

6시그마 기법을 통한 안정된 맥파측정 프로세스 설계

이전, 이유정, 이해정, 최은지, 김종열
한국한의학연구원

Abstract

A Case Study of Six Sigma Project for Improving method of measuring pulse wave

Lee Jeon, Lee Yujung, Lee Haejung, Choi Eunji, Kim Jongyeol
Korea Institute of Oriental Medicine

Pulse is one of the basic diagnostic information of TKM(Traditional Korean Medicine). To quantify and standardize pulse diagnosis, we had collected an amount of clinical data from May 2005 by using newly developed pulse analyzer. But there were many noises in pulse wave according to measuring method, environment, operator and condition of patient. So some data can't be included for analyzing pulse diagnosis. To reduce noises from measuring pulse and to collect reliable pulse wave data, we made the process map of measuring method and applied six sigma project. With this we can improved the method of measuring pulse wave in collecting clinical data. The project follows a disciplined process of five macro phases: define, measure, analyze, improve and control(DMAIC). A process map and C-E diagram are used to identify process input and output variables. The major input variables are selected by using C&E matrix, and process map is developed by analyzing input variables. And the optimum process conditions are going to be controled to avoid increasing loss of collecting pulse wave data.

Key Words: Six Sigma, Pulse wave, Pulse diagnosis, pressure pulse parameter

1. 서론

한의학에서 중요 진단방법의 하나인 맥진은 절진(切診)의 한 방법으로 손가락 끝에서 느껴지는 맥의 느낌을 맥상(脈象)이라는 용어로 설명하여 다양한

손끝의 느낌에 따라 진단에 활용하고 있다¹⁾. 그러나 한의사의 경험에 의해 구전되거나 전수된 '맥상'은 그 판단 기준이 모호하여 맥상을 가시화하거나 한의 진단에 사용되는 대표맥상을 표준화하는 것이 시급하다. 이러한 연구에는 신뢰성 있는 데이터 수집이 필수적이며, 본 연구팀은 3D 맥진기를 통하여 2005년 7월부터 기초임상 데이터를 포함한 맥진데이터를 수집 중이다. 수집한 데이터를 분석한 결과 측정환경, 측정장비, 측정대상, 측정방법에 의한 노이즈가 발생하여 연구에 활용할 수 없는 다수의 데이터가 존재하였다. 따라서 이러한 문제점을 보완하고 피험자의 상태를 최대한 반영한 신뢰성있는 데이터 수집을 위한 프로젝트의 필요성을 확인하였으며, 이를 위해 6시그마 혁신활동을 적용하였다.

6시그마 경영은 모든 품질수준을 정량적으로 평가하고, 문제해결 과정과 전문가양성 등의 효율적인 품질문화를 조성하며, 품질혁신과 고객만족을 달성하기 위해 전사적으로 실행하는 21세기형 기업경영 전략이다.²⁾ 6시그마는 Motorola(1987)에 이어 Texas Instrument(1988), Asea Brown Boveri(1933), Allied Signal(1994), General Electric(1995)등에서 성공적으로 적용되었으며, 이러한 성과는 이후 6시그마 개선활동이 품질혁신의 중요한 수단으로 인식되는데 큰 역할을 하게 되었다. 최근에는 Polaroid, Bombardier, Lockheed Martin, SONY, Nokia 등 미국 기업과 더불어 아시아와 유럽의 많은 기업들도 6시그마를 도입하여 적용하고 있다. 국내기업에서도 1996년 LG전자와 삼성SDI를 시작으로 6시그마를 도입하기 시작하였으며, 다수의 기업에서 활발하게 적용하여 많은 성과를 거두고 있다. 또한 대기업과 협력관계에 있는 많은 중소기업들뿐만 아니라 제조, 서비스, 유통, 금융기관이나 공공기관과 지방자치단체에 이르기까지 폭넓고 빠르게 6시그마가 도입되고 있다. 이렇게 제조기업 뿐만 아니라 서비스 기업, 심지어 정부기관에서조차 6시그마를 도입하는 이유는 6시그마 활동이 단순히 경영의 특정부문(생산부문)에 한정된 개선방법이 아니라 넓은 의미의 품질을

향상시키는 경영전반에 걸친 혁신운동으로 인식되고 있기 때문이다. 즉 6시그마는 모든 프로세스와 관련해 총체적인 접근법을 활용하고 있는 종합적인 혁신활동이다.

본 연구에서는 수집된 맥진데이터 중에서 노이즈가 발생하는 문제를 해결하기 위해 6시그마 기법을 맥진기 측정시스템에 적용하였다. 이를 통해 기존의 맥진기 측정과정에서 발생한 맥과 신호의 노이즈 발생률이 감소하였고 개선된 측정시스템의 효과를 분석하였다.

2. 대상 및 방법 (연구 방법 및 결과)

본 연구는 맥진의 표준화와 객관화 연구를 위한 기초단계로서 안정된 맥과 측정을 연구 범위로 정하였다. 맥진 임상데이터 수집 시 사용되는 맥진기는 압저항 압력센서 5개가 십자 모양으로 배치되어 있는 (주)대요메디의 3D 맥진기이다. 이는 피험자 요골동맥에서 혈관의 위치를 자동 검출가능하고, 5단계로 가압범위를 달리하면서 가압과 함께 맥압을 동시에 측정할 수 있는 장점을 갖고 있다. 그러나 노이즈가 포함된 데이터가 발생하여 측정된 데이터를 모두 분석할 수 없는 문제점이 있다. 이를 개선하고자 6시그마 기법인 DMAIC(Define, Measure, Analyze, Improve, Control)을 적용하였다.

1) 정의(Define) 단계

(1) 문제의 인식

수집된 맥진 임상데이터의 각 단계별 맥파를 살펴보면, 맥파의 베이스라인이 일정하지 않고 기울어져 있거나, 주파의 크기가 갑자기 커지거나 작아지는 경우가 간혹 있었다. 그리고 센서 이상에 의해 신호가 들어오지 않았는데 오퍼레이터가 인지하지 못해

그냥 측정된 데이터도 있었다. 이러한 데이터들은 분석하기에 적합하지 않은 데이터이므로 맥진데이터 분석 시 제외시켜야 한다. 이렇게 제외되는 불안정한 데이터는 측정된 장소, 오퍼레이터, 피험자의 상태, 맥진기센서의 상태에 따라 제외되는 비율이 다르고, 데이터 관리에 많은 어려움을 겪고 있어 맥진기 측정방법에 대한 시급한 개선이 요구되고 있는 상황이다. 지난 2005년 지방의 J 한방병원에서 수집된 맥진 데이터는 총 159개였지만 이 중 노이즈로 인해 분석에서 제외된 데이터는 63%였다. <그림 1>에는 정상 데이터와 함께 맥파의 주기가 일정치 않고 베이스라인이 움직인 불안정한 맥파데이터의 예를 나타내었다. 만약 이러한 문제점을 개선하지 못할 경우 향후 맥진기 임상데이터 수집의 효율성이 떨어지며, 수집된 맥진기 데이터의 신뢰성에 대해서도 장담할 수 없는 상황이다.

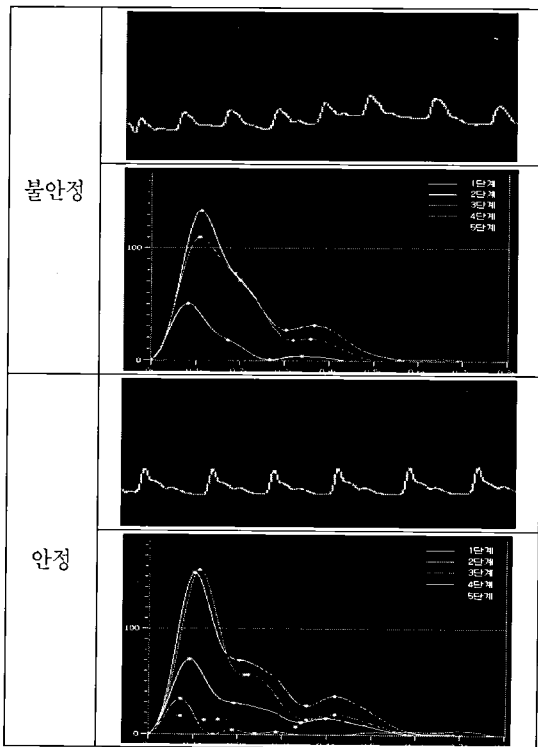


그림 1. 불안정하게 측정된 맥진데이터 예

(2) 프로젝트 선정

신뢰성 있는 데이터 수집에서 문제점을 파악한 후, 이를 해결하기 위한 6시그마 프로젝트를 “안정된 맥파 측정”으로 선정하였다. 그리고 안정된 맥파가 측정되었는지 여부를 평가하는 기준인 CTQ (Critical to Quality)를 맥파측정점수로 명시하였다. 맥파측정점수를 구성하는 성과지표는 <표 1>과 같이 정하였고, 각 지표는 서로 다른 가중치를 갖는 2점 척도로 설계하여 맥파측정점수가 계산되도록 하였다. 프로젝트의 목표기준은 맥파측정점수가 6점 미만인 경우로 하였으며, 6점 이상이 나오는 경우는 재측정하거나 분석 시 그 데이터를 제외하기로 하였다. 프로젝트를 시행한 후에 나타나는 효과와 인식된 문제점, 프로젝트 팀 구성 및 시행일정을 구체적으로 프로젝트 기술서로 문서화 하였다. 이렇게 정의단계를 최종적으로 정리한 프로젝트기술서는 지면상 생략하였다.

표 1. 맥파측정점수 지표

지표	이상 없음	이상 있음
일정 크기 이상의 주파 유무	0	6
맥파의 베이스라인 변동 유무	0	4
반복된 맥파 모양의 일치도 유무	0	2
주기의 일정 유무	0	2
고주파 잡음 존재 유무	0	1

2) 측정(Measure) 단계

(1) 측정시스템 분석

맥진 데이터 수집은 실제 프로세스에 의한 변동을 줄이는 것도 중요하지만 측정시스템에 관련된 측정 변동 또한 매우 중요하다. 맥진기의 측정시스템의 변동이 크다면 프로세스의 상태를 잘못 해석하게 될

수 있고, 그것으로 인한 결과 또한 프로젝트 목표와는 거리가 멀게 된다. 따라서 피험자를 반복 측정 하였을 때 맥압의 값이 일정하게 나오는지 알아보기 위해 Gage R&R을 이용하여 맥진기의 반복성(repeatability)을 검증하였다. 맥진기에서 출력되는 맥파의 변수 중 1단계에서 5단계로 증가하는 가압력에 따라 측정되는 1단계에서 5단계의 맥압값을 분석함으로써 본 실험에서는 맥압의 반복성을 알아보았다. 분석방법은 1명의 오퍼레이터가 10명의 피험자를 대상으로 각각 4회씩 3분 간격으로 반복 측정된 맥압의 데이터를 이용하였다. 4회 측정된 것 중 Gage R&R값은 1번째와 2번째 측정된 것을 비교한

것보다 2회 이후의 데이터를 비교한 것이 더욱 낮게 나타났다. <표 2> 이는 피험자가 처음 측정할 때보다 누워서 휴식하는 시간이 증가하여 피험자의 노이즈가 감소하여 나타난 결과로 해석하였다. 일반적으로 Gage R&R값이 10%미만일 경우에는 양호한 측정시스템을 갖는다고 평가한다.⁹⁾ 하지만 본 실험에서 측정대상인 맥은 항상 변하는 값이므로 맥파 자체의 변동성을 고려하여 측정시스템의 양호한 평가 기준을 30%로 정하여 판단하기로 하였다. 따라서 2회 이상부터 측정된 데이터를 분석한 결과, Gage R&R 30%를 기준으로 맥진기의 측정시스템이 안정된 반복성을 가짐을 판정하였다.

표 2. 1차 Gage R&R 분석 결과(단위: %)

측정순서 맥압단계	1회-2회	2회-3회	3회-4회
맥압1	11.13	7.02	2.65
맥압2	6.53	5.94	1.67
맥압3	38.06	9.44	21.01
맥압4	42.50	11.71	11.79
맥압5	23.10	5.14	2.22

(2) 프로세스맵

안정된 맥파 측정을 위한 프로세스의 과정을 정리하고, 실제 프로세스에서 안정된 맥파 측정에 비효율성을 일으키는 요인이 무엇인지 알아내고 분석하기 위하여 프로세스맵을 작성하였다. <그림 2>에는 작성된 프로세스맵을 나타내었다. 그리고 각 단계별 입력인자와 출력인자의 발생 가능한 요인들을 정리하고 인자 간 인과관계를 규명함으로써 C-E diagram(Cause and Effect diagram)을 작성하였다. <그림 3>은 작성된 C-E diagram을 나타낸 것이다. 또한 출력변수의 중요도를 할당하고 입력변수의 영향을

정량화하여 C&E 매트릭스를 작성하였다. 작성절차는 우선 프로세스 맵을 검토한 후 매트릭스의 상단 행에 출력변수(Y)를 열거하고 각 출력변수의 중요도 점수를 매긴 후, 프로세스맵 및 C-E diagram을 통해 Y에 영향을 준다고 도출된 잠재적인 X를 왼쪽 열에 기입하였다. 그 다음 Y에 대한 각 X들의 영향을 점수화 하여 매트릭스 내부에 기입하고 출력변수의 중요도 점수와 X의 중요도 점수를 곱하여 모두 합산하였다. 이렇게 작성된 C&E 매트릭스는 <그림 4>에 나타내었다. 이를 통해 다음 단계에서 분석해야 할 입력변수들의 영향도를 알 수 있었다.

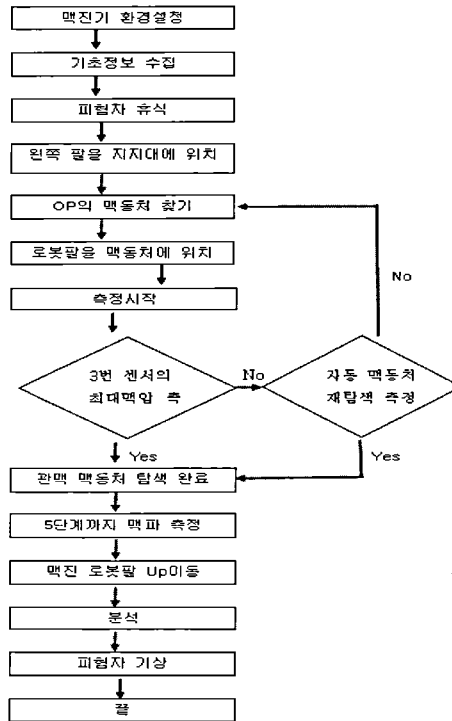


그림 2. 프로세스 맵

C-E diagram (Cause and Effect diagram)

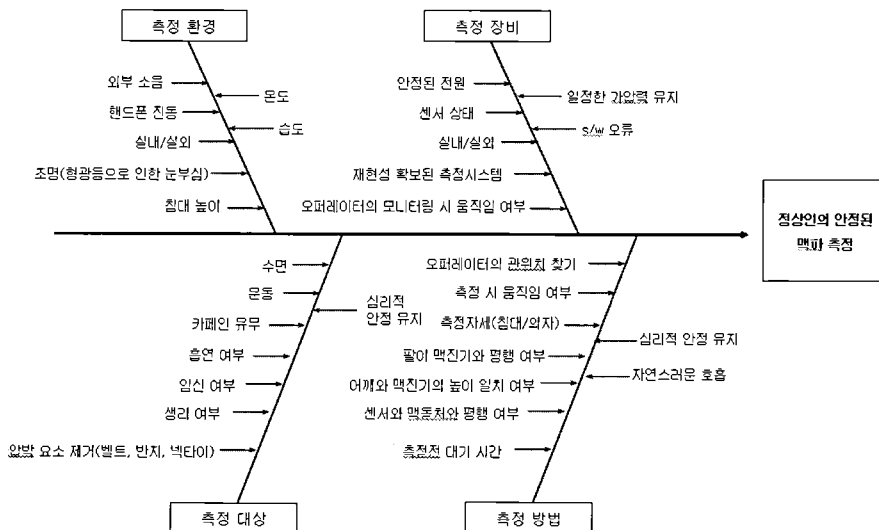


그림 3. C-E diagram

C&E 매트릭스		출력변수 (KPOV)	기초 설문	피험자 인정 상태 확보	심장과 맥동처 높이 일치	원활한 혈관 흐름 확보	관안한 피험자 측정자세 확보	센서와 피험자 팔의 접촉 여부	최적 맥동 위치 설정	최적의 관 맥동처 확정	5단계 안정적인 맥파신호 획득 및 저장	합계	%(합계)
		가중치	8	7	6	7	9	3	8	5	8		
구분	입력변수(KPIV)												
핵심변인	외부소음	Controllable	0	6	0	0	1	0	0	0	0	51	1.7%
	핸드폰 진동	Controllable	0	7	0	0	1	0	0	0	0	59	2.0%
	실내/실외	Controllable	2	6	0	0	2	0	0	0	0	76	2.6%
	조명(화광등 등부식)	Controllable	0	4	0	0	1	2	0	0	0	43	1.4%
	침대높이	Controllable	0	1	6	6	1	0	0	0	0	94	3.2%
	온도	Noise	0	5	0	0	1	0	0	0	0	44	1.5%
핵심변인 비	습도	Noise	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7	0.2%
	이정된 전원	Controllable	0	0	0	0	0	0	0	1	3	29	1.0%
	센서상태	Controllable	0	0	0	0	0	0	0	8	8	104	3.5%
	센서부착상태	Controllable	0	0	0	0	0	5	0	7	7	106	3.6%
	재현성 확보된 측정시스템	Controllable	0	0	0	0	0	0	0	5	6	73	2.5%
	오퍼레이터의 모니터링 시 움직임	Controllable	0	2	0	0	1	0	0	5	4	80	2.7%
	맥진기 높이	Constant	0	0	6	6	1	2	0	0	0	93	3.1%
	일정한 가압력 유지	Noise	0	0	0	0	0	0	0	0	9	72	2.4%
	S/W 오류	Noise	0	0	0	0	0	0	0	4	7	76	2.6%
	수면	Controllable	5	0	0	0	0	0	0	0	0	40	1.3%
	운동	Controllable	7	4	0	4	1	0	0	0	0	121	4.1%
	카페인유무	Controllable	9	5	0	4	0	0	0	0	0	135	4.6%
	흡연여부	Controllable	9	5	0	4	0	0	0	0	0	135	4.6%
	임신여부	Controllable	7	7	0	6	2	0	0	0	0	165	5.6%
	생리여부	Controllable	7	1	0	1	0	0	0	0	0	70	2.4%
관압박요소제거(벨트)	Controllable	0	2	0	5	1	0	0	0	0	58	2.0%	
관압박요소제거(반지)	Controllable	0	0	0	2	0	0	0	0	0	14	0.5%	
관압박요소제거(넥타이)	Controllable	0	2	0	3	2	0	0	0	0	53	1.8%	
심리적 안정 유지	Noise	1	6	0	3	1	0	0	0	0	80	2.7%	
오퍼레이터의 광위치 찾기	Controllable	0	0	0	0	0	0	10	4	2	116	3.9%	
측정 시 움직임 여부	Controllable	0	0	2	3	0	0	8	6	9	199	6.7%	
측정자세(침대/의자)	Controllable	0	2	4	4	6	0	0	2	2	146	4.9%	
팔이 맥진기와 평행 여부	Controllable	0	0	0	6	5	0	0	1	3	116	3.9%	
어깨와 맥진기의 높이 일치 여부	Controllable	0	0	5	7	5	0	0	1	3	153	5.2%	
센서와 맥동처와 평행 여부	Controllable	0	0	0	0	3	0	0	5	3	76	2.6%	
측정 전 대기시간	Controllable	0	7	0	2	0	0	0	0	0	63	2.1%	
자연스러운 호흡	Noise	0	2	0	5	4	0	0	0	0	85	2.9%	
측정시 수면여부	Controllable	1	0	1	7	2	0	0	3	5	136	4.6%	
2967												100.0%	

그림 4. C&E 매트릭스

3) 분석(Analysis) 단계

분석단계에서는 프로세스에 큰 영향을 주는 Vital Few X인자들을 규명해 주었다. C&E 매트릭스에서 프로젝트Y에 영향을 미치는 순으로 정렬된 X인자에 대해 브레인스토밍을 통해 각 X인자들의 범위를 정해주었다. Vital Few X인자 중 맥진기 측정자세가 얼마나 영향을 주는지 알아보기 위해 한명의 피험자를 대상으로 모든 프로세스는 동일하게 유지하면서 앞서 측정된 경우와 누워서 측정된 결과를 비교해보았다. 그 결과 앞서서 12번 측정된 것 중 42%는 2점이 나오고 나머지 58%는 0점이 나왔다. 누워서 15번 측정된 결과는 100% 모두 0점이 나왔다. 2점이

나타난 데이터의 맥파를 살펴보면 <그림 5>와 같이 맥파의 시작점들을 이은 베이스 라인이 누워서 측정된 맥파보다 일정하지 않음을 알 수 있었다. 따라서 맥진기의 측정자세는 누워서 측정하는 것으로 정하였다. 이렇게 기존의 프로세스맵의 각 단계에서 미치는 영향을 고려하여 X의 범위를 구하였고, 새로운 프로세스맵과 각 단계에서의 측정과정을 세부적으로 정리하여 문서화 하였다. 그리고 새로 작성된 프로세스맵을 바탕으로 4명의 피험자를 대상으로 반복 측정 실험하여 맥파측정점수를 분석하였다. 4명의 피험자를 측정된 총 횟수는 75회였고, 이중 맥파측정점수가 0점인 경우는 98%, 2점이 나온 경우는 2%로 양호한 상태의 맥파가 측정되었다.

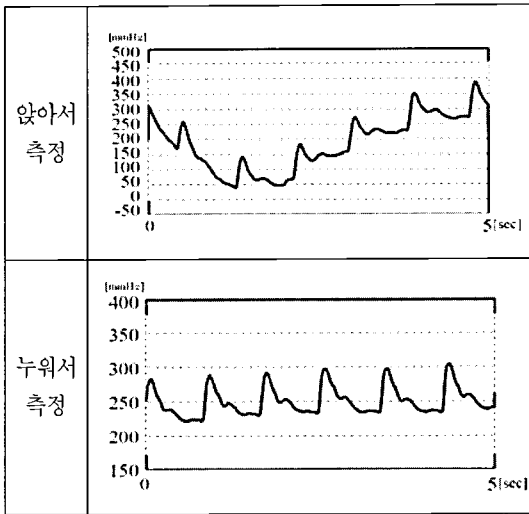


그림 5. 측정자세에 따른 맥파 비교

4) 개선(Improve) 단계

개선단계는 분석단계에서 선정된 중요 입력변수X들을 중심으로 문제를 해결하기 위한 대책을 수립하는 것으로, 최적 조건 설정이나 최적의 대안을 설정하는 단계이다. 분석단계에서 개선된 프로세스 맵으로 실험한 경우에 안정된 맥파획득이 전체적으로 달성됨을 확인하였고 이를 통해 프로젝트Y를 위해 개선해야 할 중요 X인자들에 대한 최적 조건 설정이나 최적의 대안은 이미 분석단계의 개정된 프로세스맵에서 설정된 것으로 결론을 내렸다.

5) 관리(Control) 단계

관리단계는 프로세스의 최적화를 실시한 후에 지속적으로 유지/관리하기 위하여 체계적인 관리시스템을 갖추어 프로세스를 관찰할 수 있는 단계이다. 일련의 단계를 거쳐 프로세스 개선을 하였다 하더라도 그 개선사항을 지속적으로 유지 및 관리하지 못한다면 프로세스는 원 상태로 돌아갈 수 있다. 따라서 앞으로 개선된 측정프로세스를 누가 언제 실행하

더라도 동일한 실행 결과를 얻을 수 있도록 프로세스 관리계획을 구축하였다. 먼저 개선된 측정프로토콜에서 제어되는 X인자들과 제어 범위를 측정 시 빠짐없이 체크할 수 있도록 피험자 설문지에 항목을 추가하였다. 그리고 개선된 프로젝트에서 세부측정 과정을 오퍼레이터가 측정할 때마다 읽을 수 있도록 자료를 준비하여 측정방법을 표준화 하였다. 이와 통해 오퍼레이터가 맥진기 측정 시 측정환경이나 측정대상, 측정 장비에 대해 제어해야할 요소를 빠뜨리는 실수를 방지하도록 관리할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 향후 데이터의 신뢰성을 뒷받침해줄 수 있는 자료가 될 것으로 기대한다.

3. 결론

본 논문에서는 안정된 맥파 측정을 위한 방법을 개선하기 위해 6시그마 기법인 DMAIC의 프로젝트 추진 절차를 이용하였다. 본 프로젝트 구성원은 프로세스 전체를 정확하게 파악한 후 프로젝트를 진행하였고, 수시로 진행되는 브레인스토밍을 통해 프로젝트 진행사항과 보완사항에 대한 정보를 공유하도록 하였다. 안정된 맥파 측정을 판단하기 위한 기준을 정하여 관리할 수 있도록 맥파측정점수라는 CTQ를 선정하였으며, 프로세스 맵, C&E Diagram과 C&E 매트릭스를 통해 입력인자와 출력인자를 선정하고 인과관계를 정리하여 이를 대상으로 발생 가능한 요인들을 규정하였다. 그리고 이를 통해 새로 개선된 프로세스를 구축하여 측정한 결과, 안정된 맥파가 측정된 비율이 높아져 프로세스의 최적화를 달성하였다. 그리고 이 과정을 지속적으로 관리하기 위해 관리시스템을 만들어 프로세스를 표준화 하였다.

6시그마 기법을 사용한 결과 기존의 경험에 의존하는 판단보다는 더 객관적이고 분석적인 방법으로 프로세스 개선안을 찾을 수 있었다. 그리고 이러한

방법이 훨씬 체계적이어서 안정된 맥과 측정하기 위해 더 빨리 도달할 수 있는 방법으로 입증되었다. 본 연구방법을 통하여 현재 개발 중인 한방의료기기의 측정시스템 개선에 적용할 수 있었으며 이는 의료기기 시장에서 한방의료기기의 신뢰성 부분의 경쟁력을 확보할 수 있는 기술력이 될 것이다. 그리고 향후 연구 계획으로 본 프로젝트의 성과를 기초로 맥진의

객관화, 표준화 연구에서 단계적으로 적용하여야 할 것이다.

감사의 글 : 본 연구는 보건복지부 한방치료기술개발사업 (0405-OI00-0815-0002)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참 고 문 헌

- 1) 김종열, 김경요, 고기덕. 「맥진기의 문제점과 개선방안에 관한 연구」. 『대한한의진단학회지』. 1998;3(1):28-36
- 2) 안승철, 이재원, 김건호, 윤성필, 임성욱, 조태연. 『MINITAB과 식스시그마 경영』, 자유아카데미. 2005
- 3) 이민구, 곽효창, 「스팟 용접공정의 TIP 수명 향상을 위한 6시그마 프로젝트 사례」. 『품질경영학회지』. 2005;33(1):88-100
- 4) 정하성, 이동화, 이민구, 「프로젝트 위험관리강화를 통한 원가개선의 6시그마 사례」. 『품질경영학회지』. 2005;33(3):135-148
- 5) 홍성훈, 반재석, 「모니터 소재의 색상편차 개선을 위한 6시그마 프로젝트」. 『품질경영학회지』. 2001;29(3):166-176
- 6) 박영배. 「맥진기의 현황과 전망」. 『대한한의진단학회지』. 1997;1(1): 86-94
- 7) 김경철, 신순식, 강희정, 차철용. 「맥진의 현대적인 객관화 연구를 위한 기반조사 -1. 기계적 측정법에 대한 비교연구」. 『동의생리병리학회지』. 2003;17(5) : 1147-1150
- 8) 신상훈, 박영백, 임혜원, 김기왕. 「중국의 맥진 객관화 연구 동향」. 『대한한의진단학회지』. 2004; 8(2): 45-56
- 9) 원유동. 『MINITAB을 이용한 6시그마 기초실무』, 무역경영사. 2004