 11th International Congress of the World Confederation for Physical Therapy (Book II)*; 1991 Jul 28-Aug 2; London, United Kingdom. London: World Confederation for Physical Therapy; 743-745.
- Shafshak, T., El-Sheshai, A., Hussein, E. et al. (1991). Personality traits in the mechanism of interferential therapy for osteoarthritic knee pain. *Arch Phys Med Rehabil*, 72, 579-581.
- Shahani, B. T., Day, T. J., Cros, D. et al. (1990). RR interval variation and the sympathetic skin response in the assessment of autonomic function in peripheral neuropathy. *Arch Neurol*, 47, 659-664.
- Solvien, B., Maselli, R., Japan, J. et al. (1987). Sympathetic skin response in diabetic neuropathy. *Muscle Nerve*, 10, 711-716.
- Svedberg, L. E., Nordahl, U. E. G., Lundeberg, T. C. M. (2001). Effects of acupuncture on skin temperature in children with neurological disorders and cold feet: an exploratory study. *Complementary Therapies in Medicine*, 9, 89-97.
- Taylor, K., Newton, R. A., Personius, W. J. et al. (1987). Effects of interferential current stimulation for treatment of subjects with recurrent jaw pain. *Phys Ther*, 67(3), 346-350.

- Thomas, D., Collins, S., Strauss, S. (1992). Somatic sympathetic vasomotor documented by medical thermographic imaging during acupuncture. *Clin Rheumatol*, 11, 55-59.
- Vicenzino, B., Wright, A. (1995). Effects of a novel manipulative physiotherapy technique on tennis elbow: a single case study. *Manual Therapy*, 1, 30-35.
- Wahl, M., Schilling, L. (1993). *Regulation of cerebral blood flow—a brief review*. Acta Neurochir Suppl, 59, 3-10.
- Wallash, T. M. (1992). Transcranial doppler ultrasonic features in chronic tension-type headache. *Cephalalgia*, 385-386.
- Ward A. R., Robert V. J., Makowski, R. J. (2002). Optimal frequencies for electric stimulation using medium-frequency alternating current. *Arch Phys Med Rehabil*, 83, 1024-1027.
- Wolf, C. J. (1979). Transcutaneous electrical nerve stimulation and reaction to experimental pain in human subjects. *Pain*, 7, 115-127.
- Wong, R. A., Jette, D. U. (1984). Changes in sympathetic tone associated with different forms of transcutaneous electrical nerve stimulation in healthy subjects. *Phys Ther*, 64, 478-482.
- Young, S. L., Woodbury, M. C., Fryday-Field, K. et al. (1992). Effects of interferential currents stimulation alone for pain reduction in patients with osteoarthritis in patients with osteoarthritis of the knee: a randomised placebo control trial(R088) [abstract]. Proceedings of the 66th Annual Conference of the American Physical Therapy Association; 1991 Jun 23-27; Boston, MA. *Phys Ther*, 71, S52.