

피부탄성 측정 문제점 개선을 위한 6시그마 프로젝트

이혜정, 강남식, 전영주, 김근호, 김흥기¹, 김종열

한국한의학연구원 체질생물학·의공학 연구센터, ¹충남대학교 통계학과

A Case Study of Six Sigma Project for Improving Measurement Method of Skin Elasticity

Haejung Lee, Namsik Kang, Youngju Jeon, Keunho Kim, Honggie Kim¹, Jongyeol Kim

Constitutional Biology and Medical Engineering Research Center, Korea Institute of Oriental Medicine,

¹Department of Statistics, Chungnam National University

The usefulness of constitutional diagnoses based on skin measurements has been established in oriental medicine. According to Sasang constitutional medicine, humans can be distinguished based on properties of skin's friction, thickness and elasticity. To quantify and standardize skin diagnosis, the present study designed an equipment for measuring skin elasticity of hand. But there were some noises in measuring skin elasticity such as measurement method, environment, operator and conditions of patient. So we considered a six sigma project for reducing the measurement errors. The project was followed to discipline process of five macro phases: Define, Measure, Analyze, Improve and Control(DMAIC). So, we could find the major factors which should be controled for stabilizing measurement system and we revised the SOP(Standard Operating Procedure) of the skin elasticity measurement.

keywords : Skin Elasticity, 6 Sigma, DMAIC, Skin diagnosis, Sasnag Constitution

I. 서 론

한의학에서 환자가 나타내는 개별적인 증상을 진단하는 방법은 望診, 聞診, 問診, 切診이 있다. 그 중 피부 진단은 절진의 한 방법으로 피부특징에 관한 기술은 동의수세보원에 ‘太陰人の 기육은 견실하고 少陰人の 기육은 부연하다.’와 같이 등장하고¹⁾, 이후 사상요결과 사상요람에 전해지는 변증십조에는 ‘少陽人は 미끄럽고 얇아 보인다. 太陰人は 두텁고 뻣세다. 少陰人は 뜨고 연하다’ 등으로 구체화되어 있다.²⁾ 그리고 사상체질정보은행(SCIB)에 등록된 1079명의 피험자에 대해 이 변증십조에 근거한 피부특성을 체질진단에 활용해 본 결과 체질판별도구로서 활용가치가 매우 높다는 임상

연구논문이 발표되었다.^{3,4)} 하지만 이러한 피부 진단과정은 한의사 주관과 개인적 통찰이 개입되어 있기 때문에 진단의 객관화에 어려움이 있다. 때문에 피부 진단의 객관화 연구를 위하여 피부의 생체역학(biomechanics)에 관한 연구와 측정기기의 개발이 지속적으로 이루어져 왔다.^{5),6),7)} 현재까지 개발된 피부 측정기기 중 사상체질진단 객관화 연구를 위하여 임상시험에서 사용하고 있는 기기는 피부 마찰력측정기기, 두께측정기기와 탄성측정기기가 있다. 최근 5년간 한국한의학연구원에서는 이 기기들을 이용하여 피부특성 변수에 상응하는 물리량을 측정하고 이를 통하여 체질판별 알고리즘 연구를 진행하고 있다. 이렇게 기기를 이용하여 측정한 데이터를 사용하여 한의사가 진단한 결과로 사용할 수 있는 알고리즘을 개발하기 위해서는 가장 기본적으로 측정한 데이터의 신뢰성이 높아야 한다. 즉, 기기를 반복 측정하거나

□ 접수 ▶ 2010년 11월 1일 수정 ▶ 2010년 11월 21일 채택 ▶ 2010년 11월 30일
 □ 교신저자 김종열, 대전시 유성구 엑스포로 483 한국한의학연구원
 Tel 042-868-9489 Fax 042-868-9480 E-mail ssmed@kiom.re.kr

오퍼레이터를 바꾸어 측정한 경우에도 측정변동이 작아야 한다. 하지만 통제되지 않은 측정환경, 측정장비, 측정대상, 측정방법 때문에 노이즈가 발생하여 개발된 기기의 측정시스템의 신뢰성이 낮아지는 문제점이 있었다. 따라서 이러한 문제점을 보완하고 체계적이고 절차적인 측정 프로세스를 만들기 위하여 본 연구에서는 여러 피부관련 측정기기 중에서 피부탄성 측정기기를 대상으로 6시그마 방법론을 최초로 적용하였다. 6시그마를 적용한 이유는 6시그마 활동이 단순히 경영의 특정부문(생산부문)에 한정된 개선 방법이 아니라 넓은 의미의 품질을 향상시키는 경영 전반에 걸친 혁신운동으로 인식되고 있으며, 유사 적용 사례에서 좋은 결과를 보였기 때문이다⁸⁾. 즉 6시그마는 모든 프로세스와 관련해 총체적인 접근법을 활용하고 있는 종합적인 혁신활동이다.

본 연구에서는 피부탄성측정기기의 측정과정에서 발생하는 문제점을 찾아내고 이를 개선하기 위하여 6시그마 경영의 DMAIC(Define, Measure, Analysis, Improve, Control)방법론을 적용하였다.

II. 연구방법 및 결과

1. 정의(Define)

본 단계는 6시그마 프로젝트를 선정하고 구체적으로 정의하는 단계이다. 현재까지 개발된 피부탄성기기의 측정방법인 SOP(Standard Operating Procedure)에 따라서 피험자를 측정해본 결과 측정과정에 있어서 문제점이 발생하였다. 우선 측정 시작 후 센서가 피험자의 손등에 정해진 값에 따라 가압을 하는데 피험자가 통증을 느낄 정도로 정해진 값보다 많은 압력이 가해졌다. 그리고 센서가 피부를 흡입하는 단계에서는 손등과 센서와의 닿는 부분에 공기가 들어오지 못하도록 피부와 센서가 밀착된 진공상태에서 흡입을 해야 함에도 불구하고 피부와 센서가 밀착되지 않은 상태에서 센서가 피부를 흡입하는 경우가 종종 발생하였다. 그리고 1회 측정 시 평균 소요시간은 예상보다 긴 약 7분정도 걸렸다. 따라서 측정하는 동안 피험자가 움직이게 되어 정확히 측정이 되지 않는 경우도 있었으며 피험자가 오랜 측정시간에 대하여 불편함을 호소하는 경우도 많았다. 그리고 측정 도중에 컨트롤러와 컴퓨터

간의 신호가 중단되어 피부탄성기기가 측정을 멈추는 문제도 종종 일어났다. 이러한 문제점을 개선하지 못할 경우 향후 피부탄성기기의 임상데이터를 수집할 경우 효율성이 떨어지며 수집된 데이터의 신뢰성이 낮기 때문에 수집된 데이터를 이용한 알고리즘 개발이 불가능한 실정이다. 따라서 이러한 문제점을 개선하여 안정되고 효율적으로 데이터를 수집하기 위해 ‘피부탄성 안정화를 위한 SOP수정’으로 프로젝트를 정의하였다.

2. 측정(Measure) 단계

1) 측정시스템분석

피부탄성기기의 신뢰성을 평가하기 위하여 10명의 피험자를 대상으로 2명의 오퍼레이터가 2번씩 랜덤한 순서로 반복측정을 하였다. 분석변수는 늘어난 변위, 회복된 변위, cutometer값이 4개씩 있으며 총 분석변수는 12개이다. 데이터 분석은 반복 측정된 데이터의 변동을 비교하기 위해 변동계수(CV; Coefficient of Variation)를 이용하였다. 데이터를 분석한 결과는 <Table 3>와 같으며, 12개 변수의 CV(%)값의 평균은 2.64%이고 표준편차는 2.00%로 반복성을 확인하였다.

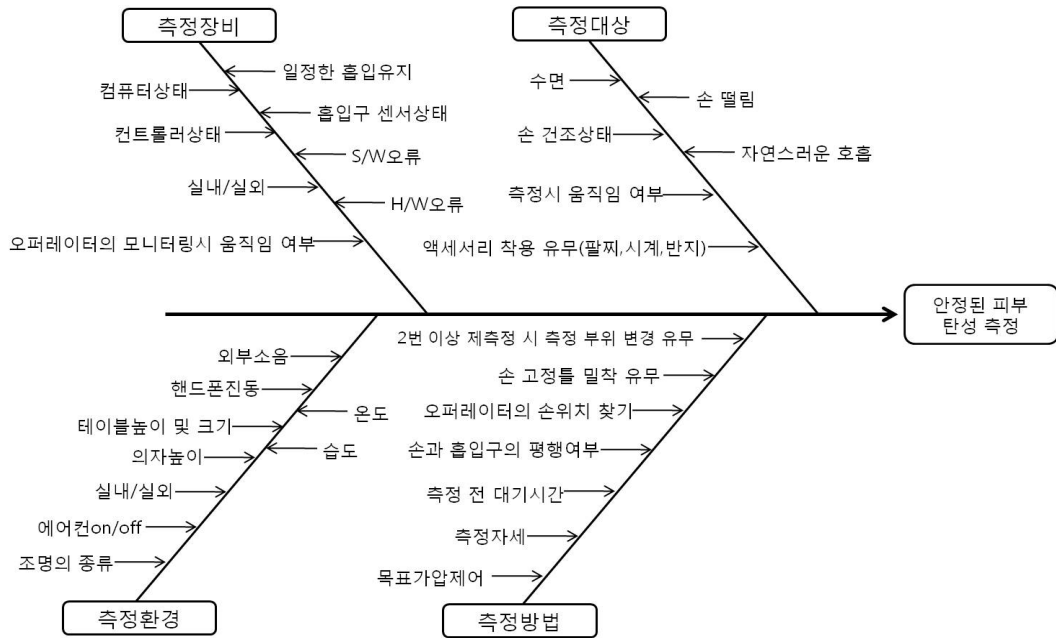
2) 프로세스 맵

안정된 피부탄성 측정을 위한 프로세스 과정을 기존 SOP에 준하여 정리하고, 실제 프로세스에서 안정된 피부탄성 측정에 비효 율성을 일으키는 요인이 무엇인지 알아내고 분석하기 위해 프로세스맵을 작성하였다. 그리고 각 측정단계별 입력인자와 출력인자의 발생 가능한 요인들을 정리하고 인자 간인과관계를 규정하는 C-E diagram(Cause and Effect diagram)을 작성하였다<Figure 1>. 또한 C&E매트릭스를 작성하여 출력변수의 중요도를 할당하고 이후 측정 시스템을 분석하기 위하여 입력변수의 영향을 정량화 하였다 <Table 1>.

3. 분석(Analysis)단계

분석단계에서는 측정단계를 통해 선정된 주요 입력 변수들에 대해 프로세스에 큰 영향을 주는 입력변수들의 중요도를 살펴보고, 브레인스토밍을 통해 측정

피부탄성 측정 문제점 개선을 위한 6시그마 프로젝트



〈Figure 1〉 C-E diagram(cause and effect diagram)

〈Table 1〉 C&E Matrix

C&E 매트릭스(피부탄성)		출력변수 (KPOV)	기초 설문	피험자의 안정된 측정자세 확보	피부탄성측정기 안정상태	탄성 측정 및 저장	합계	% (합계)
		가중치	6	8	7	9		
구분	입력변수(KPIV)							
측정 환경	외부소음	Controllable	0	2	0	0	16	0.6%
	핸드폰 진동	Controllable	0	4	0	2	50	2.0%
	실내/실외	Controllable	0	2	0	0	16	0.6%
	테이블높이 및 크기	Constant	0	7	3	0	77	3.0%
	에어컨 on/off	Controllable	0	5	2	2	72	2.8%
	조명의 종류	Controllable	0	3	0	0	24	0.9%
	의자높이	Controllable	0	6	0	0	48	1.9%
	온도	Noise	3	2	1	3	68	2.7%
측정 장비	습도	Noise	3	2	1	3	68	2.7%
	컴퓨터상태	Controllable	0	0	6	6	96	3.8%
	컨트롤러상태	Controllable	0	0	7	7	112	4.4%
	실내/실외	Controllable	0	0	3	0	21	0.8%
	오퍼레이터의 모니터링시 움직임 여부	Controllable	0	0	6	7	105	4.1%
	S/W오류	Noise	0	0	6	2	60	2.3%
	H/W오류	Noise	0	0	6	2	60	2.3%
	흡입구 센서상태	Noise	0	0	7	7	112	4.4%
측정 대상	일정한 흡입유지	Noise	0	0	7	7	112	4.4%
	수면	Controllable	0	5	0	0	40	1.6%
	측정시 움직임 여부	Controllable	0	7	0	8	128	5.0%
	액세서리 착용 유무 (팔찌, 시계, 반지)	Controllable	8	8	0	1	121	4.7%
	손 건조상태	Controllable	8	0	0	6	102	4.0%
	자연스러운 호흡	Noise	0	3	0	1	33	1.3%
측정 방법	손 떨림	Noise	0	2	0	5	61	2.4%
	측정자세	Controllable	0	5	0	1	49	1.9%
	손 고정틀 밀착 유무	Controllable	0	8	0	8	136	5.3%
	오퍼레이터의 손위치 찾기	Controllable	5	7	0	5	131	5.1%
	4번 반복 측정	Controllable	0	5	0	9	121	4.7%
	2번 이상 재측정 시 측정 부위 변경 유무	Controllable	0	5	0	8	112	4.4%
	손과 흡입구의 평행여부	Controllable	0	8	0	8	136	5.3%
	측정 전 대기시간	Controllable	0	7	0	0	56	2.2%
	목표가압제어	Controllable	0	4	8	5	133	5.2%
	손세척 유무	Controllable	8	0	0	4	84	3.3%
							2560	100.0%

시 나타난 여러 가지 개선해야 할 항목들을 도출하였다. 먼저 C&E매트릭스를 통해 영향력이 가장 높은 8가지 항목들을 도출한 결과 손 고정틀 밀착 여부, 손과 흡입구의 평행여부, 목표 가압 제어, 오퍼레이터의 손위치 찾기, 측정 시 움직임 여부, 액세서리 착용 여부(팔찌, 시계, 반지), 4번 반복 측정, 2번 이상 재 측정 시 측정 부위 변경 여부로 총 8가지 항목을 선택하였다.

이 중 손과 흡입구의 평행여부, 오퍼레이터의 손위치 찾기, 측정 시 움직임 여부, 4번 반복 측정은 기존의 프로세스에서도 안정된 측정을 위해 고려해야 할 중요한 항목으로서 SOP를 통해 오퍼레이터에게 충분한 교육이 되어져 있는 항목들이다.

그러나 위의 4가지 항목을 제외한 나머지 항목들은 기존 프로세스에서는 적용되지 않았기 때문에, 안정된 피부탄성 측정을 위해 개선되어야 할 중요 항목으로 선정하였다<Table 2>. 따라서 이 4가지 항목에 대하여 측정 시 문제 발생 원인에 대하여 분석해 보았다.

<Table 2> Factors to Improve Quality

측정 개선 항목
손 고정틀 밀착 여부
목표 가압 제어
액세서리 착용 여부(팔찌, 시계, 반지)
2번 이상 재측정 시 측정 부위 변경 여부

첫 번째 손 고정틀 밀착 여부는 피험자의 손바닥을 고정 틀에 정확히 밀착시켰는지 여부를 의미한다. 만약 고정 틀에 정확하게 밀착되지 않거나 손등과 고정 틀 사이에 공간이 생기게 되면 4회 반복 측정 도중 움직임으로 인해 정확한 데이터를 얻기 힘들며 측정 시간 또한 오래 걸리는 것으로 나타났다. 기존 SOP에서는 오퍼레이터가 피험자의 손바닥을 고정 틀에 올려놓고 밀착 여부를 확인하는 단계가 없는 문제점이 있었다.

두 번째는 목표 가압 제어로 피험자의 손등에 따라 센서의 높낮이를 조절하는 측정을 시작하기 전 마지막 체크 단계이다. 이 단계에서는 피부탄성측정기의 흡입구를 피험자 손등에 초기위치 시키는데 이때 일정 가압보다 많은 압력이 가해지는 경우가 종종 발생하기 때문에 피험자의 안전상 문제점이 있었다.

세 번째는 액세서리 착용 여부로 SOP에는 액세서리 착용 여부에 대한 언급이 없었다. 하지만 측정 시 피험자의 손바닥이 반지나 팔찌, 시계에 의해 고정 틀에 정확하게

밀착되지 않는 경우가 있어 양질의 데이터를 얻기 힘들며 측정 시간이 길어지는 문제점이 있었다.

네 번째는 기기작동에 문제가 있어 2번 이상 재측정 해야 하는 경우에 측정부위를 처음 측정하였을 때와 동일한 부위를 측정하도록 하였다. 그러나 같은 부위를 몇 번씩 계속 측정하게 되면 피부가 충격을 받아 제대로 된 데이터를 얻을 수가 없으며 같은 부위를 계속 재 측정하기 때문에 피험자가 아픔을 느끼거나 측정이 오래 걸리는 문제가 나타났다.

4. 개선(Improve)단계

개선단계는 분석단계에서 선정된 중요 입력변수들을 중심으로 문제를 해결하기 위한 대책을 수립하는 단계로 최적의 조건 또는 최적의 대안을 설정하는 단계이다. 본 단계에서는 분석단계에서 나타난 항목에 대하여 개선해야 할 방법을 도출하였다.

첫 번째 손 고정틀 밀착의 문제점을 개선하기 위해서는 피험자의 손바닥을 고정 틀에 반듯이 밀착시키도록 요청하고 이때 오퍼레이터는 피험자의 손바닥이 잘 밀착 되었는지 재확인을 하도록 SOP를 수정하였다. 이렇게 처음 측정을 시작할 때 밀착부분을 확인하고 진행한 경우는 재측정의 횟수를 줄일 수 있으며, 피험자의 측정 시간을 단축시켜 양질의 데이터를 얻을 수 있다.

두 번째 피험자의 안전에 문제가 있었던 목표 가압 제어의 문제는 이를 개선하기 위해 상하 조절이 가능한 안전장치들을 추가로 설치하였다. 이 안전장치는 센서가 일정가압보다 많은 압력이 가해지는 것을 막아주는 역할을 하며, 이를 통해 피험자의 손등을 안전하게 가압하여 측정할 수 있었다. 또한 측정 시 오퍼레이터가 눈으로 직접 가압의 안전성 여부를 모니터링 하지 않아도 되므로 가압부분을 제외한 나머지 부분의 모니터링에 집중할 수 있어 예전보다 효율적으로 측정할 수 있다.

세 번째 액세서리로 인한 문제를 개선하기 위해 측정을 시작하기 전 피험자 왼손에 착용 되어 있는 반지 및 팔찌, 시계 등을 제거하도록 SOP를 수정하였다. 이로 인해 얻을 수 있는 효과는 손바닥이 고정틀에 밀착이 잘 되어 측정 시간을 줄일 수 있으며 양질의 데이터를 얻을 수 있다.

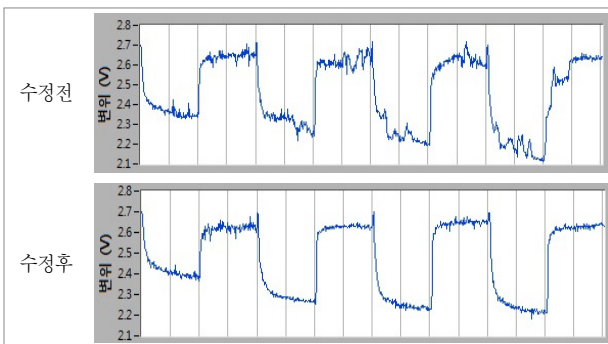
네 번째 2번 이상 재측정 시 손등 측정 부위 변경

여부 항목에 대해서는 피험자 한 명을 2번 이상 재측정했을 때는 처음 측정한 손등부위와 다른 부위를 측정하도록 SOP를 수정하였다. 이를 통해 기기를 재측정 하더라도 피험자가 불편함을 느끼지 않도록 하였으며 측정시간을 줄일 수 있었다.

위와 같이 개선된 4가지 중요변수를 이용하여 수정된 SOP를 작성하였으며 이를 기준으로 수정된 프로세스 맵을 작성하였다. 수정된 SOP를 통하여 10명의 피험자를 대상으로 2명의 오퍼레이터가 2번씩 랜덤 한 순서로 반복측정을 한 결과, 12개 변수의 CV(%)값의 분포는 <Table 3>와 같으며, 평균은 3.61%이고 표준편차는 3.32%로 V9를 제외한 나머지 변수는 모두 10%미만으로 나타나 반복성을 확인하였다. 또한 측정 소요 시간이 4~5분정도로 SOP수정 전보다 측정시간이 줄어들음을 확인하였다. 또한 기존 SOP에 따라 측정된 경우에는 손바닥이 잘 밀착되지 않아 raw data에 노이즈가 많은 편이었지만 수정된SOP로 측정한 경우는 raw data의 노이즈가 줄어들어 데이터의 질이 좋아짐을 확인하였다<Figure 2>.

<Table 3> Before and After Comparison of CV(%) for Repeatability

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12
수정전	1.91	1.71	1.72	1.63	0.81	0.87	1.01	1.13	3.96	5.11	5.69	6.15
수정후	2.79	2.06	1.73	1.88	1.08	0.89	1.00	1.22	11.3	5.69	6.08	7.54



<Figure 2> Before and after comparison of raw data

5. 관리(Control)단계

관리단계는 프로세스의 최적화를 실시한 후에 지속적으로 유지/관리하기 위하여 체계적인 관리 시스템을 갖추어 프로세스를 관찰할 수 있는 단계이다. 개선 단계에서 안정된 피부탄성을 측정하기 위해 수정한

항목들을 실제 측정 시 적용할 수 있도록 관리하기 위해 C&E매트릭스를 통해 영향력이 높은 8가지 항목들을 이용하여 중요 측정 관리표를 만들어 오퍼레이터가 측정할 때마다 체크할 수 있도록 하였다. 이를 통해 오퍼레이터가 피부탄성 측정 시 저지를 수 있는 실수를 방지 할 수 있을 뿐만 아니라 향후 측정된 데이터의 신뢰성을 뒷받침 해줄 수 있는 자료가 될 것이다.

III. 결 론

본 논문에서는 6시그마 개선활동 로드맵인 DMAIC의 프로젝트 추진 절차를 이용하여 기존의 피부탄성 측정 시스템에서 나타나는 여러 가지 문제점을 해결하고 안정된 데이터를 측정하도록 측정시스템을 개선하였다. 기존의 측정시스템에서는 센서의 가압력이 정해진 값보다 많은 압력이 가해지는 경우가 발생하여 피험자가 통증을 느끼는 경우가 있었으며, 피부와 센서가 밀착되지 않은 상태에서 측정이 되는 문제점도 발생하였다. 그리고 측정시간이 약 7분정도로 예상보다 오래 걸려 피험자가 불편함을 호소하였으며 측정 도중에 컨트롤러와 컴퓨터 간의 신호가 중단되는 경우도 있었다. 따라서 이러한 문제점이 나타나는 원인을 찾고 해결하기 위하여 DMAIC방법론을 이용하여 “피부탄성 안정화를 위한 SOP수정”이라는 프로젝트를 담당 구성원들과 진행하였으며, 구성원들은 전체 프로세스를 정확히 파악한 후 프로젝트 진행사항과 보완사항을 수시로 공유하였다.

안정된 피부탄성 측정을 판단하기 위해서 피부 측정점수 지표표 CTQ(Critical to Quality)로 선정 하였으며, 기존의 프로세스맵의 문제점을 파악하였다. 그리고 입력인자와 출력인자의 발생 가능한 요인들을 정리하고 인자 간 인과관계를 규정하는 C-E diagram과 C&E 매트릭스를 작성하여 출력변수의 중요도를 할당하고 입력변수의 영향을 정량화 하였다. 이후 이를 통해 개선해야 할 측정시스템의 요인들을 찾았고 브레인스토밍을 통하여 SOP의 수정사항을 분석하였다. SOP를 수정한 후에 안정된 측정시스템을 지속적으로 유지하기 위하여 중요 항목을 문서화한 뒤 오퍼레이터가 측정할 때마다 체크할 수 있도록 관리하는 방안을 제시 하였다. 본 연구결과를 통하여 현재 개발 중인 피부탄성 측정기기의 측정시스템 개선에 적용할 수 있었으며,

이는 의료기기 시장에서 한방의료기기의 신뢰성 부분의 경쟁력을 확보할 수 있는 기술력이 될 것이다. 그리고 향후 본 프로젝트의 성과를 기초로 피부진단의 객관화 및 표준화 연구에 단계적으로 적용할 계획이다.

IV. 감사문

이 연구는 지식경제부 지원 오감형 한방 진단/치료 콘텐츠 개발 과제(D09091)의 지원을 받아 수행되었음.

참고문헌

1. 이제마. 동의수세보원. 서울:여강출판사. 1992:308.
2. 김종열, 김경요, 송정모. 체질판별표를 이용한 체질판별의 객관화 방안. 사상체질의학회지. 1998;10(1):181-213.
3. 이수현, 한성수, 최선미, 주종천, 김종열. 사상체질별 손등 피부 특성에 대한 임상 연구. 동의생리병리학회지. 2005;19(1):15-18.
4. 이수현, 주종천, 윤유식, 김종열. 연령 및 성별에 따른 사상체질별 손등 피부의 조직 세밀도 및 감촉 특성에 대한 임상 연구. 동의생리병리학회지. 2005;19(2):536-543.
5. 이재훈, 송한욱, 박연규, 김종열. 손등피부의 운동마찰 계수 획득을 위한 컨트롤 요소 및 측정에 관한 연구. 한국한의학연구원논문집. 2008;14(3):103-111.
6. Song HW, Lee SJ, Park YK, Woo SY. Quantitative Sasang Constitution Diagnosis Method for Distinguishing between Tae-eumin and Soeumin Types Based on Elasticity Measurements of the Skin of the Human Hand. eCam. 2009;6:93-98.
7. 송한욱, 박연규. 손등 피부 마찰계수를 이용한 태음인과 소양인 간의 체질구별. 전자공학회논문지. 2010;47:52-61.
8. 이전, 이유정, 이해정, 최은지, 김종열. 6시그마 기법을 통한 안정된 맥파측정 프로세스 설계. 한국한의학연구원 논문집. 2006;12(2):85-92.