

정량적 측정 시스템을 이용한 족삼리와 6가지 모델의 침감 비교 연구*

한예지¹, 조수정², 손영남¹, 이수윤¹, 김갑성², 이승덕^{2,*}

¹동국대학교 한의과대학

²동국대학교 일산한방병원 침구의학과



[Abstract]

Comparative Study of Needle Sensations in ST₃₆ and 6 Models with Quantifying Measurement System*

Ye Ji Han¹, Su Jeong Jo², Young Nam Son¹, Soo Yoon Lee¹, Kap Sung Kim² and Seung Deok Lee^{2,*}

¹College of Oriental Medicine, Dongguk University

²Department of Acupuncture & Moxibustion Medicine, Dongguk University International Hospital

Objectives : In this study, we intended to make the foundation of the development of acupuncture tissue model as comparing the needle sensation of six kinds of tissue models and *Zusanli*(ST₃₆) with the needle force measurement system.

Methods : When practitioners did twisting-rotating acupuncture needle manipulation after inserting the needle into six kinds of tissue models, they quantified the similarity sense to the sensation of *Zusanli*(ST₃₆) with the NRS (Numeric Rating scale).

As needle force measurement system did twisting-rotating Acupuncture needle manipulation after inserting needle into *Zusanli*(ST₃₆) of human and six kinds of tissue models, it can calculate the coefficient of viscosity by measuring the torsion friction.

We compare the NRS of practitioners' needle sensation to the coefficient of viscosity of needle force measurement systems.

Result : As practitioners' NRS assessment to quantify needle sensation, apple and cucumber showed 70% similarity to *Zusanli*(ST₃₆). As needle force measurement system's coefficient of viscosity, apple and cucumber's coefficient of viscosity were similar to *Zusanli*(ST₃₆)s.

Conclusions : In this study, We compared the practitioners' needle sensation of *Zusanli*(ST₃₆) and six kinds of tissue models with needle force measurement system that can quantify the needle sensation. As the result, we concluded that practitioners' needle sensation is similar to measured needle sensation. It seems that the acupuncture practice model implementing the needle sensation to specific acupuncture points can be built based on the system in this study.

Key words :

Acupuncture practice;
 Manipulation;
 Needle force;
 Needle sensation;
 Tissue model

Received : 2013. 11. 07.

Revised : 2013. 11. 29.

Accepted : 2013. 12. 03.

On-line : 2013. 12. 20.

※ This study was supported by a grant of the Traditional Korean Medicine R&D Project, Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea(B110069)

※ This study was supported by the "2013 KIOM Undergraduate Research Program" funded by Korea Institute of Oriental Medicine(C13080)

* Corresponding author : Department of Acupuncture & Moxibustion Medicine, Dongguk University International Hospital, 814, Siksa-dong, Ilsandong-gu, Goyang-si, Gyeonggi-do, 410-773, Republic of Korea

Tel: +82-31-961-9122 E-mail: chuckman@dongguk.edu

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

The Acupuncture is the Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Medicine Society. (<http://www.TheAcupuncture.or.kr>)
 Copyright © 2013 KAMMS, Korean Acupuncture & Moxibustion Medicine Society. All rights reserved.

I. 서 론

최근 의학의 발전으로 복잡한 의학적 수기술이 늘어남에 따라^{1,2)}, 서양의학에서는 촉각적인 피드백이 가능한 다양한 시뮬레이터를 개발하여 이러한 술기에 대한 교육 및 평가가 이루어지고 있다^{3,4)}.

그러나 현재 한의학 교육에서는 실습도구로 침구동인이 거의 유일하며⁵⁾, 이는 경혈을 객관적으로 인식할 수 있는 모형으로 진나라 때부터 침구 실습용과 의관 시험에서 사용된 것으로 추정되나, 경혈의 위치에 대한 정보만 제공할 뿐 자침실습 시 느껴지는 침감에 대한 촉각적인 피드백을 줄 수는 없다^{6,7)}.

침은 자극요법으로 자극의 양에 따라 다양한 효과를 나타내기 때문에^{8,9)}, 적절한 자극이 필요하다. 적절한 자극량으로 자극을 받았을 때 환자는酸麻重脹感을, 시술자는緊而不轉의 자침에 의한 감각을 느끼는데 이를 득기감 또는 침감이라고 한다¹⁰⁾. 득기감을 유발하기 위하여 시술자는 다양한 수기법을 사용하는데, 이러한 자침 수기법에는 기본 수기법, 보조 수기법 및 보사 수기법이 있다. 염전법과 제삼법은 기본 수기법과 보사 수기법에 모두 사용되는 다용하는 수기방법이다¹¹⁾.

이러한 기본 수기법을 통한 득기감의 획득은 적절한 자침 깊이와 자극 강도 등과 관련 있다^{10,12)}. 득기감의 획득 유무는 치료효과에 영향을 미치므로^{10,13-15)}, 객관적인 침 치료 효과를 얻기 위해서는 침 시술 시 표준화된 적절한 자극량이 시술되어야 하나, 현재까지는 임상에서 침의 자극량 조절은 시술자의 개인적 경험에 의존하는 경우가 많아 시술자마다 각기 다른 치료 효과를 나타내고 있다²⁾.

그러므로 적절한 자극을 얻기 위하여 표준화된 침감 교육이 필요하며, 그 교학 도구로 인체 조직과 유사한 자침실습모형이 필요하다. 시술자가 인체와 유사한 실습용구로 자침실습을 시행하면 정상 조직과 병변 조직의 감각 차이를 쉽게 판별해 낼 수 있고, 이러한 침감을 바탕으로 한 자침실습은 곧 치료효과를 예측하거나 제고시키는 데 필수적이라 할 수 있다^{16,17)}. 또한 침감에 대한 학습은 표준화된 침 시술을 가능하게 하여 시술자에 따른 득기의 차이와 이로 인한 치료 효과의 차이를 줄일 수 있다⁵⁾.

최근 표준화된 치료 방법을 확보하기 위하여 한의학에서는 경혈 탐색기를 이용한 경혈 선정과 자침 방법 대한 임상 연구 등이 이루어져 왔다^{13,18)}. 하지만 표준화된 침감을 학습할 수기법 실습 도구에 대한 개발은 현재까지 이루어지지 않았다.

이에 본 연구팀은 침감 학습이 가능한 자침 모델을 개발

하기 위해 인체 족삼리의 자침실습을 대신할 조직모형을 선정하고자 주변에서 취득이 쉬운 모델 재료 6가지에 대하여 시술자가 느끼는 침감과 needle force 측정 시스템으로 정량 측정된 점성계수를 비교 분석하여 유의한 결과를 얻었기에 이를 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

조직모형군(tissue samples)으로 취득이 용이하고 재질이 균질한 6가지 재료로서 오이, 사과, 고구마, 당근, 햄(SPAM 클래식, USA), 곤약(주대림수산, Korea)을 선정하였다. 오이, 사과, 고구마 당근은 국산으로 매장 진열 후 3일 이내의 신선한 것으로 상온에서 보관하였고, 햄은 통조림을 개봉한 직후 바로 사용하였으며 한천은 4℃에서 냉장 보관하여 사용하였다.

자침 시 사용한 침은 stainless steel needle(gauge 40, diameter 0.40 mm, Dongbang Healthcare Products, Seoul, Korea)을 사용하였다.

2. Needle force 측정 시스템의 구성

Needle force 측정 시스템은 크게 자침장치, 제어장치, 입력장치 총 3가지 시스템으로 구성되, 이중 자침 장치는 침의 회전과 직선운동을 구동하고, 이를 제어장치가 측정 및 제어하여 컴퓨터로 입력된다(Fig. 1). 모터는 제어장치와 연결되어 전원을 공급받고 컴퓨터 software로 입력된 위치정보를 받고, 센서의 경우 sensor amplifier와 연결되어 측정된 data가 컴퓨터로 전달된다.

자침 장치는 회전 운동을 담당하는 모터와 회전운동을 측정하기 위한 6축 센서로 구성되어 있는데, 6축 센서로는 6-axis F/T sensor(Nano-17, ATI Industrial Automation, Garner, NC, USA)를 사용하였다. 6축 센서는 힘(force)과 토크(torque)를 6축($F_x \cdot F_y \cdot F_z \cdot T_x \cdot T_y \cdot T_z$)에 따라 측정하는 장치이며, 이 중 회전운동은 torque Z축에서 측정한다(Fig. 2).

침의 회전 운동을 제어하기 위하여 MatLab® R2011b (version .13.0.564, MathWorks, Inc, Natick, Massachusetts, USA)와 Simulink®(version 7.8, MathWorks Inc, USA)를 Windows 8을 구현하는 Pentium PC에서 구동하였고,

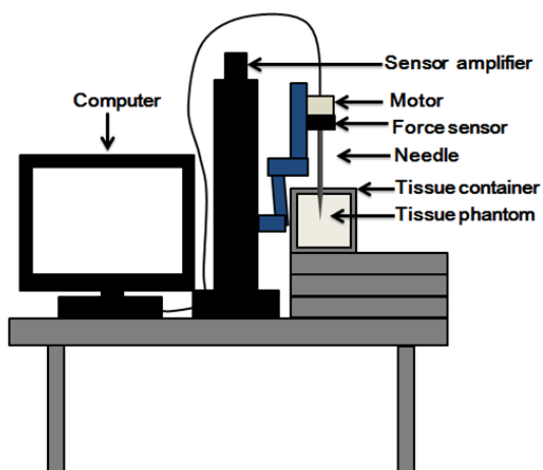


Fig. 1. Experimental setup for data collection under needle force measuring system

The tissue model is suspended in tissue container, and small holes on the container allow the needle to pass through.

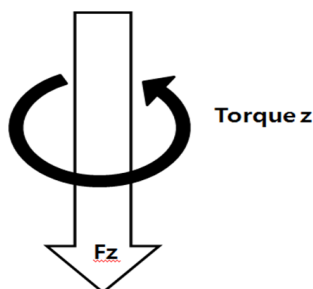


Fig. 2. Diagram of torque Z forces

Toque Z forces detected by motion and force sensors needle 'force' is the linear force acting on the needle parallel to its longitudinal axis; needle 'torque' is the rotational force(torque) acting on the needle to resist its rotation.

이를 통하여 침 움직임의 회전 각도, 회전 진동수(속도), 회전 방향을 설정하였다.

3. 실험방법

1) 시술자가 판단한 침감 평가

최소 10년 이상의 임상경험으로 족삼리의 득기감에 대한 충분한 인지가 있는 한의사 3인이 골도분촌법에 의거하여 시술자 본인의 우측 족삼리(*Zusanli*, ST₃₆)를 취혈 하여 2 cm 깊이로 자입 후 염전법을 시행하며 세밀한 득기감과 수기감을 명확히 숙지하였다. 이후 동일한 모양이며 내용

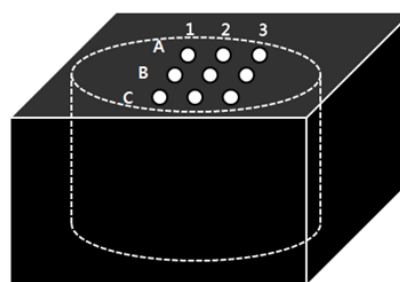


Fig. 3. Blind box

A · B · C : people, 1 · 2 · 3 : number of experiments.

물을 볼 수 없도록 차폐된 blind box에 들어 있는 6가지 조직모델군에 자침한다(Fig. 3). 시술자는 6가지 조직모델에 염전법을 시행하며 족삼리에 자침할 때 느껴지는 침감과 유사도를 측정하여 족삼리의 침감과 유사도가 가장 높으면 NRS 10으로, 가장 낮으면 NRS 0으로 표시하도록 하였으며, 동일 과정을 1인당 3회씩 반복하였다.

2) Needle force 측정 시스템의 침감 평가

회전 장치에 장착된 침을 인체의 족삼리와 6가지 조직모델에 2 cm 자입 한 후, 회전 각도는 90°, 회전속도는 0.125 Hz로 설정 후 회전 운동을 실시하였다. 각 조직모델군의 회전 운동 시 시간별 마찰력(T_z)을 측정한 후 각 조직별 시간에 따른 변화를 각 조직별로 10회씩 각각 다른 부위에 측정하였다. 관찰 항목은 시간에 따라 torque Z축이 받는 마찰력의 변화, 회전 각도 변화, torque Z축의 속도 변화를 관찰하였으며, 측정값은 실시간으로 기록하였다. 실험실 온도는 25±2 °C로 유지되었고, 측정 중 조직모델군의 움직임을 최소화하기 위해 견고한 container로 고정시켰다.

4. 분석

1) 데이터 분석

데이터분석은 MatLab® R2011b(version .13.0.564, MathWorks, Inc, Natick, Massachusetts, USA)을 사용하였고, 점성계수 산출을 위해 아래와 같이 Reed의 공식¹⁹⁾을 활용하였다.

$$T_z = \beta \times \theta \quad (\beta : \text{coefficient of viscosity, } \theta : \text{rotation angle})$$

각 회차별 회전각도 180°일때의 마찰력(T_z)을 구하여 족

삼리와 조직모델군 각각 10회의 점성계수를 산출한 후 평균값을 구하였다.

2) 자료 분석

자료 분석을 위한 통계프로그램은 STATA/SE(Stata/SE 9.2 for Windows, Stata Corp LP, College Station, TX, USA)를 이용하였다. Needle force 측정 시스템으로 측정된 실험결과는 mean ± standard deviation로 표시하였다. 그룹간 차이검증은 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 각각 Bonferroni로 사후 검증을 하였다. 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

III. 결 론

1. 시술자가 판단한 침감

시술자가 느낀 족삼리의 침감과 조직모델군의 침감 유사도를 NRS로 수치화한 결과 오이가 가장 높았으며, 다음으로 사과, 당근, 고구마, 햄, 한천 순으로 족삼리 침감과 유사한 침감을 나타내었다. 특히, 오이와 사과는 각 7.89와 6.89점을 나타내어 족삼리의 침감과 매우 높은 유사도를 보였으며, 한천은 1점, 햄은 2점을 나타내어 족삼리 침감과 낮은 유사도를 나타내었다(Table 1).

Table 1. NRS Value of Similarity between ST₃₆ and Tissue Model by Practitioners

Tissue model	Mean±SD	Minimum	Maximum
Agar gel	1.00±0	1	1
Ham	2.00±1	1	3
Sweet potato	3.89±1.27	2	6
Carrot	4.00±1.22	3	6
Cucumber	7.89±1.76	4	10
Apple	6.89±2.76	2	10

SD : standard deviation.

2. Needle force 측정 시스템으로 측정된 침감

1) 시간에 따른 마찰력(Tz)의 비교

시간에 따라 torque Z축이 받는 마찰력의 변화, 회전각도 변화, torque Z축의 속도 변화를 관찰하여 그래프로 나

타내었다(Fig. 4). 마찰력-시간 그래프에서 유사도를 비교한 결과, 동일 속도로 회전할 때, 햄과 한천은 족삼리보다 약한 마찰력을 나타내었고, 고구마와 당근은 족삼리보다 강한 마찰력을 나타내었으며, 6가지 조직모델 중 오이와 사과가 족삼리와 가장 유사한 마찰력을 나타내었다.

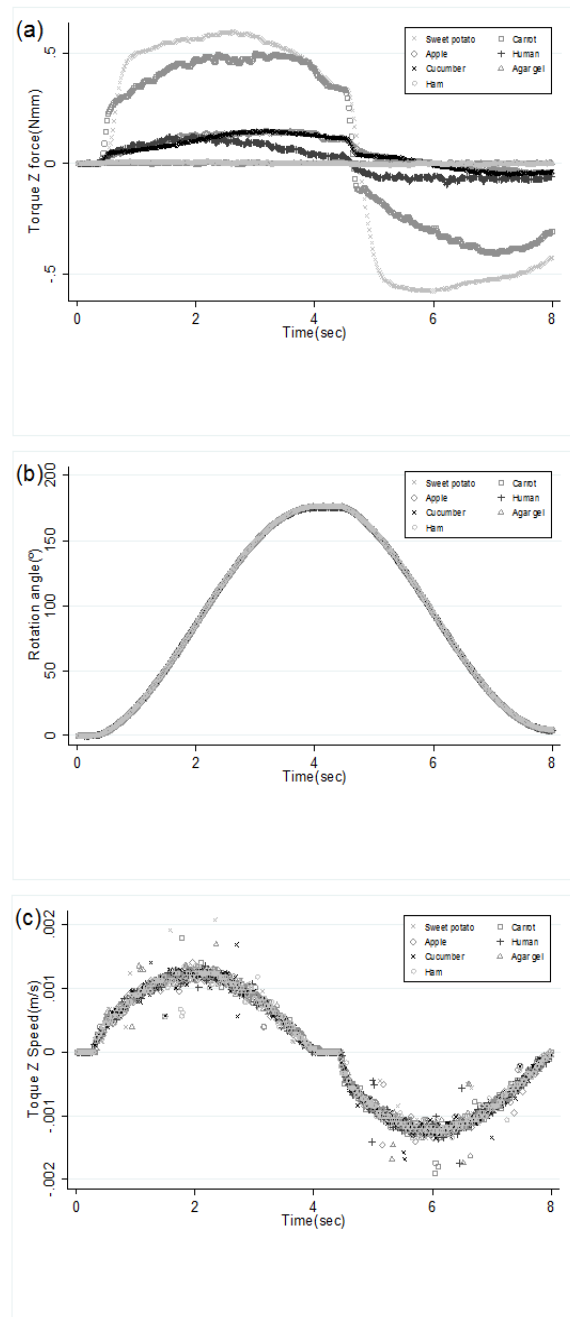


Fig. 4. Needle tissue model group-specific changes over time graph

- (a) Changes in torque Z axis friction,
- (b) Changes in the angle of rotation,
- (c) Changes in torque Z axis speed.

2) 각 조직별 점성계수의 비교

오이(0.00118931), 사과(0.00140605)의 점성 계수는 족삼리의 점성계수와 통계적으로 유의한 유사도를 나타내었다(Table 2, Fig. 5).

Table 2. Coefficient of Viscosity in Tissue Model Group

Tissue model	Mean±SD	Maximum	Minimum
Agar gel	-6.6±44.14	46.7	-76.9
Ham	76.14±17.97	106.4	42.4
Sweet potato	6282.77±367.34	6965.1	5813.2
Carrot	5191.04±293.31	5599	4738.4
Cucumber	1189.31±25.81	1226.9	1132.4
Apple	1406.05±85.96	1540.5	1297.2
Human(ST ₃₆)	1267.58±107.06	1455.2	1106.6

The number is coefficient of viscosity X 106.
SD : standard deviation.

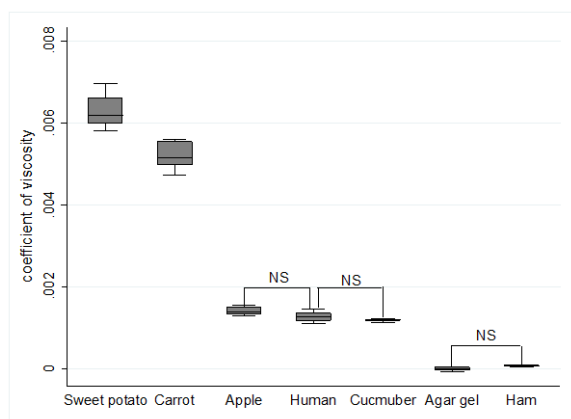


Fig. 5. Needle tissue model group-specific coefficient of viscosity

Data are presented as mean, $p < 0.05$ by Bartlett's test for equal variances after one-way ANOVA.

IV. 고 찰

임상에서 침 치료에 영향을 미치는 요소로는 질환의 특성, 혈위, 자극의 강도, 치료 시간, 횟수 등이 있으며, 이중 자극의 강도는 득기감의 획득 유무로 그 적절함을 알 수 있다. 득기감을 얻기 위하여 시술자는 수기법을 사용하는데, 수기법은 다양한 방법으로 자극의 강도를 달리 하여 다양한 치료 효과를 나타낼 수 있다²⁰. 그러므로 침 치료의 효

과를 높이기 위하여 득기감 획득이 필요하며^{10,13-15}, 이는 자침 교육에 있어 적절한 수기법, 즉 적절한 자극량의 교육이 필요함을 알 수 있다.

근래 서양의학에서는 학생들이 습득해야 할 수기술이 증가하는 것에 반하여^{1,2}, 직접 환자를 대상으로 한 임상실습이 점점 더 어려워지고 있어²¹, 객관구조화 진료시험(objective structured clinical examination, OSCE)이 의학교육의 평가와 방법으로서 발전하고 있다³. OSCE교육은 인체 모형을 이용한 시뮬레이션 교육으로 학생들이 복잡한 술기를 모형에 반복적으로 실습하여 숙련도를 향상시킬 수 있어 환자 안전 확보와 학생 실습 교육의 질 향상이라는 두 가지의 목표를 추구 하는 장점이 있기 때문에¹, 현재 다양한 모형으로 교육 및 평가가 이루어지고 있다^{3,4}.

그러나 한의학에서는 경혈을 교육에 쓰이는 침구동인이 있으나 경혈 위치에 대한 정보만 제공 할 뿐 촉각적인 피드백을 줄 수 없어서^{6,7}, 자침 연습을 위한 실습도구로 사용하기에는 부족하다. 또한 침의 자입을 위한 실습용 조직이 일부에서 이용되나 수기법에 따른 시술자의 득기감을 학습하는 용도로 제조되지 않았기 때문에 적절한 수기법의 교육을 위하여 인체조직과 유사한 자침실습모델이 필요하다. 이러한 학습은 표준화된 침 시술을 가능하게 하여 시술자에 따른 득기의 차이와 이로 인한 치료 효과의 차이를 줄일 수 있을 뿐만 아니라⁵, 정상 조직과 병변 조직에서의 감각의 차이를 쉽게 판별하여 치료 효과를 높일 수 있다^{16,17}.

이에 본 연구팀은 다빈도 혈자리인 족삼리의 자침실습을 대신할 조직모델을 선정하고자 주변에서 취득이 쉬운 모델 재료에 대하여 수기법 시술 시 시술자가 느끼는 침감과 needle force 측정 시스템으로 측정된 객관적인 수치를 비교 분석하고자 하였다.

기존 연구에서는 바늘-조직 간의 상호작용을 비교함에 탄성률과 파열의 역셈(the rupture toughness)²², 바늘 침부에서의 염전각에서 지연(the lag)²³, Theforce-positioncurves의 질적 유사성^{24,25}, mean peak axial force²⁶, forcepatterns(intime)²⁷, 점성계수¹⁹ 등으로 비교를 하였다. 본 연구에서는 수기법 시술 시 needle force 측정 시스템으로 산출 가능한 점성계수를 바늘-조직 간 상호작용의 비교기준으로 채택하여 연구를 진행하였다.

자침수기법에는 기본 수기법, 보조 수기법 및 보사 수기법이 있는데, 염전법과 제삽법은 기본 수기법과 보사 수기법에 모두 사용되는 가장 기본적인 수기방법이다¹¹. 이중 염전법은 시술자가 일정한 깊이만큼 자침한 후, 침을 회전 운동 시키는 것으로²⁸, 다양한 빈도와 각도로 그 자극량을 조절할 수 있는 방법²⁹이기 때문에 본 연구에서 바늘-조직 간의 점성계수를 산출하기 위하여 수기법 시술 시 깊이의

변화가 없는 염전법으로 연구를 진행하였다.

본 연구는 학생실습용 자침조직모델 연구로 후보군 설정에 있어서 학생들이 주변에서 구하기 쉽고, 보관이 편리하며, 경제적 부담이 적은 재료를 우선적으로 고려하였다. 고무나 실리콘과 같은 비 생물적 조직모델은 침이 자입되기 어려울 정도로 견고하여 배제하였다. 닭고기와 돼지고기 같은 동물 조직을 채택하는 것도 고려하였으나, 식물 조직에 비하여 상대적으로 장기간 보관이 어렵고, 부패로 인한 균질성 확보가 어려우며 이에 따른 오차 범위가 증가할 확률이 높고, 식물에 비해 경제적인 부담이 커 학생들의 실제 자침 실습에 활용할 유용성을 종합적으로 판단하여 배제하였다. 또한 기존 연구에서도 닭고기와 돼지고기를 실험했을 때 조직의 변형이 발생하여 *ex vivo tissue*는 제외하였기 때문에^{23,30)}, 본 연구에서는 주위에서 취득이 쉬우며 재질이 균질한 오이, 사과, 고구마, 당근, 햄, 한천을 조직모델군으로 선정하여 실험을 진행하였다.

시술자가 판단한 침감 평가의 경우 족삼리를 NRS 10이라고 봤을 때 6가지 조직모델 중 오이와 사과는 족삼리의 침감과 유사도가 매우 높는데 반해 한천과 햄은 등은 매우 낮은 유사도를 나타내었다. Needle force 측정 시스템으로 측정된 점성계수에서도 6가지 조직모델 중 오이와 사과가 족삼리의 점성계수와 통계적으로 유의한 유사도를 나타내었다. 이상의 결과 염전법을 시행했을 때 느끼는 시술자 침감과 needle force 측정 시스템에서 측정된 침감 모두에서 오이와 사과가 가장 족삼리의 침감과 유사한 것으로 나타났다.

본 연구에서는 인체 족삼리의 자침실습을 대신할 조직모델을 선정하고자 주변에서 취득이 쉬운 모델 재료 6가지에 대하여 시술자가 느끼는 침감과 needle force 측정 시스템으로 정량 측정된 점성계수를 비교 분석한 결과 시술자가 느끼는 침감과 실제 기계로 정량화한 침감이 유사하다는 것을 알 수 있었다.

이러한 시스템을 기반으로 향후 경혈별 침감을 구현하는 자침 실습 모델을 구축할 수 있을 것으로 예상된다. 본 실험에서는 동물조직모델을 배제하였기 때문에 조직 내 회전 운동 시 발생하는 근섬유의 꼬임은 실험 과정에서 판단할 수 없었다. 향후 동물 생체 경혈별 침감에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

족삼리와 조직모델 간의 침감 비교를 위해 두 가지 실험

을 시행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. NRS로 수치화한 시술자의 침감 평가 결과 사과, 당근, 오이, 고구마, 한천, 햄 중 사과와 오이가 족삼리와 가장 유사하였다.
2. Needle force 측정 시스템으로 정한 침-조직사이의 점성계수를 비교한 결과, 사과와 오이가 인체 족삼리와 가장 유사하였다.

이상의 결과는 needle force 측정 시스템의 센서와 시술자의 손끝으로 느낀 침감의 유사도 결과가 부합한다는 것을 나타내며, 향후 이 시스템을 활용한 추가적인 연구를 통해 경혈별 침감을 정량화한 자침조직모델 설정이 가능할 것이다.

VI. References

1. Suh EY. Development of a Conceptual Framework for Nursing Simulation Education Utilizing Human Patient Simulators and Standardized Patients. *J Korean Acad Soc Nurs Edu*, 2012 ; 18(2) : 206-19.
2. Wong V, Cheuk DK, Lee S, Chu V. Acupuncture for acute management and rehabilitation of traumatic brain injury. *Cochrane Database Syst Rev*, 2011 : Issue 5.
3. Park HK. Medical Education Using Standardized Patients. *Hanyang Medical Reviews*, 2012 ; 32(1) : 35-44.
4. Park HK, Kim DW, Kim DA, Choi HS, Kim KT. An OSCE assessment of fourth-year medical students as a comprehensive evaluation of medical skills before graduation. *Korean Journal of Medical Education*, 1998 ; 10(1) : 43-56.
5. Taylor CA, Green KE. OSCE Feedback: A Randomized Trial of Effectiveness, Cost-Effectiveness and Student Satisfaction. *Sci Res*, 2013 ; 4(6) : 9-14.
6. Son IC. Study on the Process of manufacture of Standard Acu-Figure. *The Acupuncture*, 2000 ; 17(1) : 13-25.
7. Son IC. The Reserch of Alternation and Development of Acu-Figure. *The Acupuncture*, 1998 ;

- 15(2) : 551-63.
8. Cabyoglu MT, Ergene N, Tan U. The mechanism of acupuncture and clinical applications. *Int J Neurosci*. 2006 ; 116(2) : 115-25.
 9. Napadow V, Kettner N, Liu J, Li M, Kwong KK, Vangel M et al. Hypothalamus and amygdala response to acupuncture stimuli in Carpal Tunnel Syndrome. *Pain*. 2007 ; 130(3) : 254-66.
 10. Hui KK, Sporko TN, Vangel MG, Li M, Fang J, Lao L. Perception of Deqi by Chinese and American acupuncturists: a pilot survey. *Chin Med*. 2011 ; 6(1) : 2.
 11. Mackereth PA, Maycock P. Needling Techniques for Acupuncturists: Basic Principles and Techniques. *Complement Ther Clin Pract*. 2012 ; 18(2) : 129.
 12. Kong J, Gollub R, Huang T et al. Acupuncture de qi, from qualitative history to quantitative measurement. *J Altern Complement Med*. 2007 ; 13(10) : 1059-70.
 13. MacPherson H, Asghar A. Acupuncture needle sensations associated with De Qi: a classification based on experts' ratings. *J Altern Complement Med*. 2006 ; 12(7) : 633-7.
 14. Mao JJ, Farrar JT, Armstrong K, Donahue A, Ngo J, Bowman MA. De qi: Chinese acupuncture patients' experiences and beliefs regarding acupuncture needling sensation—an exploratory survey. *Acupunct Med*. 2007 ; 25(4) : 158-65.
 15. Lin C, Yuan HW, Zhang P et al. Review of studies on De qi of acupuncture mainly in foreign countries. *Zhen Ci Yan Jiu*. 2013 ; 38(2) : 168-73.
 16. Li ZG, Wu MM, Liu CZ. Progress of researches on acupuncture manipulation and its quantification. *Zhen Ci Yan Jiu*. 2010 ; 35(1) : 78-81.
 17. Chaudhury RR, Rafei UM. Traditional medicine in Asia. New Delhi : World Health Organization. 2002 : 26-27.
 18. White A, Cummings M, Barlas P et al. Defining an adequate dose of acupuncture using a neuro-physiological approach—a narrative review of the literature. *Acupunct Med*. 2008 ; 26(2) : 111-20.
 19. Reed KB, Okamura AM, Cowan NJ. Modeling and control of needles with torsional friction. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2009 ; 56(12) : 2905-16.
 20. Ernst E. Acupuncture therapy for neurological diseases. *Focus Alternat Complement Ther*. 2010 ; 15(4) : 339.
 21. Bradley P. The history of simulation in medical education and possible future directions. *Med Educ*. 2006 ; 40(3) : 254-62.
 22. Misra S, Reed KB, Douglas AS, Ramesh KT, Okamura AM. Needle-Tissue Interaction Forces for Bevel-Tip Steerable Needles. *BioRob 2008*. 2nd IEEE RAS & EMBS International Conference on Oct 19-22 ; Scottsdale, USA : Biomedical Robotics and Biomechanics. 2008.
 23. Reed KB, Okamura AM, Cowan NJ. Controlling a Robotically Steered Needle in the Presence of Torsional Friction. *ICRA '09*. IEEE International Conference on 2009 May 12-17. Kobe, Japan : Robotics and Automation. 2009.
 24. Brett PN, Harrison AJ, Thomas TA. Schemes for the identification of tissue types and boundaries at the tool point for surgical needles. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*. 2000 ; 4(1) : 30-6.
 25. Brett PN, Parker TJ, Harrison AJ, Thomas TA, Carr A. Simulation of resistance forces acting on surgical needles. *Journal of Engineering in Medicine*. 1997 ; 211(4) : 335-47.
 26. Holton LL. Force models for needle insertion created from measured needle puncture data. In: Westwood JD, Hoffman HM, Mogel GT, Stredney D, Robb RA. *Medicine Meets Virtual Reality 2001*. Neherlands : IOS Press. 2001 : 180-6.
 27. Nakamachi E. Development of automatic operated blood sampling system for portable type Self-Monitoring Blood Glucose device. 2010 Annual International Conference of the IEEE. 2010 Aug 31-Sep 4 ; Buenos Aires, Argentina. *Engineering in Medicine and Biology Society(EMBC)*. 2010
 28. Langevin HM, Bouffard NA, Churchill DL, Badger GJ. Connective tissue fibroblast response to acupuncture: dose-dependent effect of bidirectional needle rotation. *J Altern Complement Med*. 2007 ; 13(3) : 355-60.
 29. Wang C, Xu J, Zhang T. Study on twirling reinforcing-reducing manipulation based on the parameter figure of the acupuncture manipulation

- apparatus. *Zhongguo Zhen Jiu*. 2009 ; 29(9) : 723-5.
30. Wedlick TR, Okamura AM. Characterization of robotic needle insertion and rotation in artificial and ex vivo tissues. 2012 4th IEEE RAS & EMBS International Conference on 2012 June 24-27 ; Rome, Italy. *Biomedical Robotics and Biomechatronics*, 2012.