

6-시그마 기법을 이용한 자기공명영상 검사 실적 개선에 대한 연구

성 열 훈*

*청주대학교 방사선학과

A Study on the Performance Improvement for Magnetic Resonance Imaging Examination by Using the 6-Sigma Application

Youl-Hun Seoung*

*Department of Radiology, The Cheongju University

Abstract

The purpose of the study was to improve of performance for Magnetic Resonance Imaging (MRI) examination in the department of radiology. It was performed DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control). In the stage of definition, The fifth kinds of CTQ (critical to quality) by the kindness, the waiting time, the examination explanation, the waiting time and the waiting environment were selected by voice of customer. In the stage of measurement, the performed examinations and the reservation waiting time were measured each 1.77 and 1.69 sigma. In the stage of analysis, the potential key causes were determined the limited working hours and the difference of examination time of various entries. In the stage of improvement, MRI were performed with the operating system of 24 hours examination and the optimization of the difference of examination time by among of 30 minutes, 40 minutes, 50 minutes. Finally, the number of examinations and reserved waiting days were measured by each 3.17 and 1.71 sigma in the control stage.

Keywords : Six Sigma, DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), Magnetic Resonance Imaging, Performance Improvement

1. 서 론

6-시그마 기법은 모토롤라에 근무하던 Mikerl J. Harry에 의해 1987년 창안된 이후 기업체 중심으로 발전되어 왔다[10]. 이후 1995년 GE 잭웰치 회장의 주도 하에 GE Work-Out이라는 경영기법을 바탕으로 6-시그마를 도입하여 6-시그마 경영기법으로 발전시키는 계기가 되었다[15]. 이 기법은 경영성과를 나타내는 모든 지표를 시그마란 통계적 의미의 수준으로 변환하여 현재 경영상태를 분석하고 다음 목표를 설정할 수 있다. 이를 바탕으로 경영관리의 지표로 삼은 후 문제 해

결 프로세스를 통하여 개선안을 제시하고 무결점에 가까운 성과를 내기 위한 경영혁신 법 중 하나이다[11].

최근에는 6-시그마가 의료기관의 경영 혁신 대안으로 급격히 부상하고 있다[1]. 따라서 의료시장에는 2000년 초반부터는 대형병원을 중심으로 의료서비스 개선을 위한 기법으로 적용되었다. 그 이유는 고객욕구의 변화, 의료 환경의 변화, 의료기관간의 생존경쟁 심화 등으로 인해 의료기관 경영의 어려움이 가중됨에 따라 의료기관의 생존과 차별화된 경쟁력 확보를 위한 새로운 경영 기법이 필요하기 때문이다[2].

† 교신저자: 성열훈, 충청북도 청주시 상당구 대성로 588번지 청주대학교 방사선학과

M · P: 010-2909-7974 E-mail: radimage@cju.ac.kr

2011년 4월 11일 접수; 2011년 6월 8일 수정본 접수; 2011년 6월 10일 게재확정

또한 기존에는 고객의 요구에 부응하기 위해 모든 업무과정을 분석하고 향상시키는 과학적 방법으로 품질 향상 (Quality Improvement, QI) 활동이 지속적으로 진행되어 왔지만 단순한 질 관리뿐만 아니라 경영성과와 연계할 수 있는 6-시그마 활동으로 확대하여 진행하고 있다[3].

일반적으로 사용되고 있는 6-시그마의 문제 해결 프로세스는 현재의 문제를 정의 (Define)하고, 발생된 문제의 수준을 측정 (Measure)하여, 현실의 문제를 통계적 의미로 변환시키고, 문제에 대한 핵심인자를 도출하여 문제의 원인을 분석 (Analyze)하여, 문제의 통계적 해결안을 찾아서 현실의 문제를 개선 (Improve)하고, 개선된 문제가 다시 발생하지 않도록 핵심인자를 표준화하고 관리 (Control)하는 프로세스로 구성되어 있다 [4]. 이처럼 의료분야에서의 6-시그마는 각 부서별 어려운 문제, 목표달성의 중요도, 시민불만, 경비절감요소, 미래 경비절감요소 등을 기준으로 프로젝트를 선정하기도 하고 개인건강 보험회사 요구사항에 대한 순응, 관절 치환술 프로그램, 수술취소와 재 스케줄링 과정에 접목시켜 병원 의료서비스의 효율성을 높이기도 한다 [12,13]. 그 외 환자의 혈류감염정도를 감소시키는 성과가 있었다[14]. 국내에서는 임상 약동학 서비스의 효율적인 관리와 의료영상저장전송시스템 (Picture Archiving and Communication System, PACS) 운영체계 품질관리 그리고 병원미수금 관리 효율화 방안, 의료서비스 품질관리를 위한 관리항목 도출 등의 활동으로 전파되고 있다[5~8]. 특히 영상의학과에 시행하는 검사들은 대다수가 고가의 수가로 병원 경영에 많은 영향을 미치며 만성적인 대기시간은 고객들의 큰 불만의 요소이다[9].

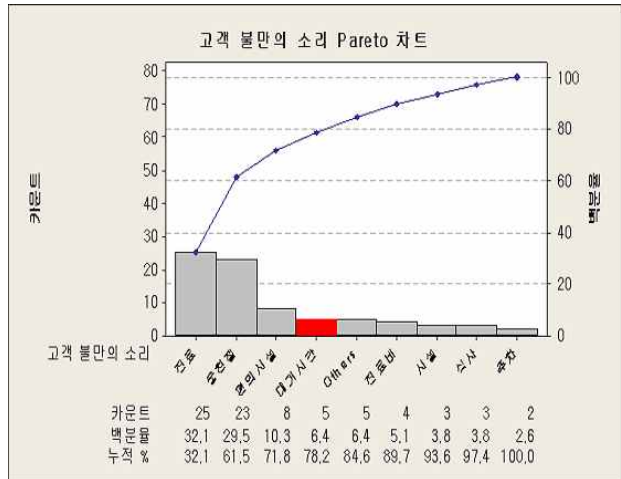
따라서 본 논문에서는 고가 검사이면서 긴 예약 대기일을 요구하는 자기공명영상 (Magnetic Resonance Imaging, MRI) 검사를 6-시그마 기법을 적용하여 경영실적을 향상시키고 예약대기일을 단축하고자 하였다. 논문의 구성은 일반적으로 사용되고 있는 6-시그마의 문제 해결 프로세스인 정의 단계, 측정 단계, 분석 단계, 개선 단계 순으로 진행하였으며, 관리 단계는 본 논문의 결과에서 기술하였다.

2. 연구 방법

2.1 정의 단계

현 상황을 파악하고 문제점을 도출하는 단계로 대상 고객은 수도권 소재 S대학병원의 내원하는 고객들로 하였다. 그리고 고객들의 불만 사항을 파악해서 문제를

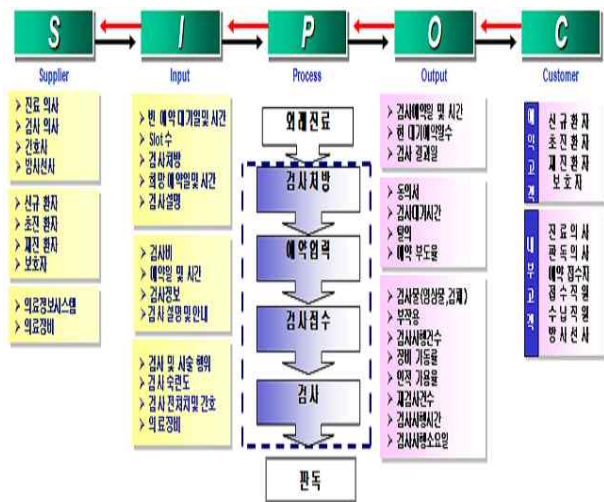
해결할 수 있는 품질특성 (critical to quality, CTQ)를 정의하기로 하고 고객 감동 적정관리 전담부서의 조사 분석 자료를 근거로 제기된 민원을 파레토 (Pareto) 분석한 결과 대기시간이 상위를 차지하고 있었다[그림 1].



[그림 1] 고객들이 제기한 민원에 대한 파레토 분석

특히, 자기공명영상 검사를 받는 고객들을 무작위로 선별하여 총 100명에게 고객의 소리 (voice of customer, VOC) 설문조사를 한 결과 검사예약 대기일에 대해 불만족가 가장 큰 것으로 나타났다.

대기일 증가에 따른 고객의 소리를 체계화한 결과, 친절도, 검사대기시간, 검사설명, 검사예약대기일수, 검사대기 환경으로 총 5가지의 품질특성이 선정되었다. 그리고 개선 프로세스의 범위를 정하기 위해 SIPOC (supplier, input, process, output, customer)분석을 하여 [그림 2]와 같이 검사처방, 예약입력, 검사접수, 검사까지를 범위로 결정하였다.



[그림 2] 영상의학과 프로세스에 대한 SIPOC 분석

팀원의 구성은 총 9명으로 챔피언 1명 (champion, 영상의학과장 교수), 프로세스 오너 1명 (process owner, 영상의학과 팀장), 마스터 블랙 벨트 1명 (master black belt, 6-시그마 전문가), 블랙 벨트 1명 (black belt, 방사선사), 그린 벨트 5명 (green belt, 영상의학과 전임교수 1명, 방사선사 2명, 간호사 2명)이 구성되었다.

2.2 측정 단계

본 단계는 선정된 CTQ를 측정이 가능한 과제의 핵심 성과 지표 CTQ(Y)로 정의하여 현재 수준을 파악하고 CTQ(Y)의 변동에 영향을 미치는 잠재원인 변수(X's)를 발굴하는 단계이다. 이를 위해 SIPOC분석에서 도출된 output indicator (일일검사건수, 검사대기소요일, 장비가동률, 예약대기일수, 업무수행능력, 예약부도율, 검사시간, 환자대기시간, 슬롯 수 등)와 선정된 CTQ들을 우선순위 매트릭스(matrix)를 이용하여 가장 많은 점수를 얻은 검사시행건수와 예약대기일수를 최종 CTQ(Y)로 결정하였다<표 1>.

<표 1> 핵심 성과 지표 CTQ(Y)를 도출하기 위한 우선순위 매트릭스

Indicator	CTQ's					순위
	친철도 (중요도*10)	검사대기시간 (중요도*20)	검사실명 (중요도*10)	검사예약 대기일수 (중요도*40)	계 (100)	
일일 검사건수	59	129	47	280	94	609 1
검사대기 소요일	49	94	24	211	37	416 3
장비가동률	16	77	21	166	37	317 8
예약 대기일수	50	83	24	280	37	474 2
업무 수행능력	36	97	41	120	31	326 7
예약 부도율	16	49	13	246	31	354 4
검사 시간	36	129	24	86	66	340 5
환자 대기시간	36	94	30	51	94	306 9
재검사 건수	24	57	13	109	20	223 10
Slot 수	19	71	19	189	31	329 6

검사시행건수에 대한 운용정의는 자기공명영상에 대한 장비 별 평균 총 검사시행건수로 하였다. 측정 단위는 장비 당 시행한 일일 건수로 하였으며, 측정 산식은 아래 식과 같다.

$$MRI\text{검사시행건수} = \frac{MRI(1) + MRI(2) + \dots + MRI(n)}{n}$$

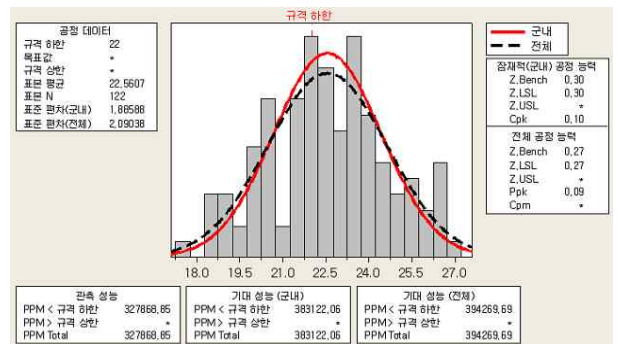
* n : 장 비 수

예약대기일수에 대한 운용 정의는 실제 고객이 대기한 일수로 하였다. 측정산식은 검사 시행일에서 검사의뢰 당일을 제외한 날짜를 계산하였다. 이때 당일 검사와 질병을 관찰하기 위해 일정기간을 요구하는 재진 환자 중 14일 이상의 환자들은 제외하였다. 사용된 데이터들은 그림 3과 같이 본원에서 사용하고 있는 의료정보시스템 (medical information system, MIS)을 이용하였다.



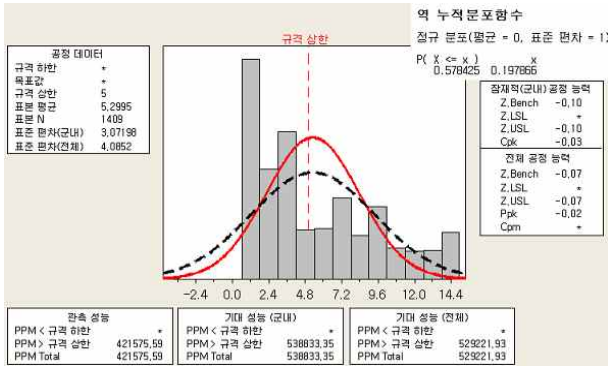
[그림 3] 의료정보시스템 (medical information system, MIS)에서 추출된 데이터

이들을 토대로 현 수준을 파악하기 위해 6개월 동안의 시행한 데이터들의 안정성과 정규성을 검정을 한 결과 검사시행건수의 P-value가 0.145로 유의수준인 0.05보다 크게 나와 정규성을 나타냈다. 그러나 예약대기일의 P-value는 0.005로 유의수준인 0.05보다 작게 나와 정규성을 확보하지 못하였다. 그리고 6-시그마에서 사용하는 수준 척도인 DPMO (defect per million opportunities), 시그마 수준 등을 알기 위해 MiniTab을 이용하여 검사시행건수의 공정능력을 파악하였다. 그 결과 장비당 일평균 건수는 22.6건이었으며 현재 DPMO 값은 394,269이었으며, 시그마 수준은 1.77 시그마였다 [그림 4]. 이때 전년도 1년 평균 대비 영상의학과 목표 기준인 5% 향상에 맞추기 위해 규격하한 값을 22건으로 하였다.



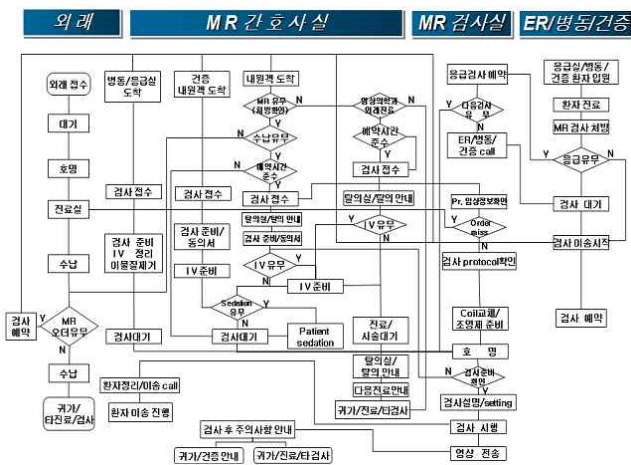
[그림 4] 개선 전 검사시행건수에 대한 공정능력 분석

한편, 예약대기일에 대한 공정능력 분석은 데이터가 정규성을 갖지 못한 관계로 기대 성능 (군내)에서 도출된 PPM (parts per million)값을 역 누적함수 분포를 이용하여 시그마 수준을 파악했다. 그 결과, 현재 예약대기일은 평균 5.3일이었으며, DPMO 값은 421,575 (관측능력)이었으며, 시그마 수준은 1.69 시그마였다 [그림 5]. 이때 자기공명영상검사에 대한 임상 진료 교수님의 비즈니스 핵심 요구 사항 (critical business requirement, CBR)이 늦어도 5일안에 검사가 실행되기를 원하였기 때문에 규격상한을 5일로 정하였다.



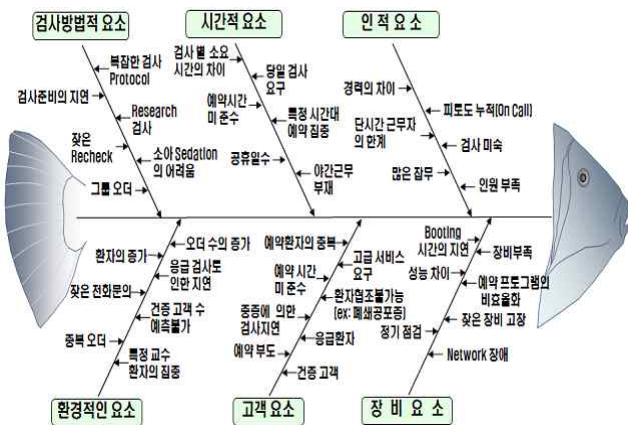
[그림 5] 개선 전 예약대기일에 대한 공정능력 분석

다음은 잠재원변수(X's)를 발굴하기 위해 프로세스 이해, 팀원들의 브레인스토밍 (Brainstorming), 관련 자료들의 분석, 현상의 관찰 등을 시행했다[그림 6].



[그림 6] 자기공명영상 검사의 프로세스

이러한 과정을 통해 물고기 뼈 (Fish bone) 분석한 결과 인적요소, 시간적 요소, 검사방법적 요소, 장비요소, 고객요소, 환경적인 요소 등으로 구분하여 잠재원인들을 발굴했다[그림 7].



[그림 7] MRI 검사에 대한 Fish bone 분석

그 결과, 총 11가지의 잠재원인이 발굴되었다. 우선 순위 별로 응급실 고객, 건강증진센터 고객, 오더 수의 증가, 건강증진센터 고객 수 예측불가, 야간근무 인원 부족, 검사 별 소요시간의 차이, 야간근무 부재, 고객 협조 불가능, 응급 검사로 인한 지연, 호출근무 (On Call) 로 인한 피로도 누적, 복잡한 검사 프로토콜 (Protocol) 순으로 나타났다. 그 중 오더 수의 증가, 야간근무 인원부족, 고객 협조 불가능이 제어하기 어려운 잠음인자로 판단되었고, 건강증진센터 고객의 수를 예측하지 못하는 항목은 즉시처리 (Quick -fix) 하였다.

2.3 분석 단계

분석단계에서는 측정단계를 통해 도출된 잠재적인 원인변수 (X's) 가운데 CTQ(Y)의 변동에 영향을 미치는 변수 중 제어하기 어려운 입력변수인 오더 수의 증가, 야간근무 인원부족, 고객 협조 불가능을 제외하고 우선순위에별해 핵심 원인변수 (vital few X's)를 선정하였다. 그 결과 응급실 고객, 건강증진센터 고객 그리고 응급 검사로 인한 지연은 '당일 비 예약검사'로 첫 번째 잠재원인 요약으로 정리하였으며, 검사 별 소요시간의 차이와 복잡한 검사 프로토콜을 '검사 별 소요 시간의 차이'로 두 번째 잠재원인으로 요약하였다. 마지막으로 호출근무로 인한 피로도 누적이 '검사 근무시간의 미 확대'로 재정의 하였다. 선정된 핵심 원인변수들의 잠재원인 데이터들은 의료정보시스템과 설문조사, 체크리스트 (Checklist) 그리고 예약현황 보고서 등을 통하여 최근 2개월 동안의 데이터들을 이용하였다. 그리고 수집된 데이터들은 그래프 분석과 상관분석을 통하여 가설검증을 시행하였다. 첫째로 "당일 비 예약검사가 검사시행건수에 영향을 미친다"라는 대립가설을 세우고 그래프분석과 상관분석을 해본 결과, 피어슨 (Pearson) 상관 계수는 0.465, P-value는 0.008로 상관도가 낮은 것으로 분석되어 기각되었다. 두 번째로 "검사 별 소요 시간의 차이가 검사시행건수에 영향을 미친다."라는 가설검증을 세우고 검사 항목별 검사소요시간에 대한 편차를 그래프 분석한 결과, 최소 검사소요시간으로 요추 비조영제 (L-spine non-contrast)검사가 평균 28분이 걸렸으며, 최대 검사소요시간은 경추-흉추-요추 조영제 (C-T-L- spine contrast)검사로 평균 82분을 소요하였다. 이처럼 검사종류에 따라서 약 54분의 차이가 발생함에도 불구하고 검사 슬롯 배분시간은 동일하게 설정되어 운용되고 있어 장비 별, 검사 항목별, 슬롯 배분 방법에 대한 최적화 검토가 요구되어 채택하기로 하였다. 마지막으로 "검사 가능시간이 예약대기일수에 영향

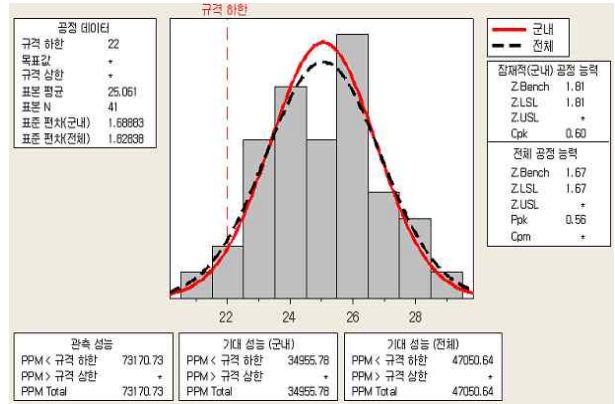
을 미친다.”라는 가설 검정을 세우고 장비 별 검사시간을 비교 분석한 결과 전산화단층영상 검사는 3교대로 24시간 검사실을 운영하고 있었으나 자기공명영상검사는 2교대로 14시간 근무 후 야간에는 호출 근무를 하고 있어 개선의 검토가 요구되었다.

2.4 개선 단계

개선단계에서는 선정된 핵심 잠재 원인변수들에 대한 개선 아이디어를 도출하기 위해 브레인라이팅(Brain Writing) 실시했다. 그 결과 총 22개의 대안인자가 도출되었다. 그리고 개선안을 개발, 평가, 선정, 최적화하고 선정된 최적안을 시험 적용하여 개선 가능성을 확인하기 위해 CDMA (combine delete modify)기법을 이용하여 최종 개선안을 도출하였다. 첫째로 3대의 자기공명영상 장비에 대한 총 일일 검사 슬롯 수가 63개로 간격이 40분으로 단일화된 시스템을 파레토 원리를 이용하여 검사 소요시간을 재 배분하였다. 그 결과, 최고 소요시간이 48분이었고, 평균 소요시간은 38분 그리고 최저 소요시간이 27분이었다. 그래서 검사 슬롯을 3대의 장비별로 각각 30분, 40분, 50분으로 최적화하여 각각의 장비 별 검사시작 시간차를 두고 운영함으로써 약 25분의 검사 대기시간을 단축할 수 있었다. 또한 단축된 시간만큼 3개의 검사 슬롯을 생성하여 총 66개의 일일 슬롯 수가 되었다. 둘째로 24시간 검사 운영 시스템 구축하였다. 이를 위해 2명의 추가 근무자를 지원 받았으며 기본 직무 교육을 약 4개월 정도 실시하였다. 또한 교대근무시간은 07:00~16:00 : 2명, 08:00~17:00 : 1명, 10:00~19:00 : 3명, 13:00~22:00 : 3명, 21:00~08:00 : 2명 (격일)으로 운영하기로 결정하였다.

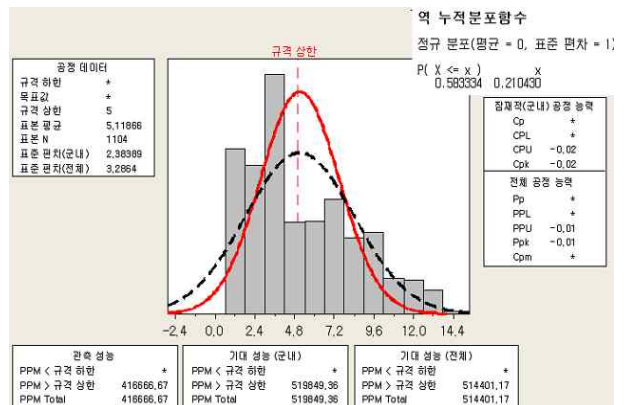
3. 결과 : 관리 단계

6-시그마의 문제 해결 프로세스 중에서 정의, 측정, 분석, 개선단계를 거쳐 목표 달성여부를 확인하는 단계인 관리 (control)단계에서 6-시그마의 결과를 확인하였다. 개선안 이 적용된 이후 2개월간의 성과를 분석하였다. 데이터들 의 안정성과 정규성을 검정한 결과 검사시행건수의 P- Value가 0.599로 유의수준인 0.05보다 크게 나와 정규성을 확보했으나, 예약대기일의 P-Value는 0.005로 유의수준인 0.05보다 작게 나와 정규성이 확보되지 못하였다. 개선 후 검사시행건수는 장비당 일 평균 건수는 25건이었으며 DPMO 값은 47,050이었으며, 시그마 수준은 3.17 시그마였다 [그림 8].



[그림 8] 개선 후 검사시행건수에 대한 공정능력 분석

한편, 예약대기일에 대한 공정능력 분석은 데이터가 정규성을 갖지 못한 관계로 기대 성능 (군내)에서 도출된 PPM값을 역 누적분포 함수 분포를 이용하여 시그마 수준을 파악했다. 그 결과, 개선 후 예약대기일은 5.1일이었으며, DPMO 값은 416,666 (관측능력)이었으며, 시그마 수준은 1.71 시그마였다 [그림 9]. 이러한 결과는 2개월간의 성과를 분석한 결과로 지속적으로 관리할 수 있도록 문서화와 표준화를 통해 1개월 마다 사후관리를 하여 모니터링을 실시하기로 하였다.



[그림 9] 개선 후 예약대기일에 대한 공정능력 분석

4. 결론 및 토의

6-시그마는 단순한 통계기법이 아니라 고객만족을 통한 경영성과를 높이기 위한 기법임을 의미한다[11]. 따라서 수익창출이라는 경영성과를 일방적으로 요구하는 기업체와 달리 의료기관은 환자라는 고객을 대상으로 하는 공익의 단체에 적합한 경영기법이라고 할 수 있다. 특히 영상의학과와 자기공명영상 검사는 고비용의 대표적인 진단기법으로 긴 검사 시간은 하루 동안 시행할 수 있는 건수가 제한이 되기 때문에 많은 예약

대기시간을 환자들에게 요구하고 있다. 따라서 자기공명영상검사의 질을 유지하며 검사시간을 단축한다면 환자입장에서는 대기시간을 줄여 신속한 검사를 받아 적극적인 진단과 치료가 기대되어지며 병원입장에서는 증가된 검사건수로 인해 흑자 수익을 기대할 수 있으며 병원의 기본적인 진료 서비스를 높일 수 있는 계기가 될 수 있다. 본 연구는 총 6개월 동안 진행되었는데 각 단계로 진입하기 전에 블랙 벨트와 그린 벨트들에 대한 교육이 선행되었으며, 주 1~2회의 마스터 블랙 벨트 멘토링이 있었다. 또한 매 단계 후에는 위기관리를 시행하여 의료서비스의 질 저하를 최소화하였다. 그 결과 검사시행건수는 일평균 건수가 22.6건에서 25건으로 2.4건 증가하는 효과로 DPMO 개선율이 88.07%이었고, 시그마 수준도 1.77에서 3.17로 1.40 시그마만큼 향상이 되었다. 또한 예약대기일수는 5.3일에서 5.1일로 0.2일 감소하였고 DPMO 개선율은 1.17%로 감소하였다. 따라서 시그마 수준도 1.69에서 1.71 시그마로 0.02 시그마만큼 감소하였다. 전반적으로 Cpk값이 1이하로 공정능력이 떨어지며 목표로 하는 6-시그마 수준에는 못 미치는 6-시그마 사례라고 할 수 있다. 또한 일평균 건수가 증가했음에도 불구하고 예약대기일이 미미하게 감소한 원인은 기각되었던 '당일 비 예약검사'가 control 단계 기간 동안 급속한 증가했기 때문이다. 이는 분석 단계에서 "당일 비 예약검사가 검사시행건수에 영향을 미친다"라는 대립가설이 기각된 것과 상반된 결과를 가져왔는데 급속히 증가한 환자 수에 대한 예측이 부족했기 때문이었다. 향후 병원기관에서 이와 같은 과제를 실행할 때는 환자 수가 증가되는 경우에 대해서 대안을 마련하는 것이 좋을 것으로 사료되어 진다. 선행된 전산화단층촬영 검사의 예약대기일 단축을 위해 적용한 6-시그마 적용사례 연구[9]에서도 예약응급환자의 검사, 검사 능력의 한계 도달 그 외에 다양한 변수가 내재되어 있는 병원의 특성상 획기적 예약대기일 단축은 장비의 추가 설치 이외에는 방법이 없어 보인다.

그러나 본 사례에서는 선행 연구와 달리 예약대기일에 대한 품질특성뿐만 아니라 자기공명영상검사의 고유한 특징인 긴 검사시간을 장비별로 최적화하여 차별화하고 24시간 검사 운영 시스템을 안정적으로 구축함으로써 검사시행건수를 높인 사례라고 할 수 있다. 아울러 만약에 6-시그마와 같은 혁신 프로그램이 운용이 안 되었다면 제한된 검사 능력 내에서 예약대기일은 지속적으로 증가하여 고객들의 불만족도는 높아졌을 것이며 병원에 대한 신뢰도와 의료서비스는 떨어졌을 것이다. 비록 혁신적인 성과를 내지는 못했지만 그 만큼 개선의 여지는 남아있다고 볼 수 있을 것이며 이에 대한 지속적인 개선안의 도출과 철저한 사후관리가 이

루어져야 할 것이다. 본 사례연구를 통하여 6-시그마를 시행하고자 하는 많은 병원기관에 참고자료로 사용될 것이라 기대한다. 또한 고가의 장비 도입 시기를 6-시그마 기법으로 원인과 결과를 정량적으로 접근한다면 합리적이고 과학적인 도입 시기를 도출해 낼 수 있으리라 사료된다. 마지막으로 본 논문의 한계점은 사후관리에 대한 평가가 미 실시된 점과 비용 분석을 제외한 점으로 향후 정밀한 비용분석에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

5. 참고 문헌

- [1] 노재범, 이팔훈, 이승현, "서비스 이노베이션 엔진 6 시그마", 삼성경제연구소, 서울, 2005.
- [2] 강두식, "의료기관의 서비스지향성이 경영성과에 미치는 영향에 관한 연구", 박사학위논문, 인천대학교, 인천, 2005.
- [3] 최중연, "QI 학술대회·Six-Sigma 경영 혁신 운동", 차병원보, 2009, 12월.
- [4] 김종안, "식스시그마 품질개선모형의 효과성에 관한 연구" 박사학위논문, 홍익대학교, 서울, 2001.
- [5] 김민영, 박효정, 박향미, 손기호, 최경업, 박영하 "6 시그마 기법을 이용한 임상약동학 자문 업무의 효율성 개선", 병원약사회지, 18 (2001): 251-264.
- [6] 김명호, "6 시그마 기법을 적용한 PACS운영체제 품질관리모형 연구", 석사학위논문, 경희대학교, 서울, 2003.
- [7] 신정희, "6 시그마 기법을 이용한 병원미수금관리의 효율화방안 연구", 석사학위논문, 연세대학교, 서울, 2005.
- [8] 한정수, "6 시그마 품질수준과 의료산업에서의 서비스 품질경영 연구", 석사학위논문, 충북대학교, 충주, 2006.
- [9] 성열훈, "영상의학과 전산화단층촬영 검사대기일 단축을 위한 6-시그마 적용사례 연구", 대한안전경영과학회지, 12(2) (2010): 225-230.
- [10] Harry, M. J. and Lawson J. R. "Six Sigma Profitability Analysis and Process Characterization", Addison-Wesley Publishing Company Inc, 1988.
- [11] Harry, M. J. "Six Sigma: A Break through Strategy for Profitability", Quality Progress, 31 (1998): 60-64.
- [12] George. M. L. "Lean Six Sigma for Service:How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Service and Transactions", McGraw-Hill, 2003.

- [13] Frings, G. W. and Grant, L. "Who moved mysix sigma. Effective implementation of the six sigma methodology to hospitals", Quality and Reliability Engineering International, 21 (2005): 311-328.
- [14] Frankel, H. L. Crede, W. B. Topal, J. E. Roumanis, S. A. Devlin, M. W. and Foley, A. B. "Use of corporate six sigma performance improvement strategies to reduce incident of catheter-related bloodstream infection in a surgical ICU", J Am Coll Surg, 201 (2005): 349-358.
- [15] Kim M. H, and James R. E, "Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company", Benchmarking:An International J, 7 (4) (2000): 260-282

저 자 소 개

성 열 훈



분당서울대학교병원, 6-시그마 BB(black belt), 가톨릭대학교 공학사 및 공학석사 그리고 의학물리공학 박사취득, 관심분야는 의학물리 및 의료 6-시그마이코 현재 청주대학교 방사선학과 교수로 재직 중이다.

주소: 충북 청주시 상당구 대성로 298번지 청주대학교 방사선학과.