

## 제2형 당뇨병환자의 말초신경기능 및 골격근의 Echogenicity 분석

윤 세 원

(동신대학교 대학원 물리치료학과)

황 태 연·김 용 남

(전남과학대학 물리치료과)

윤 희 중

(목포과학대학 물리치료과)

정 진 규

(정 가정의학과의원 물리치료실)

김 태 열

(동신대학교 물리치료학과)

## Analysis of Peripheral Nerve Function and Echogenicity of Skeletal Muscle in Type II Diabetic Patient's

Yoon Se-Won, P.T., Ph.D.

*(Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Dongshin University)*

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

*(Dept. of Physical Therapy, Chunnam Techno College)*

Yoon Hee-Jong, P.T., Ph.D.

*(Dept. of Physical Therapy, Mokpo Science college)*

Jeong Jin-Gyu, P.T., Ph.D.

*(Dept. of Physical Therapy, Jeong's FM Clinic)*

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

*(Dept. of Physical Therapy, Dongshin University)*

## ABSTRACT

This study aims to suggest clinical basis of physical therapy of neuromuscular system complication in type II diabetic patients through a variety of analysis methods including echogenicity using ultrasound image and measurement of peripheral nerve function to their neuromuscular system and provide basic materials for preparing evaluation of physical therapy and intervention program. Subjects of this study were 75 type II diabetic patients between 40 and 80 years old and it obtained the following results through echogenicity and function of peripheral nerve.

Incidence of neuropathy in type II diabetes was 55.8% in men and 53.1% in women, and total incidence of neuropathy was 54.7%. Echogenicity of patients with neuropathy was significantly increased compared to that of patients with neuropathy. It was also found that there were correlations between function of peripheral nerve and echogenicity of tibialis anterior and gastrocnemius muscle. In addition, it will be important for physical therapists to divide type II diabetic patients into neuropathy and myopathy and interpret and approach changes of neuro-muscular system from comprehensive side.

**Key word :** Type II diabetes, Diabetic neuropathy, Ultrasound image, Nerve function

## 1. 서론

당뇨병(diabetes)은 가장 흔한 만성질환으로 인슐린의 절대적 혹은 상대적 결핍에 의해 초래되는 만성대사성 질환으로 세계보건기구(WHO)에서는 1985년 제1형 당뇨병(인슐린 의존형)과 제2형 당뇨병(인슐린 비의존형) 및 영양실조성 당뇨병으로 분류하였다. 근래에 우리나라에서도 당뇨병 발생율이 급격히 증가되고 있으며, 주요 사망원인 중의 하나가 되었다(허갑범, 1999; 통계청, 1999). 특히 최근 들어 제2형 당뇨병환자가 크게 증가하고 있

는데(Lee 등, 1984). 제2형 당뇨는 제1형 당뇨와 달리 인슐린의 표적 기관인 근육이나 간, 지방조직과 말초조직에서 인슐린의 저항성에 대한 반응력이 감소된 것에 기인되며(Hugoson 등, 1989), 연령별로는 40대 이후에 발병하고 진행속도가 느리며 임상증상이 뚜렷하지 않고 환경적 요인과 유전적 요인에 의해 영향을 받게 된다(Morris, 등1989).

당뇨병이 문제가 되는 이유 중에는 여러 가지 심각한 합병증과 연관되어지기 때문인데, 대표적인 합병증으로 당뇨병성 신경병증(Wolff 등, 1987), 망막병증(Rungby 등, 1992), 신장병증(Jain 등, 1989) 등이다. 당뇨병성 신경병증의 유병율에 대해서는 정확히 알려진 바

가 없지만, 당뇨 환자의 5%~60%까지 다양한 빈도로 발생하는 것으로 보고되었다(Dyck 등, 1998). 당뇨성 신경증은 신경계의 어느 부분에서도 유발될 수 있으며, 제2형 당뇨병에서는 모든 환자에서 유발되며, 제1형 당뇨병 환자에서는 유병기간이 5년 이상인 환자에서 나타난다(Dyck 등, 1993; Singleton 등, 2001). 일반적으로 당뇨병의 유병기간이 길수록 당뇨성 신경병증의 발생빈도는 증가하여 25년 후에는 50%의 환자에서 발생 하며(Pirat 등, 1978), 자각증상 없이 신경전도검사에서 이상을 보이는 경우를 포함하면 거의 100%의 당뇨환자에서 신경병증이 발생한다(Bruyn 등, 1970).

제1형 당뇨병의 경우 장기간 말초신경병증의 진행에 따른 근력저하가 족관절 및 슬관절 근육에 나타나며, 신경병증의 경중에 따라 근력저하 정도가 상관성을 가지는 것으로 나타났다(Andersen 등, 1996). 제2형 당뇨병의 경우에는 말초신경병증에 의한 근력저하 정도나 분포부위 등 임상적 양상에 대한 연구가 매우 미흡 하였으나, 최근 연구에 의하면 근력저하가 상지보다는 하지에 심하고, 특히 족부 내재근과 족관절 근육들의 변화가 큰 것으로 나타났다(Dyck 등, 1997; Andersen 등, 2004). 또한 당뇨로 인한 말초신경병증은 제1형 당뇨병에서는 말기에 출현하며, 제2형 당뇨병에서는 초기부터 나타나는 것으로 알려져 있다. 이로 인해 근약증이나 위축, 당뇨병성 근위축증 등이 진행되어 중증의 경우 족부변형, 균형조절력의 저하, 실조증과 같은 심각한 기능장애가 발생하기도 한다(Ann 등, 2005).

골격근에 대한 영상 구조적 측정방법으로

초음파를 이용한 디지털 영상분석 이 최근 관심을 끌고 있으며, 이를 이용하여 근육병증(myopathy)이나 신경병증(neuropathy)으로 인한 근육의 영상 구조적 변화를 정량적으로 평가하는 연구가 보고 되고 있다(Nielsen 등, 2000; Maurits 등, 2003; Maurits 등, 2004; 정진규, 2005). 초음파 영상장치는 촬영이 간편하고 저렴하며, 해상도가 좋고, 동적영상 획득이 가능하기 때문에 이를 이용하여 골격근의 위축 및 약증, 근 역학적 분석 연구를 위해 thickness, CSA(cross sectional area), pinnation angle, 혈류량 등을 측정 분석한다(Ledoux 등, 2001; Reid 등, 2003).

Heckmatt 등(1980, 1982)과 van der Hoeven(2003)은 초음파영상을 이용한 연구에서 소아나 성인에 있어서 근육 내 병적 진행 상태를 평가 하였으며, Jesen 등(1998)은 정량적 초음파 검사를 통해 건강한 근육과 질환이 있는 근육간의 구조적 형태의 차이를 발견할 수 있는 유용한 임상검사방법이라고 하였다. 초음파는 여러 조직의 다양한 반향에 의해 근조직은 어두운 반면에 결합조직은 초음파 영상에서 밝게 보인다. 정상근육은 선명하고 밝은 선과 함께 어둡게 보이는 반면 병이 있는 근육은 구조에서 좀 더 산만하게 보이며 밝게 보인다(Nielsen 등, 2000). 이러한 초음파의 특징을 바탕으로 Pernille 등(2000)은 초음파 반사 경향은 근육의 능력 또는 질과 관련이 있다고 하였으며, 근육 구성에 대한 정보를 반사 경향을 통해 얻을 수 있다고 하였다. Maurits 등(2003)은 이러한 특징을 바탕으로 디지털 영상분석 기법을 통해 근육병증 환자와 신경병증 환자를 구분하는데 필요한 기준을 제공하였고, 정상 성인에 있어 연

령별 구조적 특성과 근육병증 환자와 신경병증 환자 간의 구조적 특성을 비교하여 차이점을 발견하였다. 일반적으로 근육병증을 가진 근육은 전체적으로 증가된 echogenicity를 보이는 반면 신경병을 가진 근육은 inhomogeneity의 증가를 보인다고 하였다 (Lamminen, 1991; Zuberi 등, 1999).

당뇨병에 의한 신경근계의 합병증은 물리치료학 관점에서 환자에게 감각 및 운동조절 능력을 저하시켜 전도 및 낙상에 의한 골절, 연부조직 손상 등의 위험을 초래하고, 관절 및 주변조직의 퇴행을 가속시켜 다양한 이차적 장애를 유발시킬 수 있기 때문에 매우 중요한 대상 질환이 될 수 있다(Kelsey 등, 1992; Tuominen 등, 1999; Ann 등, 2005). 따라서 최근 발생율이 점차 증가하고 있는 제2형 당뇨병 환자의 신경근의 변화를 초음파 영상을 통한 echogenicity, 말초신경기능 측정 등을 통해 분석하여 제2형 당뇨병 환자의 신경근계(neuromuscular system) 합병증에 대한 물리치료의 필요성의 근거 제시와 물리치료 평가 및 중재에 활용하기 위한 자료를 제시하고자 한다. 그러나 이 연구는 환자를 대상으로 하는 임상실험이기 때문에 대상자의 선정에 있어 여러 가지 제한점이 있었으며, 연구결과를 일반화 하여 해석하기에는 어려움이 있다.

## II. 대상자 및 연구방법

### 1. 대상자

본 연구는 40대에서 80대의 제2형 당뇨병 환자 중 공복혈당이 140 mg/dl 이상, 식후 2시간 혈당이 160 mg/dl 이상인 75명을 대상으로 하였다. 본 실험에 참여하기 전 대상자에게 본 연구의 목적과 방법에 대하여 충분한 설명을 한 후 동의를 얻었다.

### 2. 연구방법

본 연구에서는 대상자들의 비복근(gastrocnemius)과 전경골근(tibialis anterior)의 초음파 영상을 획득하였으며, 비골신경과 경골신경의 정량적 감각검사 및 운동신경전도속도를 측정하였다.

#### 1) 초음파 측정

골격근의 디지털 영상분석을 위한 초음파 영상 수집은 진단용 초음파 영상장치(Aloka Co., Ltd., SSD-1700 Japan, )를 사용하였다. 이 장치의 주파수 변조 범위는 3.5~7.5 Mhz이고 gain의 범위는 20~90이다. 초음파 영상측정에 사용된 초음파 변환기는 7.5 Mhz 선형탐촉자(linear probe)이며, gain(G75)과 dynamic range(C04)는 고정된 값으로 모든 검사에서 동일하게 적용 하였다. 측정은 바로 누운 자세에서 비복근은 슬와 주름 하방 10 cm, 전경골근은 경골조면 하방 5 cm에서 측정하였다. 측정부위를 정확히 유지하기 위하여 수술용 펜으로 표시 한 후 시행 하였다.

초음파 영상장치로 획득한 영상을 분석을 하기 위하여 포토샷 4.5(Adobe, USA)를 이용하였으며, 영상을 디지털화 시킨 후 영상 프로그램으로 옮겨 근막이나 근건 이행부가 포함되지 않도록 주의하여 분석하고자 하는 비복근, 전경골근의 일부분을 사각형 모양으로 추출하였다(Maurits 등, 2003). 디지털 영상 분석을 위해 Image-Pro Plus 4.5(Media Cybernetics, USA)를 사용하였다.

Echogenicity를 측정하기 위해 명암도 분석을 이용하여 분석하였는데, 근육의 echogenicity를 정량화 하기위해 선택된 부분의 평균화소 값을 구하여 밀도(density)로 정하였다. 선택된 화소가 순수한 검정색이면 추출된 부분의 grey scale의 평균값이 0이 되고, 순수한 흰색이면 평균값이 255가 된다.

## 2) 신경기능검사

### (1) 정량적 감각검사

표재성 촉각의 측정은 von Frey monofilament(North Coast Medical Inc., Touch-Test Sensory Evaluator System, USA)를 사용하였으며, 각 monofilament의 압력은 1.65~6.65 g으로 20 등급의 간격을 가지고 있다. 표재성 촉각의 측정은 양측 족부의 배측면의 천비골신경과 족부 외측면의 비복신경 감각분포 영역에서 실시하였다. 측정방법은 von Frey monofilament의 끝을 측정부위에 가볍게 접촉시킬 때 감각 유·무를 “예-아니오”로 질문하여 80% 이상의 “예” 반응이 나타나는 monofilament의 압력 단위를 감각 역치로 결정하였다(Mueller, 1996).

### (2) 운동신경전도 검사

신경전도속도를 측정하기 위하여 진단 근전도기(Cadwell, Sierra II, USA)를 사용하였다. 운동신경전도속도의 측정조건은 민감도(gain)가 5,000  $\mu V/division$ , 소인속도(sweep speed)가 2.0 ms/division이었다. 활동전위의 기록은 일회용 근전도 전극을 사용하였다.

측정방법으로 비골신경의 측정에서 기록전극은 활성전극을 단지신근(extensor digitorum brevis)의 근복에, 참고전극을 원위부 건 부착에 배치한 후 전기자극은 족관절 상부와 비골두 부위에서 자극하였다. 후경골신경의 기록전극은 활성전극을 단무지굴근(flexor hallucis brevis)의 근복에, 참고전극을 건 부착부에 배치한 후 족관절 내측의 내과상부와 슬와주름 부위의 후경골신경 주행부위에서 전기자극 하였다(Mynark and Koceja, 2002).

전기자극은 최대자극수준(supra-maximal stimulation level)으로 복합운동 활동전위가 최대 진폭에 도달할 때까지 실시하였다. 전기자극으로 얻은 활동전위의 진폭은 기저선(baseline)과 음 위상 정점(negative phase peak) 사이의 크기를 측정하였으며, 원위 잠복시는 최초 음 편향되는 지점까지 시간을 측정하였다. 측정은 세 번 반복하여 중간 값을 선택하였다. 전도속도는 전기자극을 한 원위부와 근위부의 거리를 측정하여 산출하였다.

## 3. 자료 분석

모든 통계는 윈도우즈용 SPSS 10.0 프로그램을 이용하였으며, 신경병증 유·무에 따른

말초신경기능 및 echogenicity 비교는 Mann-Whitney 검정, 말초신경기능과 echogenicity의 상관관계는 Pearson's correlation을 이용하여 분석하였다. 통계학적 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 정하였다.

여자는  $60.87 \pm 11.04$ , 남자 체중은  $69.05 \pm 8.83$ , 여자는  $57.84 \pm 7.48$ 이었다. 당뇨 유병기간은 남자가  $9.09 \pm 5.58$ 년, 여자가  $6.00 \pm 3.78$ 년으로 남자가 더 길었으며, 합병증으로 당뇨병성 망막증과 신장병증의 발생빈도는 비교적 낮았으나, 신경병증, 고혈압은 50%이상으로 매우 높았다.

### III. 결 과

#### 1. 대상자의 특성

대상자의 일반적 특성을 분석한 결과는 다음과 같다. 남자의 평균연령은  $58.9 \pm 35.78$ 세,

#### 2. 신경병증 발생빈도

신경병증 발생빈도는 남성이 24명(55.8%), 여성이 17명(53.1%)으로 남성에서 높았으며, 전체 발생빈도는 41명(54.7%)으로 높게 나타났다(Table 1).

Table 1. The results of incidence in neuropathy.

	Men	Women	Total
incidence	24(55.8%)	17(53.1%)	41(54.7%)

#### 3. 신경병증 유·무에 따른 말초신경기능 평가

신경병증 유·무에 따른 운동신경전도속도는 남성 비골신경( $p<.001$ ), 후경골신경( $p<.05$ ),

여성 비골신경( $p<.001$ )과 후경골신경( $p<.001$ )에서 유의한 차이를 나타냈다. 정량적 감각검사에 비복신경이 남·녀 모두에서 유의한 차이를 나타냈다( $p<.05$ )(Table 2).

**Table 2.** The results of peripheral nerve function evaluation in diabetic group with neuropathy and non-neuropathy.

	Men		Women	
	Neuropathy	Non-neuropathy	Neuropathy	Non-neuropathy
Motor NCV(M/S)				
Peroneal nerve	36.49(3.33)	43.33(2.32) <sup>***</sup>	35.22(2.55)	43.23(1.47) <sup>***</sup>
Tibial nerve	42.72(4.95)	45.45(4.71) <sup>*</sup>	39.64(2.62)	48.09(3.74) <sup>***</sup>
QST(score)				
Sural nerve	2.90(.77)	3.41(.63) <sup>*</sup>	2.72(.53)	3.08(.47) <sup>*</sup>
Peroneal nerve	2.85(.64)	2.87(.58)	2.64(.26)	2.82(.30)

All value are showed mean(±SD).

<sup>\*</sup>P<.05 :<sup>\*\*\*</sup>P<.001

MNCV: motor nerve conduction velocity

QST: quantitative sensory test

#### 4. 신경병증 유·무에 따른 echogenicity 비교

성별에 따른 신경병증 환자와 신경병증이 아닌 환자의 전경골근, 비복근의 echogenicity는 남·녀 모두 신경병증이 높게 나타났다(Table 3). 먼저 비복근(p<.05)은 모두 여성에서 유의한 차이를 나타내었으며, 전경골근은 유의한 차이가 없었으나 남성에서 신경병증

환자의 echogenicity가 현저히 높은 것으로 나타났다(Figure 1).

신경병증 유·무에 따른 남·녀 echogenicity 비교에서 모든 근육에서 여성이 높게 나타났다(Table 3). 신경병증 환자는 비복근(p<.001)이 유의한 차이를 나타냈으며, 신경병증이 없는 환자는 전경골근에서 유의한 차이가 있었다(p<.05)(Figure 2).

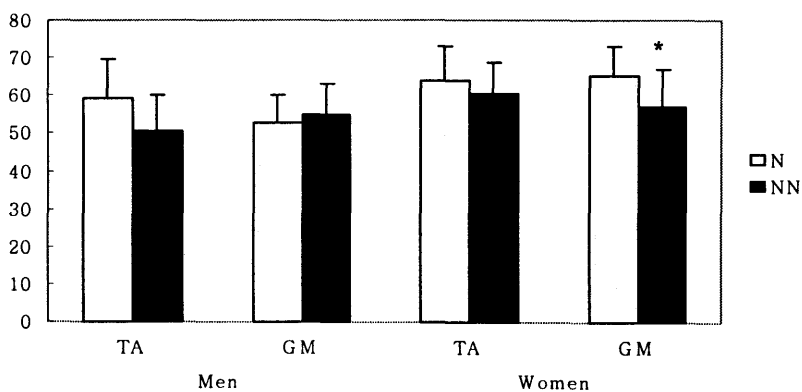
**Table 3.** The results of echogenicity in diabetic group with neuropathy and non-neuropathy.

	Men		Women	
	Neuropathy	Non-neuropathy	Neuropathy	Non-neuropathy
TA	59.42(10.02)	50.71(9.21)	63.93(9.07)	60.65(8.12)
GM	52.79(7.43)	54.78(8.20)	65.22(7.93)	57.26(9.96)

All value are showed mean±SD.

TA: tibialis anterior muscle

GM: gastrocnemius muscle



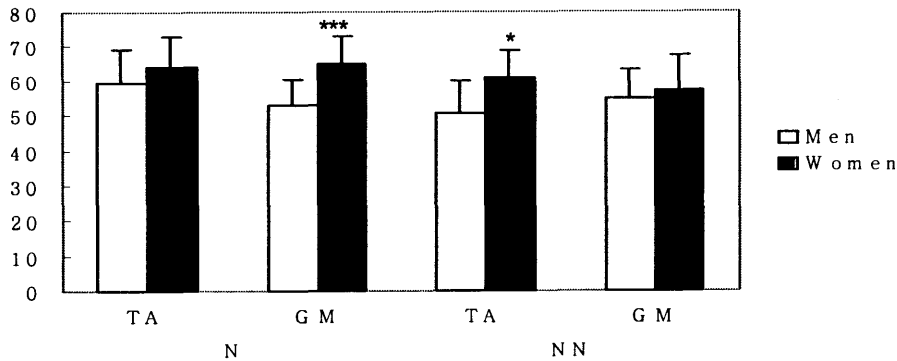
**Figure 1.** Comparison between neuropathy and non-neuropathy in echogenicity with men and women.

\* $p < 0.05$

N: neuropathy

NN: non-neuropathy





**Figure 2.** Comparison of echogenicity between men and women in neuropathy and non-neuropathy.

\* $p < .05$  ; \*\*\* $p < .001$

N: neuropathy

NN: non-neuropathy

### 5. 말초신경기능과 Echogenicity 간의 상관관계

Echogenicity와 말초신경기능 간의 상관관계를 분석한 결과는 다음과 같다(Table 4). 운동신경인 비골신경( $r = -.420$ ,  $p < .01$ ), 후경골신경( $r = -.342$ ,  $p < .01$ )은 전경골근 echogenicity

와 음의 상관관계를 나타내었다. 비골신경과 비복근( $r = -.264$ ,  $p < .05$ )은 음의 상관관계를 나타내었다. 감각신경인 비복신경과 비복근( $r = -.236$ ,  $p < .05$ )은 음의 상관관계를 나타내었으며, 천비골신경과 비복근( $r = -.346$ ,  $p < .01$ )과는 음의 상관관계를 나타내었다.

**Table 4.** The results of correlation between peripheral nerve function and echogenicity.

	TA	GM
Peroneal nerve(motor)	-.420**	-.262*
Tibial nerve(motor)	-.342**	-.139
Sural nerve(sensory)	-.214	-.236*
Peroneal nerve(sensory)	-.072	-.346**

\* $p < .05$  ; \*\* $p < .01$

TA: tibialis anterior muscle

GM: gastrocnemius muscle

## Ⅳ. 고 찰

제2형 당뇨병 환자의 신경병증의 발생빈도는 남성이 55.8%, 여성이 53.1%였으며, 전체 발생빈도는 54.7%로 높게 나타나 말초신경병증이 당뇨병 환자의 주요 합병증 중에 하나로 나타났다. 당뇨병성 신경병증의 발생빈도나 유병률은 잘 알려져 있지 않으나 Pirat(1978)는 4,400명의 환자 중 처음 당뇨병 진단 시 약 8%, 25년 후에는 50% 이상에서 말초신경병증이 발견된다고 하여 당뇨병의 이환기간이 길수록 말초신경병증의 유병률이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 국내 보고에서는 서대일 등(1983)의 연구에서는 1년 미만에서는 9.3%, 5년 이하에서는 15.4%, 10년 이하에서는 30.2%, 10년 이상에서는 61.9%로 이환기간이 길어질수록 유병률이 증가함을 보고하여 본 연구와 비슷한 결과를 나타내었다.

신경병증 유·무에 따른 비교는 운동신경 전도속도 검사에서 후경골신경의 전도속도는 거의 정상범위였으나, 비골신경은 전도속도의 지연이 나타났다. 신경병증 유·무에 따른 echogenicity 비교에서 전경골근과 비복근이 남·녀 모두 신경병증을 가진 환자들이 높게 나타났으며, 남·녀 비교에서는 모든 근육에서 여성이 높게 나타났다. Maurits 등(2003)은 초음파 영상분석을 통한 신경병증과 근육병증 환자의 echogenicity 비교에서 신경병증에서 낮아진다고 보고하여 차이가 있었는데, 이는 당뇨병성 신경증은 외상 등에 의한 급성 신경병증에 비하여 병의 진행이 경미하게 천천히 일어나기 때문에 신경전도의 차단이나 흥분성의 상실 등과 같은 중증의 신경병증보다

는 감각장애 및 통증을 동반하는 감각신경병증인 경우가 대부분이다(Ann 등, 2005). 따라서 이 연구에서는 당뇨병의 운동신경전도속도가 정상수준보다 약간 지연되는 수준의 경미한 신경병증이 대부분이어서 대상근육에 큰 영향을 주지 않은 것으로 해석되며, echogenicity가 증가한 것은 당뇨로 인한 근 대사장애가 더 크게 작용하였기 때문인 것으로 생각된다. 이는 당뇨에 의한 근 위축이나 퇴행에 대하여 혈관손상과 함께 신경손상도 진행되어 운동 및 감각장애를 일으킨다고 한 Thomas와 Tomlinson(1992)의 보고와, 근력약화와 함께 근위축이 나타난다는 Dolman(1963)의 보고로 설명되어 진다. 또한 Echogenicity와 말초신경기능 간의 상관관계에서 운동신경인 비골신경과 후 경골신경이 상관성을 나타냈으며, 감각신경인 비복신경 및 천비골신경과도 높은 상관성이 있어 당뇨병 환자들의 대사장애가 특정 조직에만 변화를 가져오는 것이 아니라 정도의 차이는 있지만 신경-근이 서로 연계성을 가지고 변한다는 사실을 알 수 있었다.

이상에서 제2형 당뇨에 의해 말초신경변성이 진행되고 활동력 저하로 골격근 사용이 감소되어 근 섬유가 위축 및 퇴행화 되며, 근 조직이 지방이나 다른 결합조직으로 전환되어 병적인 상태로 진행되면 초음파의 반사강도를 높여 echogenicity를 증가시키는 것으로 나타났다. 특히 제2형 당뇨병 환자에서는 하지에서 신경병증이나 근경색증이 호발하며, 이로 인한 운동제한이 골밀도를 저하시켜 여러 가지 이차적 신경-근-골격계 병변(neuromusculo-skeletal lesion)을 만들어 낼 수 있다. 그러므로 당뇨병자들에게 정기적인 말초

신경기능 및 골격근 평가를 통해 초기 당뇨병환자들에게는 신경-근-골격계의 합병증을 예방하게 하며, 합병증이 이미 발생한 환자들에게는 추가 손상을 방지하는 방법과 합병증을 최대한 개선시킬 수 있는 중재 프로그램이 필요하다.

## V. 결론

이 연구는 제 2형 당뇨병에 의한 신경근계 합병증의 예방과 개선을 위한 물리치료의 필요성에 대한 임상적 근거와 물리치료 평가 및 중재 프로그램을 마련하기 위한 자료를 제공하고자 제2형 당뇨병으로 치료 중인 40대에서 80대의 당뇨병환자 75명을 대상으로 초음파영상 분석을 통한 echogenicity와 신경전도속도 및 정량적 감각검사 등을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다. 당뇨병의 신경병증의 발생빈도는 남성이 55.8%, 여성이 53.1%이었으며, 전체 발생빈도는 54.7%로 매우 높게 나타났다. 신경병증 환자의 echogenicity가 유의하게 증가되었으며, echogenicity와 운동신경 및 감각신경 상관관계도 높게 나타났다.

따라서 제2형 당뇨병환자에 대한 정기적인 말초신경기능 및 골격근 평가를 통해 신경근계의 합병증의 예방과 개선, 이로 인한 추가 손상을 방지하는 방법에 대한 중재 프로그램이 필요하며, 당뇨병환자의 신경병증과 근육병증은 단순하게 각각의 질병으로 이해하여 접근하는 방식보다는 신경-근-골격계의 변화를 포괄적인 시각에서 평가하고 물리치료를 적용해야 할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- 서대일, 이동훈, 고승석 등 : 당뇨병의 임상적 고찰. 대한내과학회잡지. 6;498-506, 1983.
- 정진규 : 초음파 영상 및 표면 근전도 분석을 이용한 정상 골격근의 정량적 평가. 동신대학교 박사학위논문. 2005.
- 허갑범 : 당뇨병의 예방과 치료. 신촌세브란스 병원 당뇨병 센터. 1999.
- 통계청 : 사망원인 통계연보. 통계청, 서울. 1999.
- Andearssen S., Arendt-Nilsen : Muscle fiber conduction velocity in motor units of human anterior tibial muscle. J. Physiol. 39;561-571, 1987.
- Ann M., David E., James M. : Evaluation and prevention of diabetic neuropathy. American Academy of Family Physicians. 71;2123-2130, 2005.
- Bruyn GW., Garland H. : Neuropathies of endocrine origin. Handbook of clinical neurology, Vol 8, Amsterdam : North-Hollo and Publishing Co. 929, 1970.
- Dolman CL. : The morbid anatomy of diabetic neuropathy. Neurology. 13;135-142, 1963.
- Dyck PJ. : Detection, characterization, and staging of polyneuropathy : assessed in diabetes. Muscle & Nerve. 11;21-32, 1998.
- Dyck PJ., Thomas PK. : Peripheral neuropathy, 2nd ed, Philadelphia. 1291-1296, 1993.
- Heckmatt JZ., Leeman S., Dubowitz V. :

- Ultrasound imaging in the diagnosis of muscle disease. *J. pediatric.* 101;656-660, 1982.
- Heckmatt JZ., Dubowitz V., Leeman S. : Detection of pathological change in dystrophic muscle with B-scan ultrasound imaging. *Lancet.* 1;1389-1390, 1980.
- Hugoson A., Thorstensson H., Falk H. et al. : Periodontal conditions in insulin-dependent diabetics. *J. Clin Periodontol.* 16;215-223, 1989.
- Jain SK. : "Hyperglycemia can cause membrane lipid peroxidation and osmotic fragility in human red blood cells". *J. Biol Chem.* 264;2134-2135, 1989.
- Jesen BR., Bakke M. : Prolonged work with shoulder muscles and other small muscle groups: Use, function, and pain. In *advances in occupational medicine & rehabilitation. Activities of the upper limbs: Aspects of occupational medicine and rehabilitation. Muscle atrophy: Disuse and disease eds.,* 149-161, 1998.
- Kelsey JL, Browner WS, Seeley DG et al. : Risk factors for fractures of distal forearm and proximal humerus. The Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Am J Epidemiol.* 135;477-489, 1992.
- Lamminen A. : Low field magnetic resonance imaging and ultrasonography in muscle disease. *Acta. Radiol.* 377(suppl);42-45, 1991.
- Lee KW., Shon BH., Kang SK. et al. : Epidemiological study for diabetes in 1821 Koreans. *Diabetes.* 8;5-14, 1984.
- Maurits NM., Beenakker EAC., van Schaik DEC. : Muscle ultrasound in children. *Ultrasound in Med & Biol.* 30;1017-1027, 2004.
- Maurits NM., Bollen AE., Windhausen A. : Muscle ultrasound analysis: Normal values and differentiation between myopathies and neuropathies. *Ultrasound in Med. & Biol.* 29;215-225, 2003.
- Morris RD., Rimm DL., Hartz AJ. et al. : Obesity and heredity in the etiology of non-insulin-dependent diabetes mellitus in 21, 662 adult white women. *American Journal of Epidemiology.* 130;112-121, 1989.
- Mueller MJ. : Identifying patients with diabetes mellitus who are at risk for lower extremity complication: use of Semmes-Weinstein monofilaments. *Phys Ther.* 76;68-71, 1996.
- Mynark RG., Kocejka DM. : Down training of the elderly soleus H reflex with the use of a spinally induced balance perturbation. *J. Appl. Physiol.,* 93;127-133, 2002.
- Nielsen PK., Jasen BR., Darvann T. : Quantitative ultrasound tissue characterization in shoulder and thigh muscles. *Clin Biomech.* 15;S13-S16, 2000
- Pernille KN., Bente RJ., Tron D. et al. : Quantitative ultrasound image analysis of the supraspinatus muscle. *Clinical*

- Biomechanics. 15(1);S13-S16, 2000.
- Pirat J. : Diabetes mellitus and its degenerative complication: a prospective study of 4,400 patients observed between 1947 and 1973. *Diabetic care.* 1;168-188, 1978.
- Reid CM., Colin I., Johnstonm et al. : Diabetes and cardiovascular outcomes in elderly subjects treated with ace-inhibitors or diuretics: findings from the 2nd australian national blood pressure study. *American journal of hypertension.* 16(5);A11, 2003.
- Rungby J., Flyvbjerg A., Anersen HB. et al. : "Lipid peroxidation in early experimental diabetes in rat: Effects of diabetes and insulin", *Acta. Endocrinol.* 126;378, 1992.
- Singleton JR., Smith AG., Bromberg MB. : Increased prevalence of impaired glucose tolerance in patients with painful sensory neuropathy. *Diabetes Care.* 24;1229-31, 2001.
- Southard RN., Morris JD., Mahan JD. : Bone mass in healthy children: Measurement with quantitative DEXA. *Radiology.* 179;735-758, 1991.
- Thomas PK., Tomilinson DR. : Diabetic and hypogly-caemic neuropathy. In peripheral neuropathy. 3rd ed. Saundefs philadelphia. 1219-1250, 1992.
- Tuominen JT., Puuka P., Impivaara O. et al. : Bone mineral density in patients with type 1 and type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 22;1196-2000, 1999.
- Van der Hoeven JH. : Ultrasound examination of muscle. Adams Elsevier. 113-118, 2003.
- William R. Ledoux, Bruce E.H., Timothy Church et al. : Pennation angles of the intrinsic muscles of the foot. *J. of Biomechanics.* 34(3);399-403, 2001.
- Wolff SP., Dean RT. : "Glucose autooxidation and protein modification the potential role of autoxidative glycosylation in diabetes". *Biochem J.* 245;243-250, 1987.
- Zuberi SM., Matta N., Nawaz S. : Muscle ultrasound in the assessment of suspected neuromuscular disease in childhood. *Neuromuscular Disorders.* 9;203-207, 1999.