

식스시그마 도입 사례

수술장 최적화를 위한 효율적 운영시스템 구축

The efficient operating system construction for the multidimensional optimization of the operating theatre

- 백룡민, 양진기, 양재선, 오덕영, 강성범, 구자원, 김재용, 김태우, 오주한, 윤필영, 이재호, 임청, 전용탁, 허찬영, 홍성규, 황정원, 김춘옥, 김은경, 조은주, 윤경미, 원현경, 임세영, 문현미, 이소영, 김해동, 김민수, 김세진 -

교신저자 양재선

분당서울대학교병원 수술실

■ jsyang@snuhb.org

마취전 대기시간, 수술시간 등이 길고 예상시간보다 늦게 부르는 점을 개선해달라고 요구하였다.

따라서 내외부 고객의 만족도 향상 및 자원의 효율적 이용을 통한 비용절감 및 수익 증대를 위해 수술장 운영 시스템을 핵심성과지표(CTQ)로 명명하고 식스시그마 과제 팀원, 과제범위 및 추진일정을 정하여 6개월간 시그마수행, 1년간의 사후관리를 진행하였다.

I. DEFINE(문제정의)

1. 활동배경

최근 들어 중대형병원의 증설 및 신설로 고객의 의료 서비스 선택권 확대와 국민의 의료에 대한 지식수준 향상 및 의료서비스의 고객중심화, 요구도 다양화로 경쟁 병원과 보다 경쟁력을 갖추기 위해 자원의 효율적 운영이 요구되고 있다. 2006년도 당시 본 병원의 경영 전략(mission)은 자원의 효율적 관리를 통한 질적 성장을 위해 실시간 자원 관리 시스템 구축이었으며 각 부서에서도 그에 따른 실행전략을 정하고 이를 시행하도록 요구하였다.

이런 VOB를 토대로 수술부에서는 외과계 의사, 전문 간호사, 마취과 의사 및 간호사, 수술부 간호사를 대상으로 하는 설문지 조사와 수술을 받은 환자의 전화인터뷰를 통한 VOC를 수집하였다. 주로 내부고객은 턴오버의 단축, 수술 대기시간 단축, 공용장비의 효율적 이용, 정규시간 내 수술 종료, 수술장 운영의 중앙 전산 시스템이 필요하다는 의견을 보였고 외부고객은 수술대기일,

2. 문제의 개요

1) 비 부가가치 시간의 비율이 크다

환자가 병실 및 당일 안정실, 외래를 통해 수술장에 도착하면 마취전처치실에서 대기하다가 수술실의 준비가 완료되면 입실하여 마취를 하고 수술준비를 한 후 집도의가 수술진행을 한다. 수술이 끝나면 마취에서 깬 이후 퇴실하고 다음환자를 위해 청소 및 정리정돈을 하고 다음환자를 위한 준비를 하게 된다. 이 과정에서 수익을 창출하지 않는 준비 및 정리 시간은 비부가가치가 된다. 한 건 당 그 비율을 분석(2006년 상반기 6개월간의 수술통계자료)해 보건데 부가가치시간대 비부가가치 시간은 78%, 22%로 비부가가치시간의 비율을 낮출 필요가 있다.

(2) 실시간 운영시스템이 미비하다

수술장은 인적 물적 공간적 시간적 요인들이 역동적으로 톱니바퀴처럼 서로 맞물려 돌아가는 곳이다. 이 과정에서 때로는 어떤 한 요인에 의해 순조롭게 진행하지 못하고 수술실을 비워둔 채 환자나 의료진이 대기하는 일이 발생하기도 한다. 이런 여러 요인을 실시간으로 관찰하며 객관적인 입장에서 조정하고 스케줄링 할 수 있는 부서는 수술장을 관리하는 간호부이다.

현재 마취과에서 운영하고 있는 시스템은 환자의 위치개념에서 대기, 수술중, 회복중, 퇴실 등을 알 수 있는 정도로 전체 방의 운영 및 공실여부 등을 한눈에 파악하기는 어렵다.

따라서 간호사가 전체관리를 할 수 있는 실시간 운영 시스템을 구축할 필요가 있겠다.

(3) 수술실별 가동율 편차가 크다

1개월간 21개 수술실의 가동율을 분석(2006년 6월 21일 일일 24시간 기준)해보면 평균 120%로 대체로 잘 운영되는 듯 보이나 실별로 살펴보면 최상 159%이나 최하 81%, 43%로 그 편차가 심하였다. 다시 말하면 어떤 수술실은 24시간 내내 잘 활용되고 있으나 어떤 수술실은 정규시간 8시간도 활용되지 못하고 있음을 알 수 있었다.

(4) 비효율적 운영으로 인한 연장근무자수가 발생하고 있다

방배정의 개념으로 운영하다보니 배정된 의사의 수술이 취소되거나 의료진 및 환자의 사유로 수술시간이 지연되어 불가피하게 공실이 발생하여 인적 물적 자원 낭비가 되는 데도 다른 수술실의 경우는 수술이 많아 연장근무를 하게 되는 일이 발생하고 있다. 이런 공실 발생

즉시 운영 주체자가 알게 되고 다른 수술을 진행함으로써 운영의 효율화를 기함으로써 정규시간동안의 자원 절약으로 불필요한 연장수당을 줄일 필요가 있겠다.

따라서 비 부가가치 시간을 줄이면서 정규시간을 최대한 활용할 수 있는 실시간 운영시스템을 개발하고자 하였다.

II. MEASURE(지표측정)

1. 성과표준 설정

운영시스템의 효율성을 측정할 수 있는 지표는 정규시간 수술실 가동율과 건당 수술준비시간으로 일일 정규시간 가동율이란 정규일 정규8시간동안 수술실의 실제 사용시간의 비율을 의미하며 수술준비시간은 한 건당 비 부가가치 시간인 마취전, 수술전, 퇴실전 소요된 준비시간의 합을 의미한다.

새로 정한 성과표준으로 2005년 11월 한달의 가동율을 측정한 결과 정규시간 가동율67%(±6.8), 2.6σ(시그마)로, 건당 수술준비시간은 20분(±12.9), 2.4σ(시그마)로 나타났다.

2. 목표의 설정

정규시간 가동율은 90%(3.7σ이상), 건당 수술준비시간은 15분(3.2σ이상)을 목표로 정하였다.

III. ANALYZE(잠재원인분석)

1. 잠재원인변수의 도출

<표 1> 개선해야 할 원인변수

NO	개선해야 할 원인변수
1	수술 당일 환자 상태파악
2	진료과, 마취과 효율적 양방 시스템 부재
3	동의서 사전 준비 누락
4	진료과 마취과 call기준 부정확
5	수술실 운영 시스템 부재
6	외래환자 도착지연
7	청소 연락 체계 미흡
8	집도의 스케줄로 인한 수술지연
9	진료과 수술준비 담당자 연락 어려움
10	매뉴얼숙지 미비 (채워~피부소독~방포)
11	마취과 준비지연(CVC)
12	공용장비 스케줄 겹침
13	감염환자 먼저수술
14	수술예상시간 입력오류 및 준수 미비
15	수술명 변동(입력오류:복강경<->개복)
16	Set부족으로 기구소독지연
17	기구소독시간지연(소독기문제)
18	환자 퇴실전 X-ray촬영

<표 2> 수술준비시간의 잠재적 원인변수의 정의

CTQ(Y1)	잠재원인 변수(X's)	운동정의
정규시간 가동율	수술 당일 환자 상태 파악	당일 수술장 도착후 환자 상태, 수술전 검사, 수술 계획 등을 파악하는 경우
	진료과, 마취과 효율적 양방 시스템 미비	진료과 및 마취과의 양방을 위해 환자를 늦게 부르는 경우
	동의서 사전 준비 누락	수술 및 마취동의서를 환자 수술장 도착후 입구에서 보호자에게 받음
	진료과, 마취과 call기준 부적절	다음환자 부르는 타임의 기준이 있으나 잘 이행되지 않고, 기준 준수이후 환자가 너무 일찍 도착하거나 늦게 도착하는 경우
	수술부서간 의사소통체계미비	운영시스템이 의사화면에만 조회가능하고 연락을 효율적으로 할 수 있는 시스템이 없어 적절한 시기에 수술을 배정하지 못함
	외래환자 도착지연	앞수술의 종료에 맞춰 다음외래환자의 도착이 이루어지지 않는 경우
	청소연락체계 미흡	전화 및 방송으로도 미화팀에 연락이 이루어지지 않음
	집도의의 스케줄로 인한 수술지연	집도의의 외래 및 타업무로 인해 환자call이 늦어짐
	진료과 수술준비 담당자 연락어려움	진료과 수술준비담당자와 연락이 안되어 다음환자 call이 지연되거나 입실이 지연됨
	공용장비 스케줄 겹침	현미경 및 내시경 등 공용장비사용 위해 수술을 늦추는 경우

특성요인도 분석과 logic tree를 통해 수술운영을 지체시키는 잠재원인변수를 도출하고 기능전개매트릭스(FDM)를 이용하여 우선 해결해야 할 원인을 선정하였다.

위의 <표1>에서 CVC파트의 마취과 준비지연, 공용장비 스케줄 겹침, 수술예상시간의 입력 오류 및 준수 미비, 수술명 변동, set부족으로 기구소독지연, 소독기문제

로 인한 기구소독시간지연, 환자퇴실전 X-ray촬영으로 인한 지연요인들은 즉시 해결가능한 문제(Quick fix)로 분류하여 해결하였다.

2.기설검정 및 분석

(1) 정규시간 가동율에 영향을 미치는 10가지 원인변

〈표 3〉 수술준비시간의 잠재적 원인변수의 정의

CTQ(Y2)	잠재원인 변수(X's)	운동정의
수술 준비시간	진료과, 마취과 효율적 양방 시스템 미비	진료과 및 마취과의 양방으로 인해 수술준비후 집도의를 기다리는 경우
	집도의 스케줄로 인한 수술지연	집도의의 외래 및 타업무로 인해 수술준비 후 집도의의 입실을 기다림
	수술준비 매뉴얼속지 미비 (체위-피부소독-방포)	마취유도 후 수술준비 과정에 대해 숙지미비

〈표 4〉 가설검증을 위한 DATA 수집

NO	가설	분석TOOL	DATA기준	수집방법	수집시기	SIZE
X1	수술당일 환자 상태파악은 정규시간 가동률에 영향을 미친다.	Window A.	정성적 분석	인터뷰 논문	2006.9.25 ~10.2	-
X2	효율적 양방 시스템 미비는 정규시간 가동률에 영향을 미친다.	Window A.	정성적 분석	벤치마킹	2006.10.9 ~10.12	
X3	동시서 사전준비여부는 정규시간 가동률에 영향을 미친다.	1proportion	설문 (5점척도)	설문	2006.9.21~22	60부
X4	진료과 마취과 call 체계의 비효율성은 정규시간 가동률에 영향을 미친다.	1proportion	설문 (5점척도)	설문	2006.9.18	60부
		Window A.	정성적 분석	인터뷰	~10.2	
X5	의사소통 체계 미비(운영시스템 제고)는 정규시간 가동률에 영향을 미친다.	Window A.	정성적 분석	논문 벤치마킹	2006.9.20 ~10.9	-
X6	외래환자 수술장 도착지연은 정규시간 가동률에 영향을 미친다.	상관분석	수술장 도착 이완환자퇴실 보다 늦은 경우	EMR	2006.9.18 ~29	26건
X7	청소연락체계미흡은 정규시간 가동률에 영향을 미친다.	1proportion	설문 (5점척도)	설문조사	2006.9.21 ~22	80부
X8	집도의 스케줄로 인한 입실지연은 정규시간 가동률에 영향을 미친다.	1proportion	설문 (5점척도)	설문	2006.9.21 ~22	70부
X9	진료과 수술준비 담당자 연락 어려움은 정규시간 가동률에 영향을 미친다.	1proportion	설문 (5점척도)	설문	2006.9.21 ~22	70부
X10	공용장비 스케줄 겹침은 정규시간 가동률에 영향을 미친다.	Window A.	정성적 분석	벤치마킹 인터뷰	2006.9.21 ~10.9	-
		1proportion/ Window A.	설문 (5점척도) 정성적 분석	설문 벤치마킹	2006.9.21 ~10.9	
X12	집도의 스케줄로 인한 수술지연은 준비시간에 영향을 미친다.	1proportion	설문 (5점척도)	설문	2006.9.21 ~22	70부
X13	수술준비 매뉴얼 숙지미비는 준비시간에 영향을 미친다.	2 sample t-test	숙련자/비 숙련자	수술시간관리	2006.9.21 ~10.14	49

수는 〈표2〉와 같이 정의하고 〈표4〉와 같은 검정방법으로 자료수집 및 분석하여 가설을 채택(표5)하였다.

(2) 수술준비시간에 영향을 미치는 원인변수의 개념을 정의(표3)하고 〈표4〉와 같은 검정방법으로 자료수집 및 분석하여 가설을 채택(표5)하였다.

3. 원인변수의 우선순위화

〈표5〉와 같이 청소연락체계는 P-Value 0.93으로 가장 되었으며 나머지 12가지 가설은 모두 채택되었다. 이 중 가장 먼저 꼭 해결해야 할 원인을 찾기 위해 개선안도출 용이성, 기간내 달성 가능성, 영향도, 비용을 기준으로

〈표 5〉 가설검정 결과

No.	잠재원인변수	가 설	검정 방법	P-value	검정 결과
X1	수술 당일 환자 상태파악	수술당일 환자 상태파악은 정규시간 가동율에 영향을 미친다.	Window A.	-	채택
X2	진료과, 마취과 효율적 양방 시스템 미비	효율적 양방 시스템 여부는 정규시간 가동율에 영향을 미친다.	1proportion Window A.	P=0,005	채택
X3	동 의사 사전 준비 노력	동 의사 사전준비여부는 정규시간 가동율에 영향을 미친다.	1proportion	P=0,003	채택
X4	진료과 마취과 환자 call 체계의 비효율성	진료과 마취과 call 체계의 비효율성은 정규시간 가동율에 영향을 미친다.	1proportion Window A.	P=0,011	채택
X5	부서간 의사소통 체계 미비(운영시스템 제고)	부서간 의사소통 체계 미비(운영시스템 제고)는 정규시간 가동율에 영향을 미친다.	Window A.	-	채택
X6	외래환자 도착지연	외래환자 수술장 도착지연은 정규시간 가동율에 영향을 미친다.	상관분석	P=0,000	채택
X7	청소 연락 체계 미흡	청소연락체계미흡은 정규시간 가동율에 영향을 미친다.	1proportion	P=0,93	기각
X8	집도의 스케줄로 인한 입실지연	집도의 스케줄로 인한 입실지연은 정규시간 가동율에 영향을 미친다.	1proportion	P=0,000	채택
X9	진료과 수술준비 담당자 연락 어려움	진료과 수술준비 담당자 연락 어려움은 정규시간 가동율에 영향을 미친다.	1proportion	P=0,007	채택
X10	공용장비 스케줄 겹침	공용장비 스케줄 겹침은 정규시간 가동율에 영향을 미친다.	Window A.	-	채택
X11	효율적 양방 시스템 미비	양방시스템 부재는 준비시간에 영향을 미친다.	Window A	-	채택
X12	집도의 스케줄로 인한 수술지연	집도의 스케줄로 인한 수술지연은 준비시간에 영향을 미친다.	1proportion	P=0,003	채택
X13	수술준비 매뉴얼 숙지미비	매뉴얼 숙지미비는 준비시간에 영향을 미친다.	Mann-Whitney test	P=0,0002	채택

multivoting하였다. 수술당일 환자상태를 파악하는 것, 동 의사 사전 준비노력, 진료과 수술준비담당자연락의 어려움 등이 가장 먼저 해결해야 할 원인으로 꼽혔다. 총 25개의 개선안을 선정하였다(표 6).

IV. IMPROVE(개선전략)

채택된 가설의 원인변수의 개선안 도출을 위하여 수술부 간호사가 모여 브레인스토밍, 진료과로부터 아이디어 수집, 4개의 서울대형병원의 벤치마킹으로 140개의 개선안을 도출하였고 시그마팀이 모여 49개로 축약하였다.

실무교수진의 공유회를 통하여 경영방침위배, 고객불만, 과제범위위배, 소요시간, 경영진 지원여부, 실행부서의 반발, 현 운영시스템과의 상충여부 등을 검토하여 최

V. CONTROL(개선안 적용 및 유지)

〈표7〉과 같이 운영시스템이나 장비시스템 등 의료정보팀의 협조하에 추진해야 하는 개선안에 대해서만 2007년도로 미루고 대부분은 추진일정대로 수행되었다.

실패결과(impact on product)와 실패확률(probability of occurrence)을 기준으로 개선안의 위험성을 평가하여 가장 실패 가능한 개선안의 사후관리담당자를 정하였고, 잠재적으로 발생가능성 문제를 도출하고 영향도, 발생도, 검출도 기준으로 분석하여 가능성이 높은 문제를 관리하였다.

〈표 6〉 최종개선안 선정

잠재적 개선안	시그마 개선 (3.0)	시간 효과 (1.0)	실행 용이성 (2.0)	총 계	우선 순위	선정 여부
S1 수술전날 MN, 당일 7A까지 취소하는 것을 원칙	9	9	9	54	1	선정
S2 당일 외래경유환자는 전날 SMS, 당일 전화연락	3	9	3	24	15	선정
S3 취소건수에 대한 월간 통계를 운영위원회에 제출	3	3	9	30	12	선정
S4 양방 신청에 필요한 사항 공지	3	3	3	18	18	선정
S5 수술예정시간에 맞는 양방 운영시스템 구축	9	1	9	46	7	선정
S6 병동환자 수술전날 환자상태확인시 마취동의 포함하여 받는다.	9	9	3	42	10	선정
S7 동의서사전준비누락건수 운영위원회자료제출	3	3	9	30	12	선정
S8 환자퇴실전 30분시점 procedure를 기준으로 표준화	9	9	9	54	1	선정
S9 수술종료시 환자위치아이콘으로 다음환자 도착여부 확인	3	9	3	24	15	선정
S10 연락처와 준비담당자 정보 각방 PC에 공유하기	9	9	9	54	1	선정
S11 과별 교량역할하는 key role messenger정하기	9	9	9	54	1	선정
S12 수술진행상황 볼 수 있는 시스템 구축	9	1	9	46	7	선정
S2 진료과 당일야침 SMS 및 전화 도착시간 공지, 수술전 1시간전에 도착하도록 공지	3	9	3	24	15	선정
S13 수술준비시작과 동시에 전화연락	9	9	9	54	1	선정
S14 수술예정시간의 표준화로 타업무와 수술입실시간의 스케줄을 조정한다.	3	9	3	24	15	선정
S15 수술스케줄 입력시 필요장비도 반드시 입력한다.	9	9	9	54	1	선정
S16 EMR상 공용장비 사용현황 시스템 구축	9	1	9	46	7	선정
S17 미입력후 사용한 건수를 운영위원회 제출한다.	3	3	9	30	12	선정
S18 수술준비과정을 그린 사진, keypoint 에 대한 체크리스트를 수술실 벽에 부착, 수술준비시 활용	9	9	3	42	10	선정
Sop재정비하고 업무분장을 명확히 한다.	3	1	1	12	19	제외
S19 수술준비와 관련된 동영상, 인턴간 인계장면 제작	3	1	1	12	19	선정

VI. 혁신성과

1. 비재무성과

minitab의 공정능력분석으로 평균 및 시그마 값을 도출한 결과 정규시간 가동율 84%, 4.4시그마, 수술준비 시간 18.4분, 2.52시그마의 성과를 거두었다. 〈표8〉

2. 재무성과

정규시간 8시간동안의 가동율 17%향상으로 각방마다 82분이 절약되었다.

따라서 연장근무수당이 지급되어 오던 인력인 수술실 간호사, 마취과간호사, 진료과 전문간호사의 1시간 연장근무수당의 감소효과로 연 151,171,375원의 성과를 거두었다.

<표 7> 개선안 수행일정

Vital few	개선안 내역	수행일정					
		11월 -30 일	12월	2007 년 1월	2007년 3-4월	2007 년 5-11월	2007 년 12월
수술당일 환자상태 파악/ 외래환자 도착 지연	S1 수술 전날 MN, 당일 7A까지 취소하는 것을 원칙	본적용		사후관리			
	S2 당일 외래경유환자는 전날 전 화 및 당일 오전 SMS전송			본적용	사후관리		
	S3 당일 7A 취소율&계시판 공 개, 수술 운영위원회에 제출		본 적용	사후관리			
효율적 양방 시스템 미비	S4 양방 신청에 필요한 사항 공 지	본적용	사후관리				
	S5 수술예정시간에 맞는 양방 운 영시스템 구축			본적용	사후		
동의서 사전준비 누락	S6 수술 전날 마취동의 포함하여 수술동의서 수락	본적용	사후관리				
	S7 동의서 누락율&계시판 공개, 수술 운영위원회에 제출		본 적용	사후관리			
환자call체계의 비효율성	S8 환자 퇴실전 30분 시점 procedure를 기준으로 표준화	본적 용		사후관리			
	S9 수술종료시 환자위치아이콘으 로 다음환자 도착여부 확인	본적용	사후관리				
부서간 의사소 통 미비 담당자 연락어 려움	S10 연락처와 준비담당자 정보에 대한 전산시스템 구축	본적용	사후관리				
	S11 과별 교량 역할하는 key role messenger정하기	본적용	사후관리				
	S12 수술진행상황 볼 수 있는 시스템 구축			본적용	사후		
집도의 입실지 연	S13 수술준비시작과 동시에 집도 의에게 전화연락	본적용	사후관리				
	S14 수술예정시간의 표준화로 집 도의 스케줄 조정	본적용	사후관리				
공용장비 스케줄 겹침	S15 필요장비 입력을 향상을 위 한 시스템 변경		본 적용	사후관리			
	S16 EMR상 공용장비 사용현황 시스템 구축			본적용	사후		
	S17 장비 미입력율&계시판 공개, 수술 운영위원회 제출		본 적용	사후관리			
수술준비 매뉴얼 숙지미 비	S18 수술준비과정 그린 포스터, 체크리스트 수술실 벽에 부착			본적용	사후관리		
	S19 수술준비 및 인턴간 인계장 면 동영상 제작			본적용	사후관리		

최종
평가

<표 8> 사전사후 수행성과

항목	단 위	사전	사후1년	목표
Y1 : 정규시간가동률 (가중치:70)	평균	67%	84%	90%
	표준편차	6,8	6,4	-
	DPMO(불량수)	142,140	4,808	-
	시그마수준	2,6 σ	4,4 σ	3,7 σ 이상
Y2 : 수술준비시간 (가중치:30)	평균	20분	18,4분	15분
	표준편차	12,9	12,2	-
	DPMO(불량수)	187,165	152,725	-
	시그마수준	2,38σ	2,52 σ	3,5 σ 이상

그 외에도 정규시간내 수술건수 증가로 인한 수익증대, 수술대기시간감소로 인한 의료진의 만족도 향상, 수술대기일 단축으로 인한 환자만족도 증가의 성과도 있을 것으로 예상하고 있다.

VII. 제언

병원마다 자원의 효율적 운영에 대한 이슈는 중대한 사안으로 모든 인적, 물적 자원이 가동되는 정규시간내 공실 비율을 줄이는 것은 수술실의 자원절약개념에서 가장 핵심적인 요소이다. 수술실을 관리하는 간호사가 객관적이고 경영적 측면에서 진료과와 협조하여 수술실 가동율에 관한 문제점을 분석하고 원인을 찾아 새로운 시스템을 구축했던 본 과제는 대부분의 의사가 주체가 되는 우리나라 현실을 감안한다면 하나의 혁신적인 사례가 아닐 수 없다.

사후관리하면서 의사의 수술예정시간을 표준화하고 이를 준수하는 지를 관리, 감독하는 일이 가장 어려웠고, 이에 대한 성과보상 등의 보다 현실적이고 실행을 끌어낼 수 있는 대안이 뒷받침되어야 하겠다. 또한 외래를 통해 수술실로 입실하는 환자의 도착지연 및 당일 취소에 대한 변수 통제가 어려웠다. 당일 수술에 대한 차별 운영이 필요하겠다.

운영시스템의 개발은 이루어졌으나 공실발생시 알람으로 관리자에게 알려준대거나 공용장비의 실시간 사용 현황 등을 한눈에 파악하기 위한 기능들이 추가로 개발되어야 하겠다.