

평류전정자극에 의한 당뇨병 신경증 환자의 자세동요 변화

황 태 연·김 용 남

(전남과학대학 물리치료과)

김 태 열

(동신대학교 물리치료학과)

박 장 성

(서남대학교 물리치료학과)

윤 세 원

(포항의료원 물리치료실)

The Change of Postural Sway of Diabetic Neuropathy by Galvanic Vestibular Stimulation

Hwang Tae-Yeun, P.T., Ph.D.·Kim Young-Nam, P.T., Ph.D.

(Dept. of Physical Therapy, Chunnam Techno College)

Kim Tae-Youl, P.T., Ph.D.

(Dept. of Physical Therapy, Dongshin University)

Park Jang-Sung, P.T., Ph.D.

(Dept. of Physical Therapy, Seonam University)

Yoon Se-Won, P.T., M.P.T.

(Dept. of Physical Therapy, Pohang Medical Center)

ABSTRACT

This study had performed with purposes to analyze the influence of the change of vestibular sens, visual and proprioceptive sense to the postural sway, so as to supply the

necessary clinical materials through developing the physical therapeutic interventions and assessment format for the diabetic neuropathy patients. The sample consisted of fifteen diabetic neuropathy patients with sensory disorder in their lower limbs and fifteen age-matched normal control group. Then the effect of the GVS and the visual cue open and closed to the postural sway were measured by CoP. The summary of the comparison results were obtained below.

In the comparison of diabetes neuropathy patients group and age matched normal control group, however diabetes neuropathy patients group had a decrease in superficial tactile sense($p<.001$) and nerve conduction velocity($p<.001$), they were able to control the posture and walk. So it is, diabetes neuropathy patients had more disturbance compared with AMC group on at a hard surface, particularly in the visual cue open($p<.001$) and visual cue closed($p<.01$). Moreover, since diabetes neuropathy patients group had more differences in visual cue open and closed($p<.01$), GVS($p<.01$), it meant that they're affected largely by vestibular sense, visual sense. In addition, since there're the largest change in doubled sense disturbance such as visual cue open and closed under GVS, it meant that compensation of other senses were quite important for the diabetes neuropathy patients' postural control.

In the conclusion, diabetes neuropathy patients who decrease or lose the somatosensory system, sensory training of visual and vestibular system are likely to be quite essential to control the posture and balance.

1. 서론

임상적으로 고유수용성 감각계, 운동계, 시각계 그리고 전정기능장애를 동반한 여러 가지 원인 질환의 환자들은 자세 및 운동 조절에 있어 심각한 영향을 받게 되며, 감각정보의 비정상적인 투입은 자세동요(postural sway)와 근활동에 영향을 미친다(Horak and Hlavacka, 2001; Tokita et al., 1988). 따라서 감각기능이 감소되는 나이(Amiridis et al.,

2003), 말초신경질환(Horak and Hlavaka, 2001)이나 전정계 기능장애(Curthoys and Halmagyi, 1995) 등의 다양한 원인의 환자들은 기립자세의 유지나 운동조절의 문제와 낙상과 같은 위험을 가지게 된다.

최근 증가되고 있는 당뇨병자들 뿐만 아니라 고령화 등 다양한 원인에 의한 감각의 결손이 자세 및 균형조절에 장애를 유발시키는 질환들에 있어서 전정각, 시각, 체성감각이 자세조절에 미치는 영향에 대한 평가는 임상적으로 이러한 기능장애를 개선하기

위한 물리치료중재 시 감각계를 조절하는 치료적 접근에 있어 기초자료가 될 수 있으며, 감각의 감소나 소실에 있어서 다른 감각계의 영향에 대한 평가가 필요하다. 특히 당뇨병은 대사성 질환 중 가장 흔하고 질환 자체보다는 다양한 합병증을 유발하며, 당뇨병환자의 50% 이상에서 원위부의 다발성신경병(polyneuropathy)을 주소로 하고 있으며(Adler, 1997; Green et al., 1999), 20년 이상 당뇨를 가지고 있는 사람은 50% 이상 그리고 당뇨 진단 후 10년 이상 경과한 사람의 25% 이상에서 말초신경 손상을 동반한다(Pirart, 1977).

오랜 기간 당뇨를 가진 사람은 촉감각(Holewski et al., 1988), 진동각(Liniger et al., 1990), 하지의 고유수용각(Lord et al., 1993) 그리고 운동각(Simoneau et al., 1996)의 결손을 가지고 있다. 따라서 당뇨병환자의 신경증으로 인한 체성감각장애는 자세나 균형조절의 문제에 노출되어 있고, 특히 균형능력이 떨어지는 사람은 낙상의 경험이 많은데(Woollacott et al., 1986; Tinetti et al., 1988), 말초 신경증환자는 정상 건강인에 비해 23배 가까운 낙상의 위험을 가지고 있다(Richardson et al., 1992; Richardson and Hurvitz, 1995). 하지의 감각이 결손이 있는 당뇨병환자는 특히 전정계와 시각의 인자가

중요한 보상기능을 수행하게 된다고 볼 수 있다.

따라서 당뇨병성 신경증 환자에게 전정각, 시각 등의 교란 정도에 따른 자세동요의 변화를 연구하여 당뇨병성 신경증으로 인한 자세 및 균형장애를 평가하고 자세 및 균형조절 프로그램을 개발하기 위한 자료를 마련하고자 한다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 포항의료원에 당뇨로 내원한 60세 이상의 환자 중 실험의 취지와 목적을 이해하여 적극 참가를 희망한 환자를 대상으로 American diabetes association(1995)에서 제시한 판별기준을 이용하여 진단한 당뇨병성 신경증 환자 15명과 연령-대비 대조군으로 전정기능장애, 신경장애, 근골격계 장애가 없으며, 자세조절이나 독립보행에 지장이 없는 비슷한 연령대 15명을 대상으로 하였다(Table 1).

Table 1. General characteristics of diabetic neuropathy subjects

Classification		I	II
Sex(N)	M	9	9
	F	6	6
	Total	15	15
Age(years)*		63.20±1.00	63.53±.79
Height(cm)*		164.07±2.38	166.73±1.43
Weights(kg)*		63.87±2.61	65.93±.78

All value are showed mean±SD

I : Diabetic neuropathy group

II : Age-matched control group

2. 실험방법

임상실험으로 당뇨병성 신경증군과 연령-대비 대조군을 대상으로 한 자세동요실험은 각 실험군 별로 경성 지지면에서 평류전정자극을 하지 않고 시각 개방, 평류전정자극을 하지 않고 시각 폐쇄, 평류전정자극을 적용하고 시각 개방, 평류전정자극을 적용하고 시각 폐쇄의 4 가지 조건의 실험으로 설계되었다.

당뇨병 환자의 신경증에 대한 임상적인 정량적 측정은 감각의 측정과 신경전도속도 측정이 이용되는데, 진동/고유수용성 감각 및 표재성 촉각, 신경전도속도 측정을 통한 임상 감각사정 지수에 의해 결정하였다 (Horak and Hlavacka, 2001).

1) 정량적 감각검사

정량적 감각측정으로 운동각/진동각은 양측의 발목과 엄지발가락에서 측정하였다. 점수는 각 측정 부위의 평균으로 하였다. 이

때 고유수용성감각은 발목과 엄지발가락의 지절관절을 수동적으로 움직일 때의 운동각을 평가하고, 진동각은 소리굽쇠(tuning fork)를 이용하여 발목의 외측과와 엄지발가락의 배측 부위에 소리굽쇠를 적용했을 때의 감각을 측정하였다. 감각점수는 정상은 0, 감소는 1, 소실은 2점으로 점수가 높을수록 감각의 저하나 소실을 의미한다.

표재성 촉각의 측정은 von Frey monofilament (North Coast Medical Inc., Touch-Test Sensory Evaluator System, USA)를 사용하였는데, 각 monofilament의 역치간격은 1.65~6.65 g으로 20개의 간격을 가지고 있다. 표재성 촉각의 측정은 양측 족부의 배측면의 심비골신경, 천비골신경, 비복신경 감각 분포 영역과 족저면의 외측 및 내측 족저신경의 감각분포 영역에서 실시하였다. 측정방법은 von Frey monofilament의 끝을 측정 부위에 가볍게 접촉시킬 때 감각 유·무를 "예·아니오"로 질문하여 80% 이상의 "예" 반응이 나타나는 최소의 monofilament의 압

력 단위를 감각역치로 결정하였다(Mueller, 1996). 측정된 다섯 부위의 감각역치를 합산한 평균값을 발의 표재성 촉각의 역치로 하였다.

신경전도속도를 측정하기 위하여 진단 근전도기(Cadwell, 6200A, USA)를 사용하였다. 운동신경전도속도의 측정조건은 민감도가 5,000 μV , 소거속도가 2.0 ms이었으며, 양측 하퇴의 경골신경과 비골신경을 측정하였다. 감각신경전도속도의 측정조건은 민감도 20 μV , 소거속도가 2.0 ms이었으며, 양측 하퇴의 비복신경과 족저신경에서 각각 측정하였다.

2) CoP의 측정

당뇨성 신경증환자와 연령대비 정상 대조군의 실험절차는 Figure 1에서 제시한 바와 같이 7차례의 실험이 적용되었으며, 1회 실험이 끝나고 충분한 휴식을 취하게 하면서 실험을 진행하였다. 투입되는 감각의 변화에 따라 측정대 위에서 낙상의 위험이 있어 실험보조자가 측정대 뒤에 위치하여 보조하였다.

자세동요의 변화를 측정하기 위한 측정기기로 균형검사기인 Kinesthetic ability training 2000(OEM medical, USA)을 이용하였다. 이 기기의 구성은 원형 발판, 발판(platform)의 압력조절기, 감지기, 컴퓨터 분석프로그램(KatWIN ver 1.12)으로 되어있다. 원형 발판은 공기주머니로 된 축 위에 위치하여 모든 방향으로 기울어진다. 압력조절기는 발판의 안정도와 관계된 압력을 조절하고 0~15 psi(pounds per square inch)의 조절이 가능하며 수치가 올라 갈수

록 지지하는 발판의 안정도가 높아진다. 본 실험에서는 자세조절의 영향을 미치는 다양한 조건들에 대한 실험으로 발판의 안정도는 자세조절에 많은 영향을 미치게 된다. 발판의 안정도가 0에 가까울수록 발판의 불안정성이 커지며, 15에 가까울수록 안정도가 높아 불안정성이 최소화된다. 따라서 정상인을 대상으로 한 예비실험에서 모든 감각정보가 정상일 때의 조건하에서 자세의 안정을 최대로 유지시킬 수 있는지 알아보았는데, 10 psi의 발판의 안정도에서 균형지수가 200미만의 비교적 동요가 작게 측정되어 발판의 안정도의 조건을 10 psi로 하였다.

자세동요의 변화는 CoP의 변화를 측정하는데, 8개의 부분 균형지수 중에서 동요의 방향성을 알아보기 위하여 좌측, 우측, 전방, 후방지수의 4개의 부분지수와 총 지수인 균형지수로 분석 하였다.

실험의 조건으로 체중을 지지하는 발의 폭이 10 cm의 거리를 두고 발의 모양을 그려서 실험자들이 동일한 조건 하에서 발을 지지하도록 하였다. 시각은 실험군에 따라 눈을 뜨고 측정하는 시각개방은 검사기 정면의 눈높이에 기준점을 표시하여 이를 응시하도록 하였고, 눈을 감는 시각폐쇄는 검사기에 올라서서 자세를 안정하게 한 후 수면용 안대로 눈을 가렸다.

전정계 자극을 위한 평류전정자극법은 실험적으로 많은 연구가 이루어지고 있으며(Watson and Colebatch, 1997; Scinicarello et al., 2001; Bacsı et al., 2003), 전정계의 비대칭과 기능장애를 측정하는 임상연구에 사용되고 있는 방법이다(Cauquil et al., 1997). 본 연구

에서도 전정신경의 전기자극하기 위한 평류전정자극이 가능한 전기자극기(Enraf-Nonius, Endomed 581, Netherlands)를 이용하였다. 이 기기는 지속평류 및 단속평류의 자극이 가능하며, 단속평류의 자극변수의 범위는 0.05~1,000 ms의 위상기간, 0~5,000 ms의 위상간 간격, 0-60 mA의 강도조절이 가능하다.

전정계 자극을 위한 평류전정자극은 측두골 유양돌기부에 3×5 cm의 일회용 자가-접착식 표면전극(Enraf Nonius, Netherlands)을 우측-음극, 좌측-양극의 양극(binaural) 배치방식으로 적용하였다. 전기자극의 조건으로 여러 연구에서 다양한 조건의 위상기간과 자극강도가 이용되고 있는데(Watson and Colebatch, 1997; Grasso et al., 1999; Horak and Hlavacka, 2001; Kennedy and Inglis, 2002), 실험에 적용된 자극조건은 전기자극을 통한 전정계 자극이 충분히 될 수 있는 자극조건인 위상기간 1,000 ms, 위상간 간격은 4,000 ms로 하여 순환주기(duty cycle) 20%의 단상 직사각파형을 사용하였다. 또한 자극강도는 1 mA, 자극시간은 20초 간 하였다.

실험대상자는 측정기에 올라 서기 전에 평류전정자극을 위해 전극을 유양돌기부에 부착시키고 나서 발판 위에 서서 안정된 위치를 유지하게 하여 동요가 최소가 될 때까지 기다렸다가 가장 안정적일 때 측정을 시작하였다. CoP의 측정시간은 20초 간 하였다.

3. 분석방법

실험에 따라 얻어진 자료는 Windows용 SPSS 10.0 통계 프로그램을 이용하여 분석

하였다. 당뇨병 신경증환자와 대조군에 대한 평류전정자극 유·무, 시각 개·폐에 따른 CoP 변화의 군 내 비교는 대응표본 t 검정을, 집단 간 비교는 독립표본 t 검정을 실시하였다. 통계학적 검정을 위한 유의수준은 0.05 이하로 채택하였다.

IV. 결 과

1. 대상자의 임상적 특성

대상자의 임상적 특성은 다음과 같다 (Table 2-1).

운동각/진동각은 총 평균점수는 $.40 \pm .19$ 이었으며, 우측이 $.53 \pm .24$, 좌측이 $.27 \pm .18$ 로 우측이 높았다. 표재성 촉각은 평균점수는 $3.76 \pm .13$ 이었고, 우측이 $3.78 \pm .13$, 좌측이 $3.74 \pm .13$ 이었다.

운동신경전도속도의 측정에서 경골신경의 평균 전도속도는 41.28 ± 1.17 이었고, 우측이 41.27 ± 1.44 , 좌측이 $41.29 \pm .97$ 이었다. 비골신경의 평균 전도속도는 $39.10 \pm .82$ 이었고, 우측이 $37.68 \pm .99$, 좌측이 $40.53 \pm .84$ 로 좌측이 높았다.

감각신경전도속도의 측정에서 비복신경의 평균 전도속도는 $37.52 \pm .85$ 이었고, 우측이 $36.23 \pm .92$, 좌측이 38.80 ± 1.00 로 좌측이 높았다. 족저신경의 평균 전도속도는 $38.28 \pm .86$ 이었고, 우측이 38.21 ± 1.18 , 좌측이 $38.83 \pm .85$ 로 좌측이 높았다.

Table 2. Clinical characteristics of diabetic neuropathy subjects

Clinical characteristics	Sites	Average
Onset of Diabetes(months)		124.40±19.72
Motion/Vibration sense	R	.53±.24
	L	.27±.18
	Total ave.	.40±.19
Tactile Sense(g)	R	3.78±.13
	L	3.74±.13
	Total ave.	3.76±.13
Motor NCV(M/S)		
Tibial nerve	R	41.27±1.44
	L	41.29±.97
	Total ave.	41.28±1.17
Peroneal nerve	R	37.68±.99
	L	40.53±.84
	Total ave.	39.10±.82
Sensory NCV(M/S)		
sural nerve	R	36.23±.92
	L	38.80±1.00
	Total ave.	37.52±.85
medial plantar nerve	R	38.21±1.18
	L	38.83±.85
	Total ave.	38.28±.86

All value are showed mean±SD

2. 자세동요에 따른 CoP의 군 간 비교

각 실험군의 CoP인 균형지수는 평류전정 자극을 적용하지 않고 시각개방 시 II군 (190.24±16.22)보다 I군(495.27±62.54)이 높게 나타나 유의한 차이가 있었으며(p<.001),

시각폐쇄 시에도 II군(378.12±31.00)보다 I군(1066.67±165.01)이 높게 나타나 유의한 차이가 있었다(p<.01).

평류전정자극을 적용하고 시각개방 시 II군(896.18±99.57)보다 I군(1320.40 ±279.80)이 높게 나타나고, 시각폐쇄 시에도 II군

(1519.76±129.82)보다 I 군(2234.53±360.25)이 높게 나타났으나 통계학적인 유의한 차이는 없었다(Table 3).

Table 3. The compared of balance index according to postural sway between groups.

Exp. conditions		I	II	t	p
GVS	Visual cue				
Non-GVS	VO	495.27±62.54	190.24±16.22	4.72	.000
	VC	1066.67±165.01	378.12±31.00	4.10	.001
GVS	VO	1320.40±279.80	896.18±99.57	1.43	.171
	VC	2234.53±360.25	1519.76±129.82	1.87	.079

All value are showed mean±SE

I : Diabetes neuropathy group

II: Age-matched control group

GVS: Galvanic vestibular stimulation

VO: Visual cue open

VC: Visual cue closed

3. 자세동요에 따른 CoP의 군 내 비교

1) 시각 개·폐 간의 비교

당뇨성 신경증군의 균형지수에 대한 군 내 비교에서 평류전정자극을 적용하지 않고 시각 개·폐(p<.01)와 평류전정자극을 적용하고 시각 개·폐(p<.01)에서 모두 유의한

차이가 있었다(Figure 1). 대조군에서도 균형지수에 대한 군 내 비교에서 평류전정자극을 적용하지 않고 시각 개·폐(p<.001)와 평류전정자극을 적용하고 시각 개·폐(p<.001)에서 모두 유의한 차이가 있었다(Figure 2).

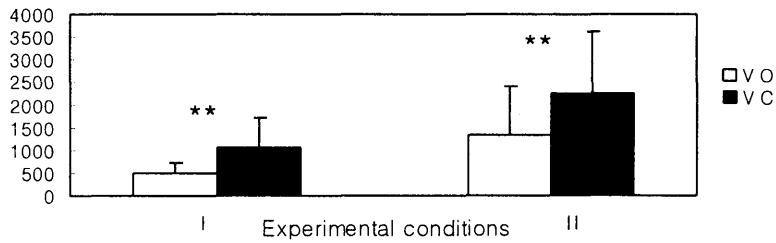


Figure 1. The compared of balance index between eye cue open and closed to diabetes neuropathy group.

** : $p < .01$

I : without galvanic vestibular stimulation

II : with galvanic vestibular stimulation

VO: Visual cue open

VC: Visual cue closed

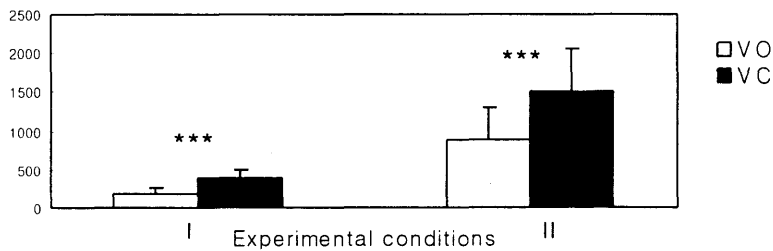


Figure 2. The compared of balance index between eye cue open and closed to age-matched control group

*** : $p < .001$

I : Without galvanic vestibular stimulation

II : With galvanic vestibular stimulation

VO: Visual cue open

VC: Visual cue closed

2) 평류전정자극 유·무 간의 비교

당뇨성 신경증군은 시각개방 시에 평류전정자극 유·무($p < .01$)에서 유의한 차이가 있었으나, 시각폐쇄 시에는 유의한 차이가

없었다(Figure 3). 대조군은 시각개방 시에 평류전정자극 유·무($p < .001$)와 시각폐쇄 시에 평류전정자극 유·무($p < .001$) 모두에서 유의한 차이가 있었다(Figure 4).

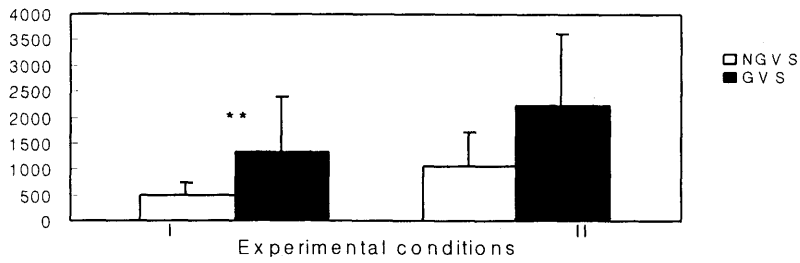


Figure 3. The compared of balance index between Non-GVS and GVS to diabetes neuropathy group

** : $p < .01$

I: Visual cue open

II: Visual cue closed

NGVS: Non-galvanic vestibular stimulation

GVS: Galvanic vestibular stimulation

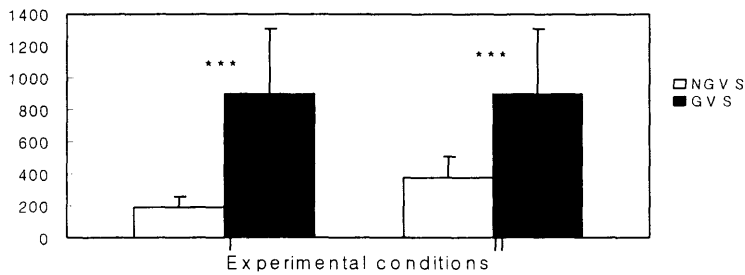


Figure 4. The compared of balance index between Non-GVS and GVS to age-matched control group

*** : $p < .001$

I: Visual cue open

II: Visual cue closed

NGVS: Non-galvanic vestibular stimulation

GVS: Galvanic vestibular stimulation

V. 고찰

임상적으로 고유수용성 감각계 및 운동계, 시각계, 그리고 전정기능장애를 동반한

여러 가지 원인 질환은 자세 및 운동조절에 있어 문제를 가질 수 있다. 특히, 감각신경의 신경증을 가진 당뇨병자는 자세 불안정을 가진다(Simoneau et al., 1994). 다양한 질환 중에서 만성 당뇨병과 관련된 신경병

은 신경의 혈관증으로 인한 많은 변화가 일차적으로 축삭의 퇴행성변화와 이차적인 탈수초화를 가져온다. 이러한 변화는 양측 손과 발의 glove-and-stocking 분포 영역의 모든 감각양식의 손상을 가져와 통증과 온도와 같은 작은 섬유뿐 만 아니라 고유수용성 섬유와 같은 큰 섬유도 함께 손상을 동반하게 된다(Brown and Asbery, 1984; Dyck et al., 1987). 또한 표재성, 관절 및 근 수용기로부터의 체성감각 정보의 지연이나 왜곡 및 소실로 인한 자세의 비정상을 초래하게 된다(Horak et al., 1990; Simoneau et al., 1994; Thoumie and Do, 1996). 따라서 균형의 장애나 보행패턴의 변화 및 낙상의 위험이 증가한다(Menz et al., 2004). 따라서 체성감각을 담당하는 신경의 변화가 심할수록 자세조절에 어려움을 가지기 때문에 감각의 손상정도의 평가가 중요하다. 신경증이 심한 환자들은 발의 진동, 관절 위치감각 그리고 표재성 촉각 무감각뿐만 아니라 비복 및 족저신경의 신경전도의 소실을 초래함에도 불구하고 자세의 인지와 관련된 슬관절, 고관절 그리고 체간에서는 정상적인 소견을 보일 수가 있다(Horak and Hilavacka, 2001). 본 연구에서도 당뇨병성 신경증환자는 하퇴의 감각 감소 및 신경전도속도가 떨어지는 것을 알 수 있었지만, 기립자세의 조절이나 보행에 큰 장애를 가지고 있지 않았다.

시각은 체성감각이나 전정기능 장애가 있을 때, 아주 중요한 보상기능을 수행한다는 보고(Putkonen et al., 1977; Nashner et al., 1982)에서와 같이 본 연구에서도 당뇨병성 신경증환자나 노인 정상인 모두에서 전정계

교란의 유·무와 관계없이 시각은 자세동요에 크게 영향을 미치며, 증가된 동요에 있어 시각의 보상기능이 중요하게 작용하는 것을 알 수 있었다. 또한 당뇨병성 신경증환자가 노인 정상인에 비해 하지 고유수용각의 교란 및 시각정보의 유·무와 관계없이 동요가 크게 나타나는 것으로 보아 하지의 감각장애는 자세조절에 중요한 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

평류전정자극을 이용한 전정계의 자극에 따른 동요의 영향에서 노인 정상인은 시각 정보에 상관없이 전정계의 영향을 크게 받는 것을 알 수 있었다. 그러나 당뇨병성 신경증환자는 평류전정자극에 따른 전정계의 교란 유·무에 따라 동요에 영향을 받으며, 노인 정상인보다 동요가 크게 나타나 평류전정자극에 민감하게 반응하는 것을 알 수 있었다. 이는 Horak과 Hlavacka(2001)의 평류전정자극에 의한 동요가 크게 증가되고, 정상인의 불안정한 지지면에서나 당뇨병 말초 신경증으로 인한 체성감각 정보가 감소된 환자는 전정계 자극에 의해 자세 조절계의 민감도를 증가시킨다는 보고와 일치하였다. 그러나 본 연구에서 시각정보가 차단이 될 때에는 전정계의 교란에 따라 동요는 크게 나타났지만 유의성은 없었는데, 이는 하지의 감각장애 환자는 시각정보의 차단과 전정계의 교란이 동반이 될 때, 시각이나 전정계의 민감도에 따라 동요의 변화가 다르게 나타나는 것으로 보인다.

이상과 같이 당뇨병성 신경증환자를 대상으로 한 연구를 간략히 요약하면, 같은 연령의 정상인에 비해 하지의 감각장애를 가진 당뇨병성 신경증환자는 시각, 전정각의 변화

에 따라 자세동요가 더 크게 반응하며, 당뇨병 신경증환자는 전정각이나 시각이 자세 조절에 중요하게 작용하는 것을 알 수 있어 하지의 감각장애 환자의 치료에 있어 다른 감각계의 보상작용의 강화가 중요성이 크다고 하겠다.

VI. 결론

이 연구는 자세조절과 관련된 전정각, 시각 등 감각인자가 자세동요에 미치는 영향을 알아보기 위하여 정상인 대상과 당뇨병 신경증 환자 대상으로 하지에 감각장애를 가진 당뇨병 신경증 환자와 연령-대비 정상 대조군 각각 15명을 대상으로 평류전정자극 유·무, 시각 개·폐에 따라 CoP의 변화를 측정하여 분석한 결과를 분석하였다.

실험군 간 CoP 변화는 당뇨병 신경증군(I)이 연령-대비 대조군(II)에 비해 평류전정자극을 적용하지 않은 경우 시각 개방($p<.001$)과 시각 폐쇄($p<.01$) 모두 유의하게 증가되어 당뇨병 신경증군의 자세동요가 큰 것으로 나타났다. 그러나 평류전정자극을 적용한 경우에는 시각 개방과 시각 폐쇄 모두에서 유의하지 않아 시각 개·폐에 관계 없이 당뇨병 신경증군(I)과 연령대비 대조군(II)의 자세동요에 차이가 없는 것으로 나타났다.

결론적으로 당뇨병 신경증 환자는 전정계 교란이 없는 상태에서 시각 개·폐에 따라 자세동요에 차이가 있었으나, 전정계 교란이 있으면 차이가 없는 것을 알 수 있었다.

따라서 자세 및 균형조절에 장애를 유발시키는 질환들에 대한 평가에서 전정각, 시각 정보의 변화에 따른 CoP 측정이 임상진단학적으로 매우 중요하며, 당뇨병 신경증과 같이 체성감각의 감소 또는 소실된 환자들에 대한 물리치료 중재 시 시각 및 전정계의 감각훈련이 자세 및 균형조절에 매우 중요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- Alder AI : Risk factors for diabetic peripheral sensory neuropathy. Results of the Seattle Prospective Diabetic Foot Study. *Diabetes Care*. 20;1162-7, 1997.
- American Diabetes Association : Standardized measures in diabetic neuropathy. *Diabetes Care*. 18;59-82, 1995.
- Amiridis IG, Hatzlaki V, Arabatzi F : Age-induced modifications of static postural control in humans. *Neuroscience Letters*. 350;137-140, 2003.
- Bacsi AM, Watson SRD, Colebatch JG : Galvanic and acoustic vestibular stimulation activate different populations of vestibular afferents. *Clinical Neurophysiology*. 114; 359-365, 2003.
- Brown MJ, Asbury AK : Diabetic neuropathy. *Ann Neurol*. 15;2-12, 1984.
- Cauquil AS, Bousquet P, Salon M-CC et al. : Monaural and binaural galvanic vestibular stimulation in human dynamic balance function. *Gait and posture*.

- 6;210-217, 1997.
- Curthoys IS, Halmagyi GM : Vestibular compensation: a review of the oculomotor, neural and clinical consequences of unilateral vestibular loss. *J. Vestibular Res.* 5;67-107, 1995.
- Dyck PJ, Thomas PK, Asbury AK, et al. : *Diabetic Neuropathy*. Philadelphia Saunders, 1987.
- Grasso R, Ivanenko F, Lacquaniti : Time course of gaze influences on postural responses to neck proprioceptive and galvanic vestibular stimulation in humans. *Neuroscience letters.* 273;121- 124, 1999.
- Green DA, Sima AAF, Albers JW, et al : Diabetic neuropathy. in Rifkin H, Porte D, eds. *Diabetes mellitus. Theory and practice*. New York, Elsevier. 710-53, 1999.
- Holewski JJ, Stess FMGP, Grunfeld C : Anesthesiometry: quantification of cutaneous pressure sensation in diabetic peripheral neuropathy. *J Rehabil Res Dev.* 25;1-10, 1988.
- Horak FB, Hlavacka F : Somatosensory loss increases vestibulospinal sensitivity. *J Neurophysiol.* 86, 2001.
- Horak FB, Nashner LM, Diener HC : Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Exp Brain Res.* 82;167-177, 1990.
- Kennedy PM, Inglis JT : Interaction effects of galvanic vestibular stimulation and head position on the soleus H reflex in humans. *Clinical Neurophysiology.* 113; 1709-1714, 2002.
- Liniger C, Albenau A, Bioise D, et al : The tuning fork revisited. *Diabet Med.* 7;859-864, 1990.
- Lord SR, Caplan GA, Colaguri R, et al : Sensory-motor function in older persons with diabetes. *Diabet Med.* 10;614-618, 1993.
- Menz HB, Lord SR, George RS, et al : Walking stability and sensory function in older people with diabetic peripheral neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil.* 85;245-252, 2004.
- Mueller MJ : Identifying patients with diabetes mellitus who are at risk for lower-extremity complications: use of Semmes-Weinstein monofilaments. *Phys Ther.* 76;68-71, 1996.
- Nashner LM, Black FO, Wall C III : Adaptation to altered support and visual conditions during stand: patients with vestibular deficits. *J Neurosci.* 2;536-544, 1982.
- Pirart J : Diabetes mellitus and its degenerative complications: a prospective study of 4,440 patients observed between 1947 and 1973. *Diabete Metab.* 3;245-256, 1977.
- Putkonen PTS, Courjon JH, Jeannerod M : Compensation of postural effects of hemilabyrinthectomy in the cat. A sensory substitution process? *Exp Brain Res.* 28;249-257, 1977.

- Richardson JK, Ching C, Hurvitz EA : The relationship between electromyographically documented peripheral neuropathy and falls. *J Am Geriatr Soc.* 40;1008-1012, 1992.
- Richardson JK, Hurvitz EA : Peripheral neuropathy: a true risk factor for falls. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 50;211-215, 1995.
- Scinicariello AP, Eaton K, Inglis JT, et al : Enhancing human balance control with galvanic vestibular stimulation. *Biol. Cybern.* 84;475-480, 2001.
- Simoneau GG, Ulbrecht JS, Derr JA, et al : Postural instability in patients with diabetic sensory neuropathy. *Diabetes Care.* 12;1411-1421, 1994.
- Simoneau GG, Derr JA, Ulbrecht JS, et al : Diabetic sensory neuropathy effect on ankle joint movement perception. *Arch Phys Med Rehabil.* 77;453-460, 1996.
- Simoneau GG, Ulbrecht JS, Derr JA, et al : Postural instability in patients with diabetic sensory neuropathy. *Diabetes Care.* 17;1121-1141, 1994.
- Tokita T, Ito Y, Miyata H, et al : Labyrinthine control of upright posture in humans. *Progress in Brain Research, Vol. 76, Elsevier, Amsterdam.* 291-295, 1988.
- Watson SRD, Colebatch JG : EMG responses in the soleus muscles evoked by unipolar galvanic vestibular stimulation. *Electroenceph clin Neurophysiol.* 105; 476-483, 1997.
- Woollacott MH, Shumway-Cook A, Nashner LM : Aging and posture control: Changes in sensory organization and muscular coordination. *Int J Aging Hum Develop.* 23;97-114, 1986.