

精益六西格玛方法在实验室样本周转时间管理中的应用效果评价

毕伟建^{1,2}, 楚健怡², 孙青菊^{2*}

¹青岛大学基础医学院, 山东 青岛

²中国人民解放军海军第九七一医院检验科, 山东 青岛

收稿日期: 2026年7月18日; 录用日期: 2026年8月11日; 发布日期: 2026年8月19日

摘要

目的: 统计实验室样本周转时间(TAT), 探索应用精益六西格玛(LSS)方法缩短TAT的方法, 提高医患满意度。方法: 应用LSS方法改进中国人民解放军971医院门急诊检验室内TAT管理流程, 选择2020年2月至5月(改进前)和8月至11月(改进后)在门急诊检验的室内TAT数据作为研究对象, 改进前35,468人次, 改进后37,266人次。分别比较改进前后临床检验、生化免疫检验和急诊检验平均室内TAT、TAT超时率; 对比改进前后 σ 值。分别在改进前和改进后随机选取100例患者和50名门急诊临床医师, 调查其对门急诊检验TAT的满意情况。结果: 改进后, 临检项目、生化免疫检验及急诊检验室内TAT均较改进前显著降低, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。改进前室内TAT平均超时率5.94% (3.1σ), 改进后室内TAT平均超时率0.30% (4.3σ), 改进后室内TAT符合率显著高于改进前, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。改进前4个月(2~5月) σ 值依次是3.1、3.1、3.2和3.1, 改进后4个月(8~11月) σ 值依次是4.2、4.3、4.3和4.3。改进后患者对室内TAT满意率提高, 但差异无统计学意义($P > 0.05$), 而临床医师室内TAT满意率显著高于改进前满意率($P < 0.05$)。结论: LSS在门急诊检验室工作流程优化、缩短室内TAT、医患满意率提升等方面, 是行之有效的。

关键词

精益六西格玛, 实验室样本周转时间, 应用评价

Application Effect Evaluation of Lean Six Sigma Management in Laboratory Sample Turnaround Time Management

Weijian Bi^{1,2}, Jianyi Chu², Qingju Sun^{2*}

¹School of Basic Medicine, Qingdao University, Qingdao Shandong

*通讯作者。

文章引用: 毕伟建, 楚健怡, 孙青菊. 精益六西格玛方法在实验室样本周转时间管理中的应用效果评价[J]. 临床医学进展, 2026, 16(8): 1552-1558. DOI: 10.12677/acm.2026.1682934

²Department of Clinical Laboratory of the No. 971 Hospital of the People's Liberation Army Navy, Qingdao Shandong

Received: July 18, 2026; accepted: August 11, 2026; published: August 19, 2026

Abstract

Objective: To investigate the application of Lean Six Sigma (LSS) to shorten the sample turnaround time (TAT) and improve the satisfaction of doctors and patients. **Methods:** The LSS methodologies were applied to improve the TAT management process in the outpatient and emergency laboratory of 971 Hospital of PLA. The data of TAT in the outpatient and emergency laboratory from Feb. to May (pre-improvement) and Aug. to Nov. (post-improvement) in 2020 were selected as the research objects, 35,468 person times pre-improvement and 37,266 person times post-improvement. The average indoor TAT and TAT overtime rate of clinical test, biochemical immune test and emergency test were compared, and the σ value before and after the improvement was compared. Before and after the improvement, 100 patients and 50 outpatient and emergency clinicians were randomly selected to investigate their satisfaction with TAT. **Results:** After the improvement, the clinical examination items, biochemical immune test and TAT in the emergency laboratory were significantly lower than before ($P < 0.05$). The average overtime rate of indoor TAT before and post-improvement was 5.94% (3.1σ) and 0.30% (4.3σ), respectively. The coincidence rate of indoor TAT post-improvement was significantly higher than that pre-improvement ($P < 0.05$). In the four months pre-improvement (Feb. to May), the σ values were 3.1, 3.1, 3.2 and 3.1, and in the four months post-improvement (Aug. to Nov.), the σ values were 4.2, 4.3, 4.3 and 4.3. After the improvement, the satisfaction rate of patients with indoor TAT increased, but the difference was not statistically significant ($P > 0.05$), while the satisfaction rate of clinicians with indoor TAT was significantly higher than that before the improvement ($P < 0.05$). **Conclusion:** LSS methodologies are effective in optimizing the work process of outpatient and emergency laboratory, shortening the indoor TAT and improving the satisfaction rate of doctors and patients.

Keywords

Lean Six Sigma, Laboratory Turnaround Time, Application Evaluation

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

实验室内样本周转时间(Turnaround Time, TAT)是指从实验室收到标本到发送报告所用的时间[1], 它反映了实验室的工作效率, 直接关系患者的就医体验, 是《三级综合医院评审标准》[2]中对临床实验室管理的重要内容, 也是 ISO15189 认证的重要指标之一。精益六西格玛(Lean Six Sigma, LSS)是一种对企业生产、业务、服务等流程进行优化再造的理论和方法, 最初由摩托罗拉公司提出, 被全球多领域、多企业学习借鉴[3], 有力促进了这些企业产品质量提升和成本控制。在医院管理领域, LSS 方法已被用于手术室流程管理、门诊预约流程管理、成本控制、检验质量管理等多个方面[4], 但用于实验室内 TAT 管理的报道和推广较少。2020 年下半年, 解放军 971 医院门急诊检验对室内 TAT 实施了六西格玛管理实践, 改进后室内 TAT、TAT 符合率及医患满意率等指标均有所改善, 现报道如下。

2. 对象和方法

2.1. 研究对象

利用实验室信息系统(Laboratory Information System, LIS)选择 2020 年 2 月至 5 月(改进前)和 8 月至 11 月(改进后)在中国人民解放军 971 医院门急诊检验的室内 TAT 数据作为研究对象,剔除细菌培养项目、未接收和未采集确认的标本。改进前,临床检验、生化免疫检验和急诊检验分别有 19,883 人次、12,321 人次和 3264 人次,总计 35,468 人次。改进后,临床检验、生化免疫检验和急诊检验分别有 20,975 人次,12,942 人次和 3349 人次,总计 37,266 人次。

2.2. 方法

2020 年 6 月~7 月为团队学习和适应阶段。主要采用 DMAIC 工具改进门急诊检验室内 TAT 管理,即定义(Define)、测量(Measure)、分析(Analyze)、改进(Improve)和控制(Control)5 个步骤,具体方法如下。

2.2.1. 定义、测量、分析

定义工作目标、测量当前状态及分析根本原因,以《三级综合医院评审标准》[2]中对门急诊检验室内 TAT 的要求(临检项目室内 TAT ≤ 30 min,生化检验项目 ≤ 120 min)为依据,目标 TAT 超时率 $\leq 0.62\%$ 。分析 2020 年 2 月至 5 月所有门急诊临床检验、免疫生化检验、急诊检验 TAT 数据,计算各项目室内 TAT 超时率、符合率,调查医患对 TAT 的满意度。

由检验科主任、副主任、各专业组组长、信息工程师及门急诊护士代表共 10 人组成质量改进小组,采用头脑风暴法,从“人员、仪器、标本、流程”四个维度系统梳理影响室内 TAT 的潜在因素,绘制鱼骨图(图 1)。

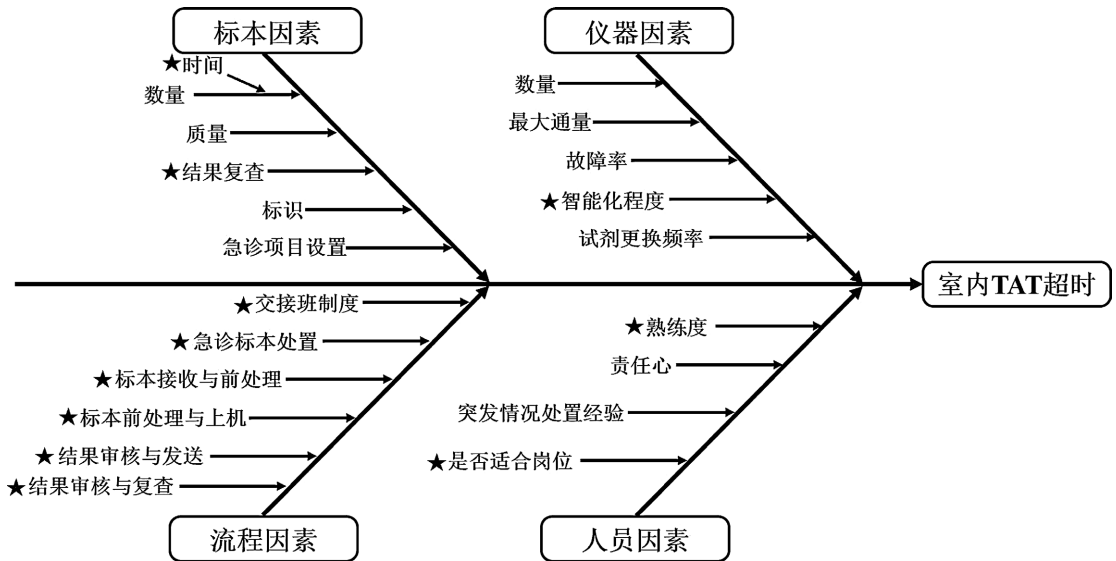


Figure 1. Fishbone diagram for the analysis of causes leading to prolonged TAT in the delayed emergency outpatient laboratory
图 1. 延迟门急诊室内 TAT 原因分析鱼骨图

针对鱼骨图识别的 21 项潜在因素,小组采用三维度评分法进行关键原因筛选:① 发生频率(根据 2~5 月 TAT 数据追溯,该因素导致超时的次数占比);② 可控程度(本院现有资源条件下是否可干预,1 = 完全不可控,5 = 完全可控);③ 改进紧迫性(对超时率降低的贡献度预估)。每项由小组成员独立评分,取

均值排序。最终确定评分 ≥ 4.0 分且可控程度 ≥ 4 分的 11 项为关键可控制因素(图 1 中“★”所示)。其余 10 项因可控程度低或发生频率低未纳入优先改进。

2.2.2. 实施改进方案与持续监督

针对上述关键可控因素,我们实行了改进措施。(1) 室内 TAT 预警模块。2020 年 6 月在 LIS 中嵌入预警功能:临检标本接收后 15 min 未上机、生化 60 min 未上机、急诊 10 min 未上机自动推送黄色预警;临检 30 min、生化 110 min、急诊 30 min 未报告推送红色预警并抄送组长。模块 7 月 1 日正式启用。(2) 优化交接班制度。交接班调整为 7:30, 确保 8:00 早高峰全员在岗, 1 名高年资技师专职负责标本预处理和上机调度。(3) 标本流转提速。接收人员 5 min 内完成标本核对、离心及优先级排序;异常标本即时上传 LIS 并电话通知临床;每 15 min 集中转运至检测区。(4) 加强教育监督。教育和加强人员处理急诊标本的意识,组长每天检查急诊标本 TAT,并于每日早交班通报前日标本超时原因;(5) 专职审核制。高年资检验技师担任结果审核工作,每日 7:30~11:30 专职审核,常规结果 10 min 内签发,异常结果复查-复核 ≤ 30 min,危急值 5 min 内确认并电话通知临床。

2.3. 满意度调查结果

采用便利抽样法,分别于 2020 年 5 月和 11 月随机选取门急诊就诊患者 100 名及临床医师 50 名进行满意度调查。患者纳入标准:① 年龄 ≥ 18 岁;② 意识清楚,能独立完成问卷;③ 自愿参与。排除标准:① 急诊抢救患者;② 认知障碍者。临床医师纳入标准:① 从事门急诊临床工作 ≥ 1 年;② 自愿参与。调查工具为自编问卷,包括患者版(8 个问题,包括等候时间告知、等候时间、报告获取便捷性、结果准确性、总体满意度等维度)和医师版(8 个问题,包括报告及时性、危急值通报效率、结果可解读性等维度),均采用 Likert 5 级评分法(1 = 非常不满意,5 = 非常满意)。问卷经 1 名检验医学专家、1 名统计学专家和 1 名医院管理专家进行内容效度评定,内容效度指数(CVI)为 0.92;预调查 30 例,Cronbach's α 系数为 0.87,重测信度为 0.85。

2.4. 比较指标

比较各类项目平均室内 TAT, TAT 超时率;据 Westgard 计算器[5]将 TAT 超时率换算成 σ 值(σ 介于 3~4 表示应加强管理, $\sigma \geq 4$ 表示管理较好)。分别在改进前和改进后随机选取 100 例患者和 50 名门急诊临床医师,调查其对门急诊检验 TAT 的满意情况。

2.5. 统计学处理

应用 SPSS 23.0 进行统计学分析。计量数据以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两组间比较行独立样本 t 检验;计数资料以数量(百分比)[n (%)]表示,组间比较行 Pearson χ^2 检验。统计检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

3. 结果

3.1. 平均室内 TAT

改进后,临检项目、生化免疫检验及急诊检验室内 TAT 均较改进前显著降低,差异有统计学意义($P < 0.05$)。详见表 1。

3.2. TAT 超时率

改进前后逐月室内 TAT 变化如图 2 所示。改进前 2~5 月室内 TAT 平均超时率 5.94% (3.1σ),改进后 8~11 月室内 TAT 平均超时率 0.30% (4.3σ),改进后室内 TAT 符合率显著高于改进前,差异有统计学意

义($P < 0.05$)。详见表 2。

Table 1. Comparison of average intra-laboratory TAT of test items before and after improvement [min, ($\bar{x} \pm s$)]

表 1. 改进前后检验项目平均室内 TAT 比较[min, ($\bar{x} \pm s$)]

	n	临检项目	n	生化免疫	n	急诊检验
改进前	19,883	21.50 $\pm$ 4.42	12,321	120.57 $\pm$ 15.32	3264	53.93 $\pm$ 6.68
改进后	20,975	18.03 $\pm$ 4.13	12,942	99.36 $\pm$ 16.75	3349	45.63 $\pm$ 6.99
<i>t</i>		82.033		104.869		49.344
<i>P</i>		0.000		0.000		0.000

Table 2. Comparison of σ values and intra-laboratory TAT overtime rates before and after improvement [n (%)]

表 2. 改进前后 σ 值和室内 TAT 超时率比较[n (%)]

	σ	TAT 超时	TAT 符合	χ^2	<i>P</i>
改进前(n = 35,468)	3.1	2106 (5.94%)	33,362 (94.06%)	1955.998	0.000
改进后(n = 37,266)	4.3	111 (0.30%)	37,155 (99.70%)		

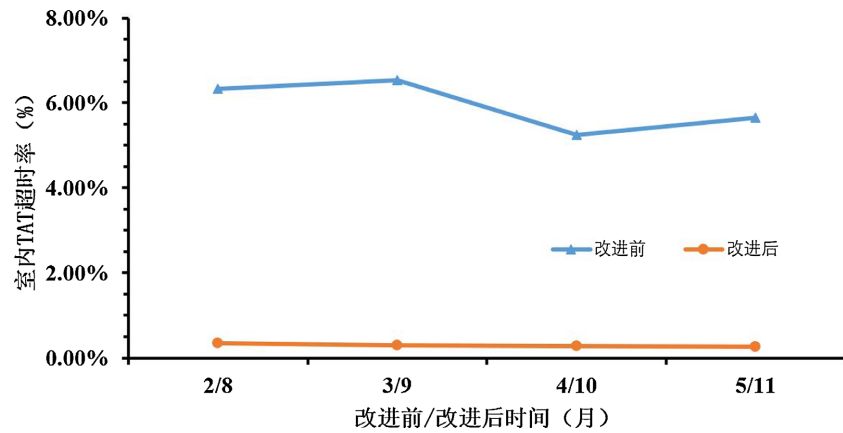


Figure 2. Monthly intra-laboratory TAT overtime rates before and after improvement

图 2. 改进前后各月室内 TAT 超时率

3.3. σ 值比较

如图 3 所示。改进前 4 个月(2~5 月) σ 值依次是 3.1、3.1、3.2 和 3.1，改进后 4 个月(8~11 月) σ 值依次是 4.2、4.3、4.3 和 4.3。

3.4. 满意度调查

改进后患者对室内 TAT 满意率提高，但差异无统计学意义($P > 0.05$)，而改进后临床医师室内 TAT 满意率显著高于改进前满意率($P < 0.05$)。详见表 3。

4. 讨论

上世纪 80 年代，许多西方现代企业面临批量生产产品缺陷率偏高，严重影响企业业务、声誉的情况，为提高产品合格率，提高客户满意度，促进企业顺利完成质量效益转型，摩托罗拉工程师 Bill·Smith 创新管理方法，提出六西格玛方法，该方法为管理者提供了集思广益发现问题、头脑风暴分析问题、系统

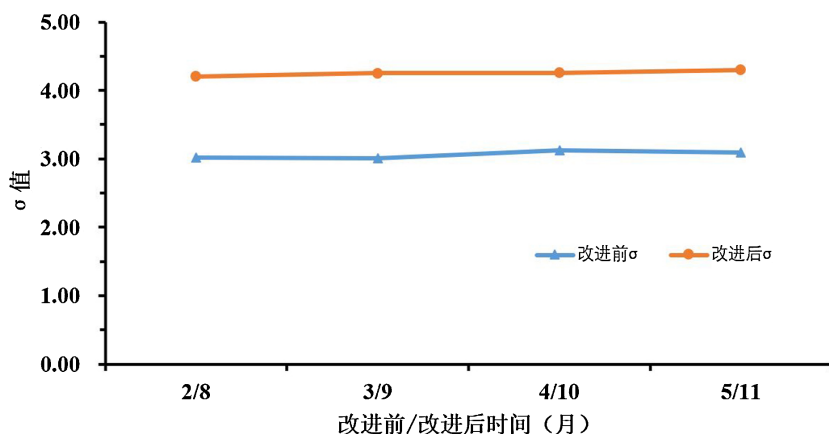


Figure 3. Monthly σ values before and after improvement
图 3. 改进前后各月 σ 值

Table 3. Survey on patient and physician satisfaction with intra-laboratory TAT before and after improvement [n (%)]
表 3. 改进前后患者和医师对室内 TAT 满意度调查[n (%)]

	患者(n = 100)		医师(n = 50)	
	满意	需要改进	满意	需要改进
改进前(n = 100)	56 (56.00%)	44 (44.00%)	39 (78.00%)	11 (22.00%)
改进后(n = 100)	67 (67.00%)	33 (33.00%)	47 (94.00%)	3 (6.00%)
χ^2	2.555		5.316	
P	0.110		0.021	

彻底解决问题并持续控制改进的技术路线[6][7]。后经丰田汽车、通用电气等多家企业应用后,不断创新发展,最终形成了一套更为完备的 LSS 方法[8]。技术水平和服务质量是医疗机构的核心竞争力,正规、合理的医疗流程是降低医疗差错、提高服务质量的重要方面, LSS 方法对改进医疗流程和质量也同样适用[9]。

Trakulsunti [10]等指出, LSS 是一种强大的过程改进方法,可以应用于医疗保健部门,以减少用药错误,提高患者的安全性和降低运营成本。华西医院实验医学科应用 LSS 方法,合理确定了每个生化酶学检测项目的分析批长度(质控频率),在质量和效益间找到了最佳平衡点[11]。伦敦大学儿童医院应用 LSS 方法改进手术室周转流程,患者周转时间中位数从改进前的 41 min 显著降低至 32 min [12]。本研究结果显示,改进后,各类检验项目室内 TAT 均较改进前显著降低($P < 0.05$),其中生化免疫检验 TAT 降低最为明显,从(120.57 ± 15.32) min 降低至(99.36 ± 16.75) min,表明 LSS 方法可以对门急诊检验室工作流程进行优化改进。Tamer 等应用该方法取得了类似效果[13]。

Godley 应用 LSS 方法优化血管放射介入治疗流程,显著减少了患者等待和治疗时间[14]。本研究中,改进后室内 TAT 超时率(0.30%)较改进前(5.94%)显著降低($P < 0.05$), σ 值从 3.1 提升至 4.3,提示本实验室工作流程有了显著改善。从改进前后各月情况看,改进前 TAT 超时率波动幅度较大,可能是因为缺少实时监控[15]。改进后情况明显好转, TAT 超时率稳定维持在较低水平。

我们将调查医患满意度选项设置为“满意”和“需要改进”,未设置“不满意”,目的是尽可能减少因碍于情面不予差评的情况。结果显示,改进后医患满意率均有所提升,但改进前后患者满意度没有显著差异。笔者分析原因可能有:(1) 医患信息不对称,患者对不同检验项目耗时不了解;(2) 医学检验

仅是临床诊疗的一个环节, 患者对其它环节的不满意可能影响此次调查。针对上述原因, 我们认为还需要加强医患沟通及科室间协助, 与卫勤处及护理部密切沟通, 将 LSS 方法延伸至实验室外, 不断优化患者门急诊就医体验, 提升检验工作时效[16]。

本研究仍存在一定局限性。首先, 本研究数据来源于单一中心, 代表性和结论可信度偏弱, 后续拟在更多单位实践推广。其次, 本研究采用前后对照设计, 缺乏平行对照组, 后续多中心实践中, 拟引入多中心平行对照。

综上所述, LSS 方法在门急诊检验室工作流程优化、缩短室内 TAT、医患满意率提升等方面, 是行之有效的。

参考文献

- [1] 临床实验室质量指标: WS/T 496-2017 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [2] 卫生部办公厅关于印发《三级综合医院评审标准实施细则(2011年版)》的通知[EB/OL]. 2011-12-23. <https://www.nhc.gov.cn/wjw/c100175/201112/35b0a75c58c44e5893ec255934ea5338.shtml>, 2021-01-10.
- [3] Westgard, J.O. and Westgard, S.A. (2017) Six Sigma Quality Management System and Design of Risk-Based Statistical Quality Control. *Clinics in Laboratory Medicine*, **37**, 85-96. <https://doi.org/10.1016/j.cll.2016.09.008>
- [4] Sommer, A.C. and Blumenthal, E.Z. (2019) Implementation of Lean and Six Sigma Principles in Ophthalmology for Improving Quality of Care and Patient Flow. *Survey of Ophthalmology*, **64**, 720-728. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2019.03.007>
- [5] Westgard Six Sigma Calculators. <https://www.westgard.com/six-sigma-calculators.htm>
- [6] 龚辉, 严惟力, 陈利云, 等. 精益六西格玛理论在临床医疗中的运用[J]. 中华全科医师杂志, 2017, 16(3): 236-239.
- [7] Penix, R., Kish, J., Gustovich, M. and Cudnik, M. (2019) Lean Six Sigma Methodology in the Implementation of a Standardized Health Literacy Assessment in a Safety Net Internal Medicine Residency Clinic. *HLRP: Health Literacy Research and Practice*, **3**, e25-e30. <https://doi.org/10.3928/24748307-20181217-01>
- [8] Rothstein, D.H. and Raval, M.V. (2018) Operating Room Efficiency. *Seminars in Pediatric Surgery*, **27**, 79-85. <https://doi.org/10.1053/j.sempedsurg.2018.02.004>
- [9] 闫玉珠, 王冀邯, 赵和平, 等. 6种允许总误差对20个生化项目建立个性化质量控制方案的影响[J]. 检验医学与临床, 2020, 17(23): 3442-3447+3452.
- [10] Trakulsunti, Y. and Antony, J. (2018) Can Lean Six Sigma Be Used to Reduce Medication Errors in the Healthcare Sector? *Leadership in Health Services*, **31**, 426-433. <https://doi.org/10.1108/lhs-09-2017-0055>
- [11] 黄志刚, 贺勇, 何詠. 生化酶学检测指标分析批长度的统计质量控制策略分析[J]. 国际检验医学杂志, 2020, 41(20): 2450-2453.
- [12] Tagge, E.P., Thirumoorathi, A.S., Lenart, J., Garberoglio, C. and Mitchell, K.W. (2017) Improving Operating Room Efficiency in Academic Children's Hospital Using Lean Six Sigma Methodology. *Journal of Pediatric Surgery*, **52**, 1040-1044. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2017.03.035>
- [13] Inal, T.C., Goruroglu Ozturk, O., Kibar, F., Cetiner, S., Matyar, S., Daglioglu, G., et al. (2018) Lean Six Sigma Methodologies Improve Clinical Laboratory Efficiency and Reduce Turnaround Times. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, **32**, e22180. <https://doi.org/10.1002/jcla.22180>
- [14] Godley, M. and Jenkins, J.B. (2019) Decreasing Wait Times and Increasing Patient Satisfaction: A Lean Six Sigma Approach. *Journal of Nursing Care Quality*, **34**, 61-65. <https://doi.org/10.1097/ncq.0000000000000332>
- [15] Ahmed, S. (2019) Integrating DMAIC Approach of Lean Six Sigma and Theory of Constraints toward Quality Improvement in Healthcare. *Reviews on Environmental Health*, **34**, 427-434. <https://doi.org/10.1515/reveh-2019-0003>
- [16] Cançado, T.O.d.B., Cançado, F.B. and Torres, M.L.A. (2019) Lean Six Sigma and Anesthesia. *Brazilian Journal of Anesthesiology*, **69**, 502-509. <https://doi.org/10.1016/j.bjan.2018.12.012>