침자 술기 실습 모델에서 침감의 정량적 특성에 관한 연구

이연선¹ · 김선혜² · 김은정² · 이승덕³ · 김경호¹ · 김갑성¹ · 정찬영⁴

¹동국대학교 일산한방병원 침구과, ²동국대학교 분당한방병원 침구과, ³동국대학교 한의과대학 침구과, ⁴동국대학교 한의과대학

A Study on the Quantitative Characteristics of Needle Force on the Acupuncture Practical Model

Yeon Sun Lee¹, Seon Hye Kim², Eun Jung Kim², Seung Deok Lee³,
Kyung Ho Kim¹, Kap Sung Kim¹, Chan Yung Jung⁴

¹Department of Acupuncture & Moxibustion, Dongguk University Ilsan Oriental Hospital,

²Department of Acupuncture & Moxibustion, Dongguk University Bundang Oriental Hospital,

³Department of Acupuncture & Moxibustion, College of Korean Medicine, Dongguk University,

⁴College of Korean Medicine, Dongguk University

Objectives : In this study, we quantitatively evaluated the needle forces using needle insertion-measurement system and compared the needle sensation of each acupuncture practical model. **Methods :** After inserting acupuncture with a sensor to six models, a lifting-thrusting motion was implemented using the needle insertion-measurement system. The needle force was measured repeatedly, and the measurement was analyzed based on the modified Karnopp friction model for a comparison of friction coefficients. After the insertion, practitioners did lifting-thrusting manipulations. They quantified the similarity of needle sensation with VAS (Visual Analogue Scale). **Results :** When friction force and coefficients of friction in five different models were compared with a porcine shank model, all five models were significantly different from a porcine shank model, cotton and apple showing the closest frictional values to that of a porcine shank model. In the Cp and Cn values of cotton and in the Cp values of IM injection pad, there was no statistically significant difference. The similarity of the needle sensation between the porcine shank and five models was the highest in the apple, and overlapping papers was the lowest. **Conclusions :** This study quantitatively compared the physical forces in the practical model when implementing lifting-thrusting manipulations, using a needle insertion-measurement system. We suggest that a reproducible exercise model that reflects the characteristics of various human tissues, such as viscoelasticity or strength, needs to be further developed. This will contribute to establishing standardized acupuncture practice training.

Key words : acupuncture practical model, quantifying measurement, needle force, needle sensation

서론

의학 계열에서의 적절한 술기 실습은 학습한 이론을 토대로 실

전에서의 실기 능력이 일정한 수준까지 도달할 수 있도록 한다. 임상으로 나가기 전 시행되는 실기 실습을 통해 보건의료계 학생들은 술기 능력 및 수행 자신감이 상승하게 되고, 학습 만족도 또한 높아

Received September 14, 2018, Revised September 20, 2018, Accepted September 20, 2018

Corresponding author: **Chan Yung Jung**

College of Korean Medicine, Dongguk University, 32 Dongguk-ro, Ilsandong-gu, Goyang 10326, Korea

Tel: +82-31-961-9124, Fax: +82-31-961-9003, E-mail: yyoung81@hanmail.net

This study was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. NRF-2015R1C1A2A01052843).

© This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

진다¹⁻³⁾. 특히 기초 실습이 부족한 경우 학생들의 불안감이 높다는 보고도 있어⁴⁾, 체계적이고 표준화된 의학 실습 교육이 강조되고 있다.

실제로 실기 실습의 중요성은 점차 확대되어 2009년부터 의과 대학의 국가고시에 실기 시험이 도입되었으며⁵⁾, 점차 의과대학 정규과정에서 실기 실습의 비중이 증가하고 있다³⁾. 교과과정에서 정규과정으로 표준화 환자 진료시험이 시작되었으며, 이는 1975년 Harden에 의해 처음 제시된 OSCE(objective structured clinical examination) 방법을 통해 평가된다⁶⁾.

OSCE 평가 방법은 객관구조화진료시험으로 인체 모형 등을 이용하는 등 다양한 조건에서 학생들이 시뮬레이션 교육을 통해 반복하여 술기 실습을 수행하여 숙련도를 증진시키는 목적의 평가 기법이며⁷⁾, 효과적으로 학생들의 학습 만족도 및 자신감을 향상시킨다는 보고가 있다⁸⁾. OSCE 평가 방법이 보편화됨에 따라 의과대학²⁾, 치과대학⁹⁾, 간호대학¹⁰⁾ 및 수의과대학¹¹⁾ 등에서 모형을 이용한 교육 및 평가가 진행되고 있으며, 신체와 유사한 다양한 모형을 개발하기 위한 연구가 진행되고 있다¹²⁾.

한의학대학에서도 적절한 실기 실습의 필요성이 점차 강조되고 있다. 특히 침 치료는 자극요법으로서 인체에 대한 적절한 자극량이 치료 효과와 밀접한 관계가 있다^{13,14)}. 시술자가 행하는 다양한 수기법을 통해 원하는 정도의 자극량을 조절할 수 있게 되며¹⁵⁾, 적절한 자극량은 시술자의 침감과 환자의 득기감으로 나타난다¹⁶⁾. 이에 침자 술기 실습이 더욱 중요시되며, 다양한 수기법을 포함한 침자 술기 실습의 적절한 수행을 위해서는 표준화된 실습 도구의 필요성이 강조된다.

현재 한의학대학에서 경혈 및 침구 교육에 쓰이는 침구동인은 경혈의 위치에 대한 학습은 가능하지만¹⁷⁾, 침자 술기 실습에 사용하기에는 적절하지 않다. 인체에 적용 전 술기 실습 교구로 침구학 교과서에서 綿球과 紙板이 제시되고 있으며¹⁸⁾, 이는 오래전부터 사

용되어 온 것으로 알려져 있으나 침자 술기 교육에 있어서 침의 자입 또는 수기법에 따른 시술자의 침감을 학습할 수 있는 실습 교구로의 적절성에 대한 평가는 부족하다.

적절한 수기법을 포함한 침자 술기 교육을 위해서는 인체 조직과 유사한 특성을 가진 자침 실습 모델이 필요하며, 특히 자침 시 침과 인체 조직 사이에서 발생하는 상호작용에 의한 침감을 학습하기에 적절한지에 대한 평가가 이루어져야 한다.

이에 본 연구는 침자 술기 실습 모형으로 기 제시된 모델이 적절한지 평가하고자 쉽게 주변에서 취득할 수 있는 모델 5가지를 대상으로 기본적인 수기방법인 제삽법의 시행 시 시술자가 느끼는 침감 및 needle insertion-measurement system(정량적 자침 측정 시스템)으로 측정한 마찰력, 마찰계수를 비교 연구하였다.

재료 및 방법

1. 재료

1) 紙板: 1칸 당 가로 11.2 cm, 세로 10.7 cm인 두루마리 휴지(깨끗한나라(주), Korea)를 여러 겹 겹쳐서 높이 2.5 cm의 직육면체로 만든 후 지끈으로 고정하여 사용하였다. 두루마리 휴지는 파열강도 61,300 mN/10장인 3겹 엠보싱 휴지를 사용하였다.

2) 綿球: 한 줌(10 g)의 솜(백금교재, Korea)을 뭉쳐서 직경 6~7 cm의 구를 형성한 다음, 면포로 한번 감싸서 고정하여 사용하였다.

3) 오이와 사과: 오이는 지름 4 cm, 높이 2.5 cm로, 사과는 가로, 세로 각각 5 cm, 높이 2.5 cm로 맞춰 자른 후 사용하였다. 오이와 사과는 국산으로 오이는 백오이(강원도), 사과는 부사 품종을 매장 진열 후 3일 이내의 신선한 것으로 상온에 보관하여 사용하였다.

Fig. 1. Set of experiments (A) and configuration (B) of the needle insertion-measurement system. The lifting-thrusting range and frequency are set by software used, the motor moves the needle in to tissue model, and the sensor attached to the needle holder measures the needle-tissue interaction force.

4) **IM injection Pad:** 근육 주사용 실습 모델 중에 높이 5 cm인 IM injection Pad(3B Scientific GmbH, Germany)를 사용하였다.

5) **돈육:** 위의 실습 모델들을 비교하기 위하여 대조군으로 돈육을 선정하였으며, 돼지고기(Gimhae, Korea)는 지방의 비율이 적으며 근육 위주인 부위를 2.5 cm 두께로 잘라서 사용하였다. 돈육은 사후 7~10일 이내의 국산 돼지의 사태부위를 4°C에서 냉장 보관하여 사용하였다.

6) **침:** 침은 stainless steel needle(gauge 40, diameter 0.35 mm, Dongbang Healthcare Products, Seoul, Korea)을 사용하였다.

2. 방법

1) **Needle insertion-measurement system:** Needle insertion-measurement system(Fig. 1A)은 침의 수직운동 및 회전운동, 좌우운동을 가능하게 만들어졌으며, 침이 움직일 때 발생하는 힘을 측정하기 위해서 측정 시스템과 침 사이에는 6-축F/T sensor(Nano17 SI-8-0.05 from ATI Industrial Automation, NC, USA)가 존재한다. 본 측정 시스템은 Simulink(R2017b 9.3.0.713579, MathWorks Inc. USA)와 Quarc(ver. 2.21, QUANSER, Canada) 프로그램을 이용하여 구동된다. Simulink를 이용하여 실험 조건에 맞는 명령을 내리면, 외부의 control box의 Q-8 USB board(QUANSER, Canada)를 통하여 침이 움직이게 되며 침의 움직임에 따라 발생하는 힘은 6-축F/T sensor에 의하여 측정되어 외부의 control box의 force sensor amplifier(Nano17, ATI Industrial Automation, USA)를 통하여 NI daq board(National Instrument, USA)에 전달된다(Fig. 1B).

2) **실험 방법:** 준비된 6개의 침자 술기 실습 모델에 침을 1.5 cm 깊이로 자입한 후, needle insertion-measurement system을 이용하여 진폭 5 mm, 진동수 1Hz의 움직임으로 상하운동 하게끔 구동했다(Fig. 2). 이는 침의 제삽 운동을 구현한 것으로 한번 시행

시 총 15번 반복 제삽이 시행되었으며, 총 10회씩 시행하였으며, 매회 실험할 때 서로 다른 부위에서 반복 실험하였다.

본 연구에서는 자침 후 제삽법을 통하여 발생하는 침에 작용하는 힘을 측정하기 위한 것으로 15번의 제삽 운동 중 침을 삽입할 때의 영향을 배제하기 위해 초기 3번을 제외하였으며, 침의 운동이 끝날 무렵 기계의 반동으로 인한 움직임을 배제하기 위하여 마지막 2번 또한 제외하였다.

3) **Needle insertion-measurement system의 힘의 분석:** 침을 침자 술기 실습 모델에 자침 시 발생하는 힘은 다음과 같다.

$$F_{measured} = F_{stiffness} + F_{friction} + F_{cutting}$$

여기서 $F_{stiffness}$ 는 침이 모델에 처음 접촉되어 자입되기 전까지 발생하는 힘을 말하며, $F_{cutting}$ 는 침이 자입된 후 물체 내부를 뚫고 들어가는 힘을 말한다. $F_{friction}$ 을 침이 모델 내에서 제삽 운동 시 발생하는 힘을 말한다.

본 연구에서는 자입 후 발생하는 힘의 크기를 비교하고자 함에, 자침 시 및 자침 직후의 움직임에 제한을 두었으므로, $F_{stiffness}$ 와 $F_{cutting}$ 는 0으로 볼 수 있다. 이는 기계를 통해 측정되는 힘의 크기 가 곧 $F_{friction}$ 라는 것을 말한다.

본 연구에서는 6개 모델의 마찰력 및 마찰계수를 분석하기 위하여 the modified Karnopp friction model을 이용하였다. The modified Karnopp friction model은 Richard¹⁹⁾에 의해 제안되었으며, 다음과 같이 나타난다.

$$F_{friction}((\dot{x}), F_a) = \begin{cases} C_n \operatorname{sgn}(\dot{x}) + b_n \dot{x} & \dot{x} \leq -\Delta v \\ \max(D_n, F_a) & -\Delta v < \dot{x} \leq 0 \\ \min(D_p, F_a) & 0 < \dot{x} < \Delta v \\ C_p \operatorname{sgn}(\dot{x}) + b_p \dot{x} & \dot{x} \geq \Delta v \end{cases}$$

Fig. 2. Schematics (A) of the needle force measuring and expected movement (B) of the acupuncture through experiment that appears in the sinusoidal graph. Sinusoidal motion of a needle at a frequency of 1 Hz with an amplitude of 5 mm.

$$\text{sgn}(a) = \begin{cases} 1 & \text{for } a > 0 \\ 0 & \text{for } a = 0 \\ -1 & \text{for } a < 0 \end{cases}$$

C_n 과 C_p 는 각각 음수, 양수에서의 운동마찰계수를, b_n 과 b_p 는 각각 음수, 양수에서의 점성계수를, D_n 과 D_p 는 각각 음수, 양수에서의 정지마찰계수를 뜻하며 Δv 는 상대속도가 0이 되는 구간 중에서 최대속도를, $\dot{x}$ 는 침과 모델 사이에 발생하는 상대속도를 말한다. F_d 는 기계를 통해 주어지는 외력(힘)을 말한다.

제삽 운동을 하는 침은 상대속도를 기준으로 크게 2가지 구간으로 나눌 수 있다. 첫 번째는 상대속도가 0이 되는 경우로 이는 침의 운동이 '제→삽', '삽→제'로 변하는 구간이며, 두 번째는 침의 속도가 상대속도가 되는 '제', '삽'의 운동만 하는 구간이다²⁰⁾. 상대속도가 0이 되는 첫 번째 구간은 정지마찰력이 존재하는 구간이며, 두 번째 구간은 운동 마찰력이 존재하는 구간이다.

본 연구에서는 침의 움직임으로 인한 침과 모델의 접촉 길이는 변화가 없으며, 모델이 균일하다는 전제 하에 the modified Karnopp friction model을 사용함에 따라 기계에 의해 측정된 힘은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_{\text{measured}} = F_{\text{inertia}} + F_{\text{friction}}$$

$$F_{\text{measured}} = ma + l(C_p \text{sgn}(v_p) + b_p v_p + C_n \text{sgn}(v_n) + b_n v_n)$$

여기서 m 은 침의 질량을, a 는 침의 가속도를, l 은 모델과 침의 접촉된 길이를 뜻하며 v_p 와 v_n 는 각각 양수, 음수의 침의 속도를 의미한다.

마찰력은 다음과 같이 성립되는데,

Fig. 3. Blind box for evaluation of the practitioners' needle sensation.

The tissue model is held in a blind box, and small holes in the box allow the needle to pass through.

$$F_{\text{friction}} = F_{\text{measured}} - ma$$

$$= l(C_p \text{sgn}(v_p) + b_p v_p + C_n \text{sgn}(v_n) + b_n v_n)$$

본 연구에서 침의 질량(0.002 kg)과 접촉 길이(0.015 m)는 알 수 있으며, 가속도는 기계를 통해 측정되므로, 모델과 침의 상대속도가 0이 아닐 때, 운동마찰계수와 점성계수는 the least squares regression를 통해 구할 수 있다. 모델과 침의 상대속도가 0일 때, 정지마찰계수는 구간의 최댓값과 최솟값에서의 계수를 말한다.

4) 시술자 침감 비교: 먼저 시술자는 침이 1.5 cm 깊이로 자입되어 준비된 돈육에 제삽법을 시행하여 침감을 숙지하였다. 이후 내용물을 알 수 없도록 맹검 상자에 돈육을 제외한 5가지 침자 술기 실습 모델을 넣어 제시하였다(Fig. 3). 맹검 상자에는 3개의 작은 구멍이 뚫려 있어, 이를 통하여 침이 자입되어 繃球, 紙板, 오이, 사과, IM injection Pad 순으로 제시되었으며, 시술자에게 제시되는 순서와 모델의 종류는 알리지 않았다. 제삽법은 진폭 0.5 mm, 1 Hz의 속도로 시행하도록 하였으며, 시술자는 제삽법을 시행하여 돈육에서 제삽법 시행 시 느껴지는 침감과 유사도를 VAS(Visual Analogue Scale)를 이용하여 측정하였다. 돈육의 침감과 유사도가 가장 낮으면 VAS 0으로, 가장 높으면 VAS 100으로 표시하도록 하였다. 모든 모델은 3번씩 측정되었으며, 평균 5년의 임상경험을 가진 한의사로 제삽법에 대한 충분한 인지가 있는 한의사 총 7명이 참여하였다.

5) 통계학적 분석: 데이터 분석은 the SAS 9.4 software(SAS Institute Inc., Cary, North Carolina 27513, USA)을 이용하였으며, one-way ANOVA를 시행하여 분석하였다. 사후분석으로는 Tukey's HSD가 시행되었으며, 통계적 유의수준은 $P < 0.05$ 로 하였다.

Fig. 4. Graph of force changes over time in six models. Changes in force A axis friction (N=10, 1 Hz, 10 cycles).

결 과

1. 침자 술기 실습 모델에서의 마찰력 비교

제시된 6가지의 실습 모델에서 시간에 따른 마찰력 크기의 변화를 나타내었다(Fig. 4). 綿球은 돈육보다 작게 측정되었으나, 사과, 紙板, 오이, IM injection Pad는 돈육보다 크게 측정되었다. 각 구간에서의 최댓값을 비교하였을 때, 돈육과 가장 큰 차이를 보인 것은 IM injection Pad였으며, 綿球과 사과가 가장 작은 차이를 나타냈다. 하지만 5개의 침자 술기 실습 모델 모두 돈육과 통계적으로 유의한 차이가 있었다.(Fig. 5). 최솟값을 비교하였을 때, 돈육과 가

장 큰 차이를 보인 것은 紙板이었으며, 綿球과 사과가 가장 작은 차이를 나타냈으나, 통계학적으로는 5개의 침자 술기 실습 모델 모두에서 돈육과 유의한 차이가 있었다(Fig. 6).

2. 침자 술기 실습 모델에서의 마찰계수 비교

6가지의 모델에서 나타난 속도에 따른 마찰력의 변화(Fig. 7)에 the modified Karnopp friction model을 이용하여 운동마찰계수와 정지마찰계수로 나타내었다.

C_p 의 경우, 紙板을 제외한 4개의 모델은 돈육의 값과 비교하여 작은 차이를 보였으나, 綿球과 IM injection Pad이 돈육과 통계학

Fig. 5. The maximum friction values during lifting-thrusting methods in six models. There was a significant difference in maximum needle forces among the six models. Values are at the mean±SD; * $P<0.05$.

Fig. 6. The minimum friction values during lifting-thrusting methods in six models. There was a significant difference in minimum needle forces among the six models. Values are at the mean±SD; * $P<0.05$.

Fig. 7. Force changes with velocity in six models.

Fig. 8. Friction coefficients during lifting-thrusting in six models. Values are at the mean±SD; * $P < 0.05$; NS: not significant.

Fig. 9. VAS value of similarity to porcine shank by practitioners. Values are at the mean±SD.

적으로 유의한 차이가 없었다(Fig. 8A).

C_n 의 경우, 綿球과 IM injection이 돈육의 값과 비교하여 작은 차이를 보였으나, 綿球만 돈육과 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Fig. 8B).

D_p 와 D_n 의 경우, 5개의 모델에서 돈육의 값과 큰 차이를 보였으며, 통계학적으로도 모든 모델에서 유의한 차이가 있었다(Fig. 8C, Fig. 8D).

3. 침자 술기 실습 모델에서의 시술자 침감 비교

시술자에 의해 제삼법 시행 시 돈육에서의 침감과 5개의 침자

술기 실습 모델을 비교하여 VAS 값으로 유사도를 측정하였다. 각 모델 별로 측정된 VAS의 전체 평균값은 사과가 가장 높게 측정되었다. 다음으로 오이와 IM injection Pad가 비슷하게 측정되었으며, 綿球, 紙板 순으로 낮게 측정되었다(Fig. 9).

고 찰

《靈樞, 九鍼十二原》²¹⁾에서는 ‘刺之要, 氣至而有效, … 刺之而而氣不至 無問其數 刺之而氣至 乃去之 勿復鍼’과 하여 침술은 침 자극이 느껴질 때 효과가 있다고 하였고, 《醫學入門》²²⁾에서는 ‘如針下, 沈重緊滿者 爲氣已至 若患人覺痛則爲實 覺痠則爲虛. 如針下經浮虛闊者 氣猶未至 用後彈努循捫引之 引之氣猶不至 針如插豆腐者死’라 하여 침 치료 시 적절한 자극의 중요성을 언급하였다. 침 치료 효과는 적절한 자극을 통하여 얻을 수 있으며^{15,23,24)}, 자극의 크기가 달라짐에 따라 생리적 효과가 달라진다²⁵⁾. 적절한 자극량은 환자가 침 자극을 통해 느끼게 되는 酸摩重脹感인 ‘득기 감’과 동시에 시술자가 느끼는 緊而不轉의 감각인 ‘침감’을 유발한다¹⁶⁾. 이러한 침감은 시술자가 수행하는 수기법을 통해서 얻어지며¹³⁾, 침술 전 또는 침술 중의 수기법을 통하여 적절한 자극량이 충족되어야 환자는 득기감을 느끼게 된다²⁶⁾.

침자 수기법은 기본 수기법, 보조 수기법, 보사 수기법 등 다양한

방법이 활용되고 있으나, 이를 연습하고 숙달하기 위한 실기 실습 모델에 대한 제시는 부족하다²⁷⁾. 彭靜山의 《鍼灸秘驗》²⁸⁾에서 眼鍼을 연습하기 위한 도구로 상자를 이용하는 것이 제시되어 있으나, 이는 수기법에 대한 모델은 아니다. 최근 인체 경혈부위에 염전 수기법 시행 시 침의 움직임 정보로 도출된 생체역학정보를 바탕으로 경혈 모델을 개발하고 시술자 눈가림 평가를 시행하여 팬텀 모델이 제안되었다²⁹⁾. 또한 해당 팬텀을 이용한 침자 수기법의 교육 시스템의 개발²⁷⁾ 및 시스템의 평가가 수행되었으며³⁰⁾, 해당 시스템 이용 시 수기법 훈련 효과를 관찰한 연구³¹⁾도 있었으나 이는 수기법 시행 시 손의 움직임에 대한 시각적인 정보를 제공하는 것에 큰 목적을 두고 있다.

현재 의학 교육 현장에서는 OSCE 평가 방법이 도입됨에 따라 실기 연습을 위한 인체 유사 모델이 다양하게 개발되고 있으며, 모델을 통해 정맥 주사 주입¹⁾, 기도삽관술³²⁾, 부인과 진찰³³⁾ 등의 실기 실습이 가능하게 되었다. 한의학에서도 침술의 연습을 위하여 침구동인, 상자 등의 모델이 제시되었으나, 이는 침술의 수기법 시행 시의 침감에 대한 촉각적인 피드백이 어렵다. 자침 실습용 모델이 사용되는 경우도 있으나, 수기법을 고려하여 제작하지 않았기 때문에 이를 통하여 침감을 학습하기에는 어려움이 있다³⁴⁾. 이에 침술의 수기법에 따른 침감을 학습할 수 있는 적절한 실습 모델이 요구되고 있다.

이에 본 연구는 기 제시되고 있는 모델이 침감을 학습하기에 적절한지 평가하고자 쉽게 주변에서 취득할 수 있는 5가지 모델(紙板, 繡球, 오이, 사과, IM injection Pad)을 선정하여, 동일한 수기법의 적용 시 needle insertion-measurement system을 이용하여 정량적으로 측정되는 물리적 수치인 마찰력과 마찰계수를 비교 분석하여 평가하고자 하였다.

모델 선정은 침구학 교과서 및 선행연구를 기초로 하였으며, 침구학 교과서에 제시된 모델은 繡球과 紙板¹⁸⁾을 선정하였다. 다만 침구학 교과서에서 제시하고 있는 방법으로 한지 또는 마분지를 접어서 고정하는 방법으로 제작한 紙板은 침이 자입되지 않는 등 실험이 불가능하여 휴지로 대체하였다. 또한 침감에 대한 Han 등³⁴⁾의 연구에서 염전법 시행 시 시술자의 침감이 족삼리와 유사한 것으로 제시된 오이와 사과를 선정하였으며, 근육 주사 술기에 대한 OSCE 모형으로 사용되고 있는 IM injection Pad를 선정하여 실험을 진행하였다.

사람과 해부학적 및 생리학적 특성이 유사하기 때문에, 돼지는 간 조직에 로봇을 이용한 비습 삽입 수술에 대한 안정성 연구³⁵⁾, 안구의 혈관 내 약물 주입 시 내압 변화를 측정하기 위한 연구³⁶⁾ 등 다양한 의학계열 연구 분야에서 인체를 대신해 사용되고 있다.

이에 본 연구에서는 5가지 모델과 비교 분석할 대조군으로 돈육을 선정하여 실험에 사용하였다. 침자 수기법에 따라 인체 조직과 침 사이에서 발생하는 상호작용에 의한 침감을 평가하기 위해서는 인체 경혈을 직접 대상으로 진행하는 것이 가장 이상적이거나, 본 실험에서 정량적인 평가를 위해 활용한 needle insertion-measurement system의 인체에 직접 적용이 허가되지 않은 제한점으로 인해 돈육을 대조군을 선정하였으며, 조직 채취 부위에 따른 차이를 최소화하기 위해 동일 품종의 동일 부위를 사용하였다.

본 연구에서는 수기법 시행 시 침감을 정량적으로 비교하기 위해 침 조작 변수로 Li³⁷⁾에 의해 제시된 제삽법의 시행 시의 평균적인 침의 움직임인 진폭 5 mm, 진동수 1 Hz를 선정하였으며, needle insertion-measurement system을 이용하여 각 모델에 동일한 조건으로 제삽법을 시행하였다.

기본수기법 중 제삽법의 적용 시 모델과 침 사이에서의 상호작용에 의한 침감을 정량적으로 평가하기 위해서 수기법 시행 시 발생하는 침감을 객관화 하는 지표로 마찰계수로 제시한 연구³⁸⁾ 및 족삼리에서 느껴지는 침감을 점성계수로 정량화하여 제시한 연구³⁴⁾와 같이 제삽법 시행 시 발생하는 마찰력의 크기를 비교한 후 the modified Karnopp friction model을 이용하여 운동마찰계수와 정지마찰계수를 산출하여 비교하였다.

침과 모델 사이에 작용하는 마찰력은 침의 제삽 운동 시 침이 모델 조직으로부터 받는 힘으로 이는 시술자가 수기법 시행 시 느끼는 침감 자극량의 크기를 반영하며, 침의 제삽 운동으로 모델의 같은 부위에서 측정되는 마찰계수는 제삽 운동 시 모델 조직에서의 침의 진행 위치에 따른 상대속도를 도입하여 분석한 값으로 침의 운동 방향과 속도에 따른 침감 자극량의 물리적인 값을 객관화한 지표로 이해될 수 있다.

The modified Karnopp friction model은 여러 마찰 관련 모델 중에서 운동마찰모델에 속하며, Dahl³⁹⁾ 및 Lugre⁴⁰⁾와 달리 낮은 속도에서의 움직임을 관찰할 수 있어 본 연구에서 사용되었다. The modified Karnopp friction model을 통하여 운동마찰계수와 정지마찰계수, 점성계수를 구할 수 있었다. 운동마찰계수는 침이 제삽 운동을 하는 구간의 마찰의 정도를 산출한 것이고, 정지마찰계수는 침이 '제→삽, 삽→제'로 변화하는 구간에서의 마찰의 정도를 산출한 것으로, 선정된 모델에서 침의 움직임을 세분화하여 분석 및 비교가 가능했다²⁰⁾.

본 연구 결과 제삽법 시행 시 발생하는 마찰력 크기의 최댓값과 최솟값을 비교하였을 때, 돈육과 가장 작은 차이를 나타낸 모델은 繡球과 사과였으나 통계적으로는 유의한 차이가 있었다.

제삽법으로 인한 침의 움직임에 따라 모델과의 상호작용을 마찰

계수를 이용하여 분할하여 분석하였을 때, C_p 는 '제'의 운동을 나타내며, C_s 는 '삽'의 운동을 나타내고, D_p 는 '제→삽'으로 변하는 순간의 특징을 반영하며, D_s 는 '삽→제'로 변하는 순간을 반영한다. 마찰계수에서 대부분의 경우 돈육과 통계적으로 유의한 차이가 있었으나, 침감을 객관화 하는 지표 중 주요하게 제안된 $C_p^{(38)}$ 값에서 綿球과 IM injection Pad가 돈육과 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

紙板 및 오이, 사과는 제삽 시행 시 발생하는 힘의 크기뿐만 아니라, 제삽 구간의 움직임 시에도 돈육과 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 綿球은 '제'의 운동 및 '삽' 운동 시 발생하는 힘의 움직임 양상이 돈육과 유사하다 할 수 있었으나, '제→삽'의 운동에서 통계적으로 유의한 차이가 났으며, 돈육보다 힘의 크기가 작았다. 또한 IM injection Pad는 '제' 시행 시 돈육에서 나타나는 움직임은 유사하다 할 수 있으나, 제삽법 시행 시 발생하는 힘의 크기가 돈육보다 커서 조직과 침 사이의 상호작용의 측면을 고려할 때 적절한 침자 술기 모델로 보기 어렵다고 판단된다.

시술자가 느낀 침감을 VAS로 수치화 하여 비교한 결과 5가지 자침 술기 실습 모델 중 사과가 시술자 침감 평가에서 가장 높은 순위였으나 유사도는 56.90점이었으며, 紙板과 綿球의 경우 각각 20.43점, 24.19점으로 나타났다. Needle insertion-measurement system으로 침감의 객관화 지표로서 측정된 마찰력과 마찰계수에서도 5가지 침자 술기 실습 모델 중에서 침의 움직임으로 인해 발생하는 상호작용에 의한 침감 지표가 제삽법 시행 전체 과정에서 모두 유사한 특성을 나타내는 모델은 없었다.

침자 술기 실습 모델의 개발에 있어서 수기법 등의 시행에 따른 자극량의 조절이 침 치료 효과에 있어 주요한 측면이라는 점을 고려할 때 본 연구에서 침감의 지표로서 분석한 마찰력 및 마찰계수는 자침 시 발생하는 모델과의 상호작용을 모두 반영하기에는 한계가 있으나 침자 술기 실습 모델의 개발에 있어 침과 인체와의 상호작용의 평가의 필요성과 주요한 지표를 제시한 점에서 관련 분야에 기초연구가 될 것으로 사료된다. 또한 침자 술기 실습 모델의 개발에 있어서 점탄성, 강도 등의 다양한 인체 조직의 물성이 반영된 재현성 있는 술기 실습 모델의 개발이 필요하며, 제작의 용이성, 내구성, 보관 등의 측면까지 고려한 추가 연구가 진행된다면 표준화된 자침 술기 실습 교육을 위한 적절한 침자 술기 실습 모델의 개발이 가능할 것이다.

결론

본 연구에서는 기 제시되고 있는 침자 술기 실습 모델의 적절성

을 평가하기 위해 시술자 침감과 needle insertion-measurement system을 이용해 측정된 마찰력 및 마찰계수를 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 제삽 시행 시 발생하는 힘을 통하여 마찰력 및 마찰계수를 구할 수 있었다. 마찰계수는 제삽 시행 시의 침감을 분할하여 비교할 수 있는 수치로 사용될 수 있으며, '제→삽'의 변화, '삽→제'의 변화, '삽', '제'의 운동으로 나누어 비교할 수 있었다.

2. 綿球은 '삽', '제'의 운동 시 힘의 양상은 돈육과 유사하다 할 수 있으나, 마찰력의 크기가 작게 측정되었다. 紙板 및 오이, 사과는 제삽 시 발생하는 마찰력뿐만 아니라, 마찰계수에서도 돈육과 유의한 차이가 있었다. IM injection Pad는 '제'의 운동 시 힘의 양상은 돈육과 유사하다 할 수 있으나, 마찰력의 크기가 크게 측정되었다.

3. 돈육과 비교하여 시술자 침감의 유사도(VAS)는 사과, 오이, IM injection Pad, 綿球, 紙板 순으로 나타났으나 유사도는 60% 이하로 나타났다.

이상의 연구 결과를 종합해 보면 needle insertion-measurement system을 통하여 침과 실습 모델 간의 상호 작용에 의한 힘을 정량적으로 측정할 수 있으며, 기 제시되고 있는 침자 술기 실습 모델들이 인체 조직의 특성을 반영하기에 부족함이 있음을 확인할 수 있었다. 향후 본 시스템을 활용한 추가적인 연구를 통해 인체와 유사한 침감을 반영할 수 있는 재현성 있고, 표준화된 침자 술기 실습 모델의 개발이 가능할 것이다.

감사의 글

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. NRF-2015R1C1A2A01052843).

References

1. Jeong HC, Choi NY, Kim MS, Yang JM. Effects of Simulation-Based Training on the Clinical Competence and Confidence of Nursing Students in Intravenous Injection Performance and the Satisfaction of Clients. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society. 2012 ; 13(6) : 2600-6.
2. Kwon OY, Park SY, Yoon TY. Educational effect of intraosseous

- access for medical students. Korean J Med Educ. 2014 ; 26(2) : 117-24. doi: 10.3946/kjme.2014.26.2.117.
3. Park HK. The impact of introducing the Korean Medical Licensing Examination clinical skills assessment on medical education. Journal of the Korean Medical Association/Taehan Uisa Hyophoe Chi. 2012 ; 55(2).
4. Choi SY. Effects of Injection Practice Education Methods on Anxiety in Nursing Students. Korean parent-child health journal. 2016 ; 19(1) : 17-24.
5. Park H. Clinical skills assessment in Korean medical licensing examination. Korean Journal of Medical Education. 2008; 20(4) : 309-12.
6. Harden R, Gleeson F. Assessment of clinical competence using an objective structured clinical examination (OSCE). Medical education. 1979 ; 13(1) : 39-54.
7. Watson R, Stimpson A, Topping A, Porock D. Clinical competence assessment in nursing: a systematic review of the literature. Journal of advanced nursing. 2002 ; 39(5) : 421-31.
8. Son YL, Park PN, Ko SH. The Effects of Preclinical Objective Structured Clininal Examination(OSCE) on Knowledge, Nursing Students Confidence in Core Fundamental Nursing Skills and Self-Efficacy. The Journal of Korean clinical health science. 2017 ; 5(2) : 850-63.
9. Choo HJ, Kwon OY, Ko YG. Educational suitability of endotracheal intubation using a video-laryngoscope. Korean J Med Educ. 2015 ; 27(4) : 267-74. doi: 10.3946/kjme.2015.27.4.267.
10. Kim JY, Heo NR. Effect of a Simulated Education-based Hypoglycemia Scenario Using a High-fidelity Simulator on Acquisition and Retention of Diabetes Knowledge and Academic Self-efficacy in Nursing Students. The Journal of Korean Academic Society of Nursing Education. 2017 ; 23(3) : 319-29.
11. Lee J, Na SA, Jong KW, In KJ, Yeon LS, Dong EK. An Intravenous Injection Simulator using Augmented Reality for Veterinary Education. Journal of the HCI Society of Korea. 2012 ; 7(2) : 25-34.
12. Abdelaziz A, Hany M, Atwa H, Talaat W, Hosny S. Development, implementation, and evaluation of an integrated multi-disciplinary Objective Structured Clinical Examination (OSCE) in primary health care settings within limited resources. Medical teacher. 2016 ; 38(3) : 272-9. Epub 2015/02/20. doi: 10.3109/0142159x.2015.1009018. PubMed PMID: 25693793.
13. Kang HR, Choi YD, Choi YN, Kim EJ, Hwang MS, Cho HS, et al. Review of Acupuncture Manipulation in Clinical Trials. J Acupunct Res. 2016 ; 33(3) : 129-44.
14. 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. Epub 2007/01/24. doi: 10.1016/j.pain.2006.12.003. PubMed PMID: 17240066; PubMed Central PMCID: PMCPMC1997288.
15. Lee SY, Son YN, Choi IH, Shin KM, Kim KS, Lee SD. Quantitative study of acupuncture manipulation of lifting-thrusting using an needle insertion-measurement system in phantom tissue. Journal of Korean Medicine. 2014 ; 35(4) : 74-82.
16. Hui KK, Sporko TN, Vangel MG, Li M, Fang J, Lao L. Perception of Deqi by Chinese and American acupuncturists: a pilot survey. Chinese medicine. 2011 ; 6(1) : 2. Epub 2011/01/22. doi: 10.1186/1749-8546-6-2. PubMed PMID: 21251312; PubMed Central PMCID: PMCPMC3035586.
17. Son IC. Study on the Process of manufacture of Standard Acu-Figure. The Acupuncture. 2000 ; 17(1) : 13-25.
18. Department of Acupuncture & Moxibustion CoKM. Acupuncture & Moxibustion. hanmibook. 2016 : 52-3.
19. Richard C, Cutkosky MR, MacLean K. Friction identification for haptic display. Proc of Haptic Interfaces for Virtual Environments and Teleoperator Systems (HAPTICS). 1999 : 14-9.
20. Okamura AM, Simone C, O'Leary MD. Force modeling for needle insertion into soft tissue. IEEE transactions on bio-medical engineering. 2004 ; 51(10) : 1707-16. Epub 2004/10/20. doi: 10.1109/tbme.2004.831542. PubMed PMID: 15490818.
21. Bae B. Huangdi Neijing. Seoul: Seongbosa; 2000
22. Lee j. Yixuerumen. Seoul: Daesung publisher. 1989 : 562-3.
23. Kou W, Gareus I, Bell JD, Goebel MU, Spahn G, Pacheco-Lopez G, et al. Quantification of DeQi sensation by visual analog scales in healthy humans after immunostimulating acupuncture treatment. The American journal of Chinese medicine. 2007 ; 35(5) : 753-65. Epub 2007/10/30. doi: 10.1142/s0192415x07005247. PubMed PMID: 17963316.
24. Hu YE, Yang HY, editors. Study of acupuncture manipulation parameter based on data mining technique. 7th Asian-Pacific Conference on Medical and Biological Engineering; 2008 :

- Springer.
25. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, Biochemistry Do, Jessell MBT, Siegelbaum S, et al. Principles of neural science: McGraw-hill New York; 2000.
26. Kong J, Gollub R, Huang T, Polich G, Napadow V, Hui K, et al. Acupuncture de qi, from qualitative history to quantitative measurement. *Journal of alternative and complementary medicine* (New York, NY). 2007 ; 13(10) : 1059-70. Epub 2008/01/02. doi: 10.1089/acm.2007.0524. PubMed PMID: 18166116.
27. Lim JW, Jung WM, Lee IS, Seo YJ, Ryu HS, Ryu YH, et al. Development of acupuncture manipulation education system. *The Acupuncture*. 2014 ; 31(4) : 11-9.
28. Péng j, Fèi j. Zhēnjūmiyàn: Liaoning Science and Technology Press; 1985.
29. Lee IS, Lee TH, Shin WC, Wallraven C, Lee HS, Park HJ, Lee HJ, Chae YB. Haptic simulation for acupuncture needle manipulation. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 2014 ; 20(8) : 654-60.
30. Lee IS, Lee YS, Park HJ, Lee HJ, Chae YB. Evaluation of phantom-based education system for acupuncture manipulation. *PLoS One*. 2015;10(2):e0117992. DOI:10.1371/journal.pone.0117992
31. Jung WM, Lim JW, Lee IS, Park HJ, Wallraven C, Chae YB. Sensorimotor Learning of Acupuncture Needle Manipulation Using Visual Feedback. *PLoS One*. 2015 ; 10(9) : e0139340. DOI:10.1371/journal.pone.0139340
32. Im SJ, Yune SJ, Kang SY, Lee SY, Kim HK, Jeong HJ. The effect of direct feedback in teaching endotracheal intubation. *Korean Journal of Medical Education*. 2007 ; 19(4) : 325-33.
33. Park JH, Jung E, Ko JK, Yoo HB. Delivery training for undergraduate medical students using birth simulator. *Korean Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2008 ; 51(9) : 950-6.
34. Han YJ, Jo SJ, Son YN, Lee SY, Kim KS, Lee SD. Comparative Study of Needle Sensations in ST36 and 6 Models with Quantifying Measurement System. *J Korean Acupunct Moxib Soc*. 2013 ; 30(5) : 87-94. doi: 10.13045/acupunct.2013048
35. Wang W, Shi Y, Goldenberg AA, Yuan X, Zhang P, He L, et al. Experimental analysis of robot-assisted needle insertion into porcine liver. *Bio-medical materials and engineering*. 2015 ; 26(s1) : S375-S80.
36. Christensen L, Cerda A, Olson JL. Real-time measurement of needle forces and acute pressure changes during intravitreal injections. *Clinical & experimental ophthalmology*. 2017 ; 45(8) : 820-7.
37. Li J, Grierson LE, Wu MX, Breuer R, Carnahan H. Perceptual motor features of expert acupuncture lifting-thrusting skills. *Acupuncture in medicine: journal of the British Medical Acupuncture Society*. 2013 ; 31(2) : 172-7. Epub 2013/02/05. doi: 10.1136/acupmed-2012-010265. PubMed PMID: 23376853.
38. Son YN, Kim J, Lee HS, Shin KM, Han YJ, Lee SD. Friction coefficient for the quantification of needle grasp in the lifting-thrusting method. *International journal of precision engineering and manufacturing*. 2014 ; 15(7) : 1429-34.
39. Dahl PR. A solid friction model. *Aerospace Corp El Segundo Ca*, 1968.
40. De Wit CC, Olsson H, Astrom KJ, Lischinsky P. A new model for control of systems with friction. *IEEE Transactions on automatic control*. 1995 ; 40(3) : 419-25.