Iran University of Medical Sciences

JHA

doi 000000000000

Original Article

Journal of Health Administration

Efficiency in the utilization of diagnostic imaging equipment in hospitals and strategies for its enhancement: A case study in a specialized hospital in Tehran

Sayyed_Morteza Hosseini_Shokouh[1,2], Nooredin dopeykar [3], Samaneh Vahidifar[4,5], Zahra Motaghed[6], Yaghoub Yousefi[7], Mohammad Meskarpour_Amiri [8*]

[1] *Associate Professor, Health Management Research Center, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran.*

[2] *Associate Professor, Faculty of Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran.*

[3] *MSc, Health Management Research Center, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran.*

[4] *MSc, Clinical Research Development Unit, Baqiyatallah Hospital, Tehran, Iran.*

[5] *MSc, Health Management Research Center, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran.*

[6] *MD, Department of Radiology, Faculty of Medicine, AJA University of Medical Sciences, Tehran, Iran.*

[7] *Msc, School of Health Management and Information Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.*

[8] *Assistant Professor, Health Management Research Center, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran.*

ARTICLE INFO

Corresponding Author:
Mohammad Meskarpour_Amiri
e-mail addresses:
mailer.amiri@gmail.com

Received: 27/Jun/2023
Modified: 13/Sep/2023
Accepted: 20/Sep/2023
Available online: 03/Aug/2024

Keywords:
Efficiency
Equipment utilization
Diagnostic imaging
Hospital

ABSTRACT

Introduction: Enhancing the efficiency of medical equipment utilization can result not only in reduced treatment costs but also in shorter waiting times and increased patient satisfaction. This study aimed to estimate the utilization coefficient of diagnostic imaging equipment and provide solutions for its improvement.

Methods: The present cross-sectional study was conducted using mixed methods approach in two quantitative and qualitative stages. In the first stage, the utilization of three main imaging-diagnostic equipment of a specialized hospital (encompassing three ultrasound machines, two MRI devices, and one CT angiography machine) was investigated from March 2018 to March 2019. The study employed two indices, the calendar utilization coefficient, and the service provision utilization coefficient to gauge the efficiency of equipment utilization. In the second stage, the main causes of reduced equipment utilization and improvement solutions were determined through focused group discussions with the participation of 15 experts using the content analysis method.

Results: Among the assessed equipment, the lowest utilization coefficient was related to the CT angiography at 25% and the intervention ultrasound machine at 33%, respectively. The utilization coefficient for the ultrasound machine in the outpatient and the inpatient departments was 41% and 81%, respectively, and for the MRI machine in the outpatient and the inpatient departments was 84% and 46%, respectively. Common factors contributing to reduced utilization of diagnostic imaging equipment within the hospital comprised insufficient human resources, delays in patient transfers from inpatient departments, inadequate workspace in diagnostic imaging units, and suboptimal preventive maintenance systems.

Conclusion: Maximizing the capacity of diagnostic imaging equipment in the hospital necessitates augmenting and motivating human resources, streamlining workflow and patient transfer across departments, restructuring the workspace within diagnostic imaging units, and making strategic investments in equipment maintenance systems.

Copyright: © 2024 The Author(s); Published by Iran University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Extended Abstract

Introduction

Optimal utilization of hospital equipment not only reduces hospital costs but also leads to faster patient care, improved patient flow in hospitals, enhanced quality of patient care, and increased patient satisfaction. [1,2] Therefore, enhancing the efficiency of diagnostic-imaging equipment in hospitals can directly result in cost savings in care provision and indirectly, by reducing patient stay duration, result in increased bed turnover, improved patient satisfaction and the advancement of the hospital's economy. [3] The current study aimed to identify the level of operation of diagnostic-imaging equipment in one of the Iranian hospitals and provide solutions to improve the operation of diagnostic-imaging equipment in hospitals.

Methods

The current cross-sectional study was conducted using a mixed-methods approach in two quantitative and qualitative phases in 2019-2020 at a specialized hospital in Tehran, Iran. The study population included all diagnostic-imaging equipment in the hospital, from which the most important main diagnostic-imaging equipment, including CT angiography (CTA) machine, sonography machine, and magnetic resonance imaging (MRI) machine, were selected for evaluation through purposive sampling. The utilization of diagnostic-imaging equipment since the beginning of 21 March 2018 to the end of 20 March 2019 (1397 HS) was measured. The calculations of utilization coefficients were based on the guidelines of Rothman et al. [4] as follows:
A) Calendar utilization coefficient: This coefficient represents the ratio of the number of working days the equipment was available to the total number of calendar days. This measure is typically used to evaluate equipment utilization over a designed period of time. The calendar utilization coefficient is calculated as follows:

K_"calender" =t_"nominal" /t_"calender"

Where:
K_"calender" : Calendar utilization coefficient
t_"nominal" : The number of working days in a given period when, based on the institution's work schedule, the equipment could be used.
t_"calender" : The total number of calendar days in the same period

B) Utilization coefficient of service provision:This coefficient represents the ratio of the number of hours the equipment was actually used for providing services to patients to the total potential working hours of the equipment. This measure examines the actual utilization of equipment in service provision more precisely. The mathematical equation for calculating the utilization coefficient of service provision was as follows:

$$K_{service} = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_i \cdot T_i}{N_{max}}$$

Where:
K_"service" : Utilization coefficient of service provision in a given time period
N_i: Number of times service i was provided in a given time period
T_i : Time required to provide service i (average time required to provide service i)
N_"max" : Maximum time the equipment could be used in a given time period, which can be calculated either potentially (full-time) or actually (based on the existing equipment schedule)

Subsequently, the lost utilization (LU) of diagnostic-imaging equipment was calculated and reported using the following equation:

$$Lu = 1 - K_{service} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} N_i \cdot T_i}{N_{max}}$$

The necessary information for calculating the utilization coefficient for each

diagnostic-imaging equipment, including the number of days and hours of operation of each machine, the number and type of services provided by each machine during the study period, was collected from the machine performance records in hospital information system (HIS). Moreover, the time required to provide each service (T_i) in the cases of minimum and maximum interruption was collected through surveying the users of each machine, and the average time required to provide each service was calculated as the arithmetic mean. After data collection, the utilization coefficient for each diagnostic-imaging equipment was calculated separately using Stata 14. In the second phase of this study, the most important barriers and solutions for improving the utilization of diagnostic-imaging equipment were identified through the qualitative method by forming focus group discussions with the participation of 15 subject matter experts including supervisors of diagnostic-imaging departments, imaging technicians, biomedical equipment experts, and with the presence of a radiologist.

Results

The calendar utilization coefficient of diagnostic-imaging equipment in the first and second six months of year is presented in Table 1. Based on Table 1, the average calendar utilization coefficient of the equipment was 88.7%, indicating that according to the existing work schedule, on average the diagnostic-imaging equipment was not used on 11.3% of the days of the year. Among the evaluated equipment, the interventional sonography machine had the lowest average calendar utilization coefficient (77%) and was not used on average 23% of the days of the year.

Table 2 shows the utilization coefficient of service provision for each main diagnostic-imaging equipment. According to Table 2, the utilization coefficient of service provision for the inpatient MRI machine was 45.9% which could be improved up to 86.4% by increasing the machine operating hours to full-time. The lost utilization of the inpatient MRI machine was 54.1% which could be reduced to 13.6% by increasing the machine operating hours to full-time. The utilization coefficient of service provision for the outpatient MRI machine was 84.3% which could not be improved since the machine was already operating full-time.

Table 1: Calendar utilization coefficient of main diagnostic-imaging equipment in the studied hospital

Equipment	Calendar Utilization Coefficient (Kcal)		
	First 6 months (%)	Second 6 months	Average (%)
Inpatient MRI	100	98.4	99.2
Outpatient MRI	98.9	84.4	91.6
Inpatient Sonography	100	99.5	99.7
Outpatient Sonography	88.8	72.6	80.7
Interventional Sonography	81	73.7	77.3
CT Angiography	86	81.2	83.6
Average	92.4	84.9	88.7
Standard Deviation	5.7	10.6	8.7

The utilization coefficient in service provision for the sonography machine was 33.4% and could be increased to 74.3% by increasing the machine working hours. The lost utilization of the sonography machine was 66.6%, which could be reduced to 25.7% by operating the machine on a full-time basis. The utilization coefficient in service provision for the sonography machine in the inpatient department was 80.6% and could not be increased due to the machine full-time operation. The lost utilization of the sonography machine in the inpatient department was 19.4%. The utilization coefficient in service

provision for the CT angiography machine was 25.5% and could be increased to 55.4%, with the remaining 44.6% attributed to a lack of utilization in service delivery.

Table 2: Utilization coefficient in service provision and lost utilization of diagnostic-imaging equipment

Equipment Name	Maximum Operating Time* (N_{max})	Utilization Coefficient in Service Provision($K_{service}$)	Lost Utilization (LU)
MRI Inpatient	Current operating time (13 hours × 284 days)	0.864	0.136
	Potential operating time (21 hours × 365 days)	0.459	0.541
MRI Outpatient	Current operating time (21 hours × 365 days)	0.843	0.157
	Potential operating time (21 hours × 365 days)	0.843	0.157
Interventional Sonography	Current operating time (12 hours × 285 days)	0.743	0.257
	Potential operating time (21 hours × 365 days)	0.334	0.666
Inpatient Sonography	Current operating time (21 hours × 365 days)	0.806	0.194
	Potential operating time (21 hours × 365 days)	0.806	0.194
Outpatient Sonography	Current operating time (12 hours × 280 days)	0.855	0.145
	Potential operating time (21 hours × 365 days)	0.406	0.596
CT Angiography	Current operating time (12 hours × 294 days)	0.554	0.446
	Potential operating time (21 hours × 365 days)	0.255	0.745

* The maximum operating time of the device is considered in two modes: potential (full-time) and current (based on the existing schedule). In the potential mode, the device can be used for 21 hours every day for 365 days a year (with consideration for 3 hours of shift change and device rest). However, the current mode is institution-specific for each device. For example, according to the hospital schedule, the CT angiography device is available only on non-holiday days (equivalent to 294 days) from 6 AM to 6 PM (12 hours) (12×294).

The reasons for the decline in service provision efficiency and its enhancement solutions for hospital diagnostic-imaging equipment are presented in Table 3. According to Table 3, the main common reasons for the decline in efficiency of hospital diagnostic-imaging equipment include a weak preventive maintenance system, inadequate department space, delays in patient transfers from the inpatient department (patient transfer management), and a shortage of human resources. In this regard, solutions such as strengthening the preventive maintenance system for equipment management, workspace reengineering for departments, improving patient transfer time management, and proportionally increasing specialized human resources were among the most important solutions proposed to improve the efficiency of hospital diagnostic-imaging equipment.

Table 3: Main reasons for the efficiency decline in diagnostic-imaging equipments and efficiency enhancement solutions

Reasons for decreased efficiency in MRI device		Strategies to improve efficiency in MRI device
1	Weak preventive maintenance system (delay in replacing compressor filters, delay in updating device software)	✓ To strengthen preventive maintenance management system for equipment ✓ To reengineer the workspace of the inpatient MRI section ✓ Electronic processing and reporting of MRI acceptance ✓ Recruitment of resident and MRI specialist
2	Inappropriate space of imaging department (lack of patient W.C within the department)	
3	Delay in manual patient acceptance and reporting processes in MRI	
4	Lack of specialized and sub-specialized human resources (MRI specialist and sub-specialized personnel for improving radiology reports)	
Reasons for decreased efficiency in sonography device		**Strategies to improve efficiency in sonography device**
1	Educational nature of the department (checking residents' work with professors)	✓ To improve maintenance management of devices ✓ To identify and solve problems in patient transfer delays ✓ To enhance the quality of patient transfers ✓ To reengineer the workspace of the echocardiography department ✓ Time planning for timely physician presence in the department ✓ Adherence to gender diversity in patient transfers ✓ 24-hour use of outpatient sonography device ✓ Utilization of electronic health records to view patient treatment history for faster consultations ✓ Addition of a new device for emergency sonography patients ✓ Addition of human resources as physician assistants ✓ Addition of interventional radiology sub-specialist physician
2	Weak preventive maintenance and periodic servicing (1-month delay due to ultrasound probe burning)	
3	Delay in patient transfers from inpatient department to sonography department (delay in patient transfers)	
4	Poor quality patient transfers (failure to perform tasks related to patient transfers including changing sheets and moving patients)	
5	Mismatch in patient gender during transfer (using male help for transferring a female patient and vice versa)	
6	Lack of department personnel and multiple duties (patient reception, typing sonography results, coordination of patient entries and exits, telephone appointment scheduling, and medical order control by a single staff member)	
7	Irregular and delayed presence of specialists due to conflicting educational (training classes) and outpatient treatment duties (practically present from 9 AM to 3 PM)	
8	Inappropriate department space design (W.C, waiting room, segregation of inpatient and outpatient spaces)	
9	Lack of interventional radiology sub-specialist physician	
Reasons for decreased efficiency in CT angiography device		**Strategies to improve efficiency in CT angiography device**
1	Recent establishment of the device site at the hospital (in 2017 and 2018)	✓ Structured design of the department space for separating patient reception and preparation ✓ To increase recovery beds and necessary space for patient preparation ✓ To establish a regular monitoring system for periodic servicing of equipment ✓ To increase human resources (at least one reception staff) ✓ To identify and solve problems in patient transfer delays
2	Insufficient space in the department to provide CT angiography services (multiple use of a single space)	
3	Inadequate department design for patient preparation (lack of space and preparation and recovery beds for patients)	
4	Lack of periodic maintenance and recurring device errors	
5	Delay in patient transfers from inpatient departments to CT angiography department	
6	Lack of human resources for reception and multiple duties (typing results and reception by a single staff)	
7	The time-consuming nature of preparing the patient in terms of physical, physiological, and mental conditions for receiving services (patient's heart rate stability)	

Discussion

According to the findings, among the equipment examined, the lowest utilization rate belongs to the CT angiography device with a 25% utilization rate (equivalent to 75% lost utilization) and the interventional

sonography device with a 33% utilization rate (equivalent to 67% lost utilization). It is worth mentioning that the lost utilization of these devices is related to factors such as the lack of sub-specialized human resources for continuous operation with these devices, the time-consuming patient preparation for these interventions, the shortage of human resources assisting physicians, and the inappropriate design of the department for patient preparation (patient preparation and recovery on service beds). Additionally, among the examined equipment, the highest utilization rates belong to the MRI devices in the outpatient department (84%) and the sonography devices in the inpatient department (80%), with less than 20% lost utilization in these devices. The utilization rate of diagnostic imaging equipment varies significantly in different studies depending on various factors such as the type of equipment, the type of hospital, geographical location, and patient population (community healthcare). Studies have reported a wide range of utilization rates for various medical equipment, ranging from high usage rates of around 80% to low usage rates of less than 50%. [1-3,5,6] Estimated medical equipment utilization rates in Ethiopia showed that the average medical equipment utilization rate in this country was 49.0% (with a 95% confidence interval in the range of 55.0-44.0). [3] A study conducted by Lathwal and Banerjee [6] in a regional hospital in Haryana, India, revealed that the actual utilization of available equipment capacity was only 39.3%. Additionally, 35.5% of the equipment either were unusable or were not being utilized and were kept as reserves. In a study by Chaudhary and Kaul [1] in level 3 hospitals (specialized and sub-specialized) in a region of India, it was demonstrated that the hospital equipment utilization rate based on equipment prices in three categories of expensive, average-priced, and inexpensive equipment was equivalent to 58.1%, 62.1%, and 60.4%, respectively. Although a specific spectrum for categorizing levels of medical equipment utilization (UC) has not been presented, a review of studies indicates that utilization rates below 50% (equivalent to a loss of utilization above 50%) can be considered low utilization, while utilization rates above 80% (equivalent to a loss of utilization below 20%) can be considered appropriate or good utilization. For example, a study by Tesfaye and colleagues [3], regarding the utilization rate of medical equipment in Ethiopia, stated that out of 192 devices examined, 111 devices (approximately 57%) were effectively used (UC $\geq$ 50), while 81 devices (about 42%) lacked proper utilization (UC < 50). A study by Chaudhary and Kaul[1] in a specialized hospital in India in 2015 showed that 96% of the equipment operated below their full capacity, with 96% of the equipment having a utilization rate (UC) of less than 100%, and even 23% of the diagnostic hospital equipment had utilization rates of less than 50%. Our findings emphasize the importance of improving the utilization of diagnostic imaging equipment in hospitals. By addressing the identified factors in this study, the efficiency of providing diagnostic imaging services can be increased. This, in turn, can reduce costs, decrease patient waiting times and lengths of stay, enhance quality of care, and improve patient satisfaction. Strategic investments in maintenance systems, allocation of sufficient human resources, increasing employee motivation, redesigning diagnostic imaging departments, and optimizing patient flow in these departments are key considerations for achieving optimal use and maximizing the benefits of expensive diagnostic imaging technologies in hospitals. Additionally, the necessity of managerial interventions to improve time management in the patient transfer chain, patient preparation, and adequate utilization of service personnel alongside specialized human resources can be an effective

solution for increasing the efficiency of care delivery. Efforts should focus on streamlining patient transfers between departments to reduce delays, ensuring smooth patient flow within departments, and minimizing service interruptions by optimizing the physical workspace of departments and aligning human resources with patient volumes.

Acknowledgment

Ethical Considerations: This study was conducted in full compliance with ethical principles in research. The research proposal with code IR.BMSU.REC.1398.091 was approved by the Ethics Committee in Biological Research of Baqiyatallah University of Medical Sciences. All information obtained was used confidentially and securely, and the relevant ethical principles were adhered to.

Funding: This research was financially supported by the Clinical Research Development Unit of Baqiyatallah Hospital, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran (the number: 1398091). The financial supporter coordinated access to the data but did not participate in data analysis or manuscript writing.

Conflict of Interest: The authors declared no conflicts of interest.

Authors' Contributions: Mohammad Meskarpour Amiri: Conceptualization, Study design, Supervision, Data collection, Data analysis Sayyed_Morteza Hosseini_Shokouh: Conceptualization, Study design, Supervision, Data collection; Noradin Dopeykar: Conceptualization, Study design, Data collection; Samaneh Vahidifar: Data collection, Data analysis; Yaghoub Yousefi: Data collection, Writing-original draft; Zahra Motaghed: Data collection, Writing-original draft. All authors reviewed and approved the final manuscript.

Consent for Publication: Not applicable.

Data Availability: Access to the research data can be obtained with the approval of the studied hospital by sending an email to the corresponding author.

Decleration of Artificial Intelligence: No artificial intelligence tools were used in conducting this study or writing the Persian manuscript. Barely.AI was used for English editing and improving English abstracts. The translated content by AI was reviewed and approved by the authors.

Acknowledgements: The authors thank the Clinical Research Development Unit of Baqiyatallah Hospital for their financial support, guidance, and consultation.

References

1. Chaudhary P, Kaul P. Factors affecting utilization of medical diagnostic equipment: a study at a tertiary healthcare setup of Chandigarh. Chrismed J Health Res. 2015;2(4):316-323. doi: 10.4103/2348-3334.165741.
2. Wei Y, Yu H, Geng J, Wu B, Guo Z, He L, et al. Hospital efficiency and utilization of high-technology medical equipment: a panel data analysis. Health Policy Technol. 2018;7(1):65-72. doi: 10.1016/j.hlpt.2018.02.005.3.
3. Tesfaye Geta E, Terefa DR, Desisa AE. The Efficiency of medical equipment utilization and its associated factors at public referral hospitals in east Wollega Zone, Oromia Regional State, Ethiopia. Med Devices (Auckl). 2023;22(16):37-46. doi: 10.2147/MDER.S402721.4.
4. Roitman M, Ivanova T, Tutina L. Evaluation of the utilization of medical equipment in hospitals. Biomed Eng. 1968;2(1):37-40. doi: 10.1007/BF00552263.5.
5. Gupta V, Sarode SC. Assessment of equipment utilization and maintenance schedule at a dental institution in Bengaluru, India. World J Dent. 2014;8(2):104-8. doi: 10.5005/jp-journals-10015-1272.
6. Lathwal O, Banerjee A. Availability and utilization of major equipment at the district hospital, Gurgaon. Haryana J Acad Hosp Adm. 2001;13(2):23-8. doi: 10.5005/jp-journals-10015-142.

نشریه مدیریت سلامت

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ایران

doi 000000000000

مقاله اصیل

بررسی کارایی در بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری بیمارستانها و راهکارهای ارتقای آن: مطالعه موردی در یک بیمارستان فوق‌تخصصی در تهران

سید مرتضی حسینی شکوه[۱،۲]، نورالدین دوپیکر[۳] ، سمانه وحیدی فر[۴،۵]، زهرا معتقد[۶]، یعقوب یوسفی[۷]، محمد مسگرپور امیری[۸*]

[۱] دانشیار اقتصاد سلامت، مرکز تحقیقات مدیریت سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه ا...(عج)، تهران، ایران.

[۲] دانشیار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله(عج)، تهران، ایران.

[۳] کارشناسی ارشد اقتصاد سلامت، مرکز تحقیقات مدیریت سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه ا...(عج)، تهران، ایران.

[۴] کارشناسی ارشد فناوری اطلاعات، واحد توسعه تحقیقات بالینی، بیمارستان بقیه ا...(عج)، تهران، ایران.

[۵] مرکز تحقیقات مدیریت سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه ا...(عج)، تهران، ایران.

[۶] متخصص رادیولوژی، گروه علمی رادیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی آجا، تهران، ایران.

[۷] کارشناسی ارشد اقتصاد سلامت، دانشکده مدیریت و اطلاع رسانی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

[۸] استادیار اقتصاد سلامت، مرکز تحقیقات مدیریت سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه ا...(عج)، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نویسنده مسئول:
محمد مسگرپور امیری
رایانامه:
mailer.amiri@gmail.com

وصول مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶
اصلاح نهایی: ۱۴۰۲/۰۶/۲۲
پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۶/۲۹
انتشارآنلاین: ۱۴۰۳/۰۵/۱۳

واژه‌های کلیدی:
کارایی
بهره‌برداری از تجهیزات تصویربرداری تشخیصی
بیمارستان

چکیـــــده

مقدمه: بهره‌برداری درست از تجهیزات تشخیصی-تصویری، علاوه بر کاهش هزینه‌های درمانی، میتواند منجر به کاهش مدت زمان انتظار و افزایش رضایتمندی بیماران شود. لذا، هدف این پژوهش برآورد میزان بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری و ارائه راهکارهای ارتقای آن بود.

روش‌ها: مطالعه حاضر یک پژوهش مقطعی است که به روش ترکیبی طی دو مرحله کمّی و کیفی انجام شد. در مرحله اول، بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری اصلی یک بیمارستان تخصصی-فوق‌تخصصی (شامل سه دستگاه سونوگرافی، دو دستگاه MRI و یک دستگاه CT آنژیوگرافی) در بازه زمانی اول فروردین ماه ۱۳۹۷ تا پایان اسفندماه ۱۳۹۷ بررسی شد. به‌منظور سنجش میزان بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری، از دو شاخص ضریب بهره‌برداری تقویمی و ضریب بهره‌برداری در ارائه خدمت استفاده شد. سپس در مرحله دوم، علل اصلی افت بهره‌برداری از تجهیزات و راهکارهای ارتقای آن، با تشکیل گروههای بحث متمرکز با حضور ۱۵ نفر از خبرگان در سه ماهه اول سال ۱۳۹۸ به روش تحلیل محتوی، احصا گردید.

یافته‌ها: در بین تجهیزات مورد بررسی کمترین ضریب بهره‌برداری به‌ترتیب مربوط به دستگاه CT آنژیو با ۲۵ درصد و دستگاه سونوگرافی مداخلهای با ۳۳ درصد بود. ضریب بهره‌برداری برای دستگاه سونوگرافی بخش سرپایی و بخش بستری به ترتیب ۴۱ و ۸۱ درصد و برای دستگاه MRI بخش سرپایی و بخش بستری به ترتیب ۸۴ و ۴۶ درصد بود. علل اصلی مشترک افت بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری شامل کمبود نیروی انسانی بخش، تاخیر در جابه‌جایی بیماران از بخشهای بستری، فضای نامناسب بخشهای تشخیصی-تصویری و ضعف نظام تعمیرونگهداری پیشگیرانه بود.

نتیجه‌گیری: استفاده بهینه از ظرفیت تجهیزات تشخیصی-تصویری در بیمارستان مستلزم افزایش تعداد و انگیزه نیروی انسانی، بهینه‌سازی گردش کار و جابه‌جایی بیمار بین بخشها، بازطراحی فضای کاری بخشهای تشخیصی-تصویری و سرمایه‌گذاری استراتژیک در سیستم‌های تعمیرونگهداری است.

مقدمه

در د هه های اخیر، تجهیزات تشـخیصـی-تصـویری در بیمارستان‌ها به‌شکل چشمگیری توسعه یافته‌اند و به تشخیص و درمان بیماران کمک فراوانی می کنند. بااین‌حال، مدیریت و بهره‌برداری بهینه از این تجهیزات، با چالش های متعددی روبرو اسـت کـه از جملـه مهم ترین آن هـا می‌توان بـه بهره‌برداری پایین، تعمیرات و نگهداری نامناسب، ایجاد وقفه در برنامه‌ریزی و اسـتفاده از تجهیزات و هزینه‌های اضـافی اشـاره کرد. [۱] دردسـترس‌بودن و اسـتفاده از تجهیزات پزشکی در سطوح مختلف، به‌ویژه در بیمارستان‌ها برای ارائه خدمات درمانی موردنیاز بیماران، ضـروری اسـت. وجود تجهیزات تشخیصی-تصویری مناسب عامل مهمی برای ارائه مراقبت درمانی در بیمارسـتان‌های امروزی اسـت و تقریبا در تمام فعالیت‌های تشـخیصـی، درمانی و حمایتی بیمارسـتان نقش دارند. [۲] تجهیزات تشـخیصـی-تصـویری مدرن به شـکل چشـم گیری به بهبود کیفیت خدمات بهداشـتی و وضـعیت درمان بیماران کمک می کنند. علاوه بر تشـخیص بهتر بیماری، این تجهیزات منجر به پیشرفت‌های چشم گیری در توسـعه جراحی‌های غیرتهاجمی نیز شـده‌اند. [۳،۴] بهبود بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری در بیمارستان‌ها می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌ها، افزایش اثربخشی درمانی، کاهش تعداد و مدت بسـتری بیماران و ارتقای رضـایت بیمـاران و خـانواده هـای آنـان شـود. ازاین‌رو، توجـه بـه بهره‌برداری مناسب از تجهیزات تشخیصی-تصویری و بهبود اسـتفاده از آن‌ها در بیمارسـتان‌ها امری بسـیار حیاتی اسـت. تجهیزات پزشـکی بـه‌طور تقریبی ۴۰ تـا ۵۰ درصـد از هزینه‌های تأسیس بیمارستان را شامل می‌شوند. [۵] همچنین، بین ۳۰ تا ۵۰ درصـد از هزینه های خدمات بسـتری در بیمارسـتان‌ها به هزینه‌های مربوط به عوامل سـرمایه‌ای، مانند تجهیزات پزشـکی، اختصـاص داده می‌شـود. [۶] براسـاس مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۳ در بیمارستان‌های تخصصی هند انجام شد، تجهیزات تشخیصی-تصویری به‌طور میانگین ۱۳ درصد از کل هزینه‌های بیمارستان و ۷۴ درصد از هزینه‌های سرمایه‌ای آن‌ها را تشکیل می‌دهند. [۷] این هزینه‌ها ناشی از استهلاک تجهیزات تشخیصی-تصویری است که سالانه به بیمار ستان تحمیل می شود. بسیاری از تجهیزات تشخیصی-تصـویری جدیدی که خریداری می‌شـوند، معمولاً پس از گذشت شش تا هفت سال از نصب، قدیمی شده، و عملکرد آن‌ها کاهش می‌یابد. [۵] بی‌توجهی به بهره‌برداری مناسب از تجهیزات تشـخیصـی-تصـویری، به‌ویژه در کشـورهای درحال‌توسـعه، و فقدان خدمات تعمیرونگهداری مناسـب و نیز کمبود پرسـنل کارآزموده برای کاربرد این تجهیزات، منجر به کاهش بهره‌برداری از تجهیزات و افزایش قابل‌توجه در هزینه‌های درمان می گردد. [۸] شـواهد موجود در مورد کشورهای درحال‌تو سعه، نظیر ایران، نشان می‌دهد که عدم توجه به بهره‌برداری مناسـب از تجهیزات پزشـکی، علاوه بر کاهش درآمدهای بیمارسـتان، بیماران را دچار سـردرگمی می کند و منجر به اتلاف پول و وقت آن ها می‌شـود. طبق آمار وزارت بهداشـت ایران در سـال ۱۳۸۴، حدود پنج هزار میلیارد تومان دستگاه پزشکی سرمایه‌ای (تملک دارایی) در بخش دولتی موجود بود که سـالیانه حدود ۶۰ میلیارد تومان یعنی معادل ۱/۲ درصـد ارزش تجهیزات، صـرف هزینه‌های تعمیرونگهداری، جایگزینی و بهبود اسـتاندارد آن‌ها شـده اسـت. [۹] بهره‌برداری در واقع به معنای اسـتفاده بهینه از پتانسـیل تجهیزات پزشـکی موجود اسـت، به گونه‌ای که عملکرد واقعی تجهیزات پزشـکی به‌دسـت آید. بنابراین، مدیران بیمارسـتان‌ها همواره تلاش می کنند تا با بهینه‌سـازی اسـتفاده از تجهیزات، بیشـینه بازگشـت سـرمایه از سرمایه‌گذاری در تجهیزات را به‌دست آورند. استفاده بهینه از تجهیزات بیمـارسـتانی علاوه بر کـاهش هزینـه هـای بیمارستان، منجر به رسیدگی سریع‌تر به بیمار، بهبود گردش بیمار در بیمارستان، ارتقای کیفیت مراقبت به بیمار و افزایش رضـایت آنان خواهد شـد. [۱۰،۱۱] براین‌اسـاس، بهبود کارایی تجهیزات تشخیصی-تصویری در بیمارستان‌ها می تواند به‌طورمستقیم منجر به صرفه‌جویی در هزینه‌های ارائه مراقبت و به‌طورغیرمستقیم - از طریق کاهش مدت‌زمان اقامت بیمار، افزایش گردش تخت و ارتقای رضایتمندی بیمار- موجب کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمدهای

بیمارستان گردد. [۱۲] با بهره‌برداری بهینه و مناسب از تجهیزات تشخیصی-تصویری می‌توان به راهبردهایی دست یافت که نه‌تنها به افزایش کارایی این تجهیزات و صرفه‌جویی حاصل از آن کمک کند، بلکه منجر به بهبود عملکرد بیمارستان در تشخیص و درمان به‌هنگام، کاهش میانگین مدت اقامت بیماران و افزایش رضایتمندی آنان شود. [۱۳] براساس بررسی اولیه، مطالعه‌ای در خصوص سنجش بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری اصلی و راهکارهای ارتقای آن در ایران یافت نشد. لذا، مطالعه حاضر با هدف شناسایی میزان بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری در یکی از بیمارستان‌های ایران و ارائه راهکارهایی برای ارتقای بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری در بیمارستان‌ها اجرا شد.

روش‌ها

مطالعه حاضر یک مطالعه کاربردی و مقطعی است که به روش ترکیبی طی دو مرحله کمّی و کیفی در سال ۱۳۹۸ در یک بیمارستان تخصصی-فوق تخصصی در شهر تهران به اجرا درامد. بیمارستان موردبررسی در این مطالعه یک مرکز آموزشی-درمانی با ظرفیت ۶۵۰ تخت فعال در شمال تهران و با متوسط ضریب اشغال تخت ۷۵ درصد بود. جامعه مورد مطالعه شامل تمام تجهیزات تشخیصی-تصویری در بیمارستان بود که از بین آن‌ها به روش نمونه‌گیری هدفمند (مبتنی بر نظر طرح و برنامه بیمارستان) مهم‌ترین تجهیزات تشخیصی-تصویری اصلی بیمارستان شامل دستگاه CT آنژیوگرافی (CTA)، دستگاه سونوگرافی (Sonography) و دستگاه تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI) جهت بررسی انتخاب شدند. تمامی دستگاه‌های مذکور در بخش بستری (داخل بیمارستان) و بخش سرپایی (داخل درمانگاه) شامل یک دستگاه CTA، سه دستگاه سونوگرافی و دو دستگاه MRI بود که عملکرد تمام آن‌ها موردبررسی قرار گرفت. در مرحله اول این مطالعه میزان بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری فوق، در بازه زمانی اول فروردین ماه ۱۳۹۷ تا پایان اسفندماه ۱۳۹۷ استخراج و بررسی شد. در این مطالعه، برای سنجش میزان بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری، از دو نوع ضریب بهره‌برداری استفاده شد که شامل ضریب بهره‌برداری تقویمی (Calendar Utilization Coefficient) و ضریب بهره‌برداری در ارائه خدمت (Utilization Coefficient of Service Provision) بود. محاسبات ضرایب بهره‌برداری برگرفته از دستورالعمل روتمن و همکاران [۱۴] و به شرح ذیل بود:

الف) ضریب بهره‌برداری تقویمی: این ضریب نسبت تعداد روزهای کاری را که دستگاه دردسترس بوده‌است به تعداد روزهای تقویمی نشان می‌دهد. این معیار معمولاً برای ارزیابی بهره‌برداری از تجهیزات در طول مدت‌زمان طراحی شده و استفاده می‌شود. نحوه محاسبه ضریب بهره‌برداری تقویمی به صورت زیر است:

که در آن:

$$K_{calender} = \frac{t_{nominal}}{t_{calender}}$$

$K_{calender}$: ضریب بهره‌برداری تقویمی

$t_{nominal}$: تعداد روزهای کاری در یک بازه زمانی معین که براساس برنامه کاری موسسه، تجهیزات می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد.

$t_{calender}$: تعداد کل روزهای تقویمی موجود در همان بازه زمانی

ب) ضریب بهره‌برداری در ارائه خدمت: این ضریب نسبت تعداد ساعاتی که دستگاه در واقع برای ارائه خدمات به بیماران استفاده شده است به کل ساعات کاری بالقوه دستگاه را نشان می‌دهد. این معیار میزان استفاده واقعی از تجهیزات در ارائه خدمات را به‌طور دقیقتر نشان می‌دهد. همچنین، این معیار با توجه به تعداد و مدت زمان ارائه هر خدمت، امکان شناسایی دقیقتر نقاط ضعف و قوت در استفاده از تجهیزات و راهکارهای ارتقای آن را نشان می‌دهد. معادله ریاضی محاسبه ضریب بهره‌برداری در ارائه خدمت به‌صورت زیر بود:

که در آن:

$$K_{service} = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_i \cdot T_i}{N_{max}}$$

$K_{service}$: ضریب بهره‌برداری در ارائه خدمت در یک بازه زمانی مشخص

N_i: تعداد دفعات ارائه خدمت iام در یک بازه زمانی مشخص

T_i : زمان مورد نیاز برای ارائه خدمت iام (متوسط زمان موردنیاز برای ارائه خدمت iام)

N_{max}: حداکثر زمانی که دستگاه می‌توانست در یک بازه زمانی مشخص مورداستفاده قرار بگیرد؛ که می‌تواند هم به‌صورت بالقوه (تمام وقت) و هم به‌صورت بالفعل (براساس برنامه زمانی موجود دستگاه) محاسبه گردد.

در ادامه، بهره‌برداری ازدست‌رفته (Lost Utilization) تجهیزات تشخیصی-تصویری با استفاده از معادله زیر محاسبه و گزارش شد.

$$Lu = 1 - K_{service} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} N_i \cdot T_i}{N_{max}}$$

بهره‌برداری ازدست‌رفته تجهیزات نشان می‌دهد که چه میزان از ظرفیت تجهیزات درواقع برای ارائه خدمات به بیماران استفاده نشده است. با استفاده از این اندازه‌گیری، می‌توان مناطقی را که در آن‌ها امکان بهبود بهره‌برداری از تجهیزات و بهینه‌سازی تخصیص منابع وجود دارد، شناسایی کرد. محدوده‌ی بهره‌برداری ازدست‌رفته (LU) نیز مانند ضرایب بهره‌برداری در بازه‌ی بین صفر تا یک قرار دارد. مقدار صفر نشان‌دهنده‌ی عدم بهره‌برداری ازدست‌رفته است، به این معنی که تجهیزات به‌طورکامل بهره‌برداری شده‌اند؛ و بالعکس، مقدار یک نشان‌دهنده‌ی بهره‌برداری ازدست‌رفته کامل است؛ به‌معنی عدم‌استفاده از تجهیزات برای ارائه خدمات به بیماران. اطلاعات لازم جهت محاسبه ضریب بهره‌برداری برای هریک از تجهیزات تشخیصی-تصویری، شامل تعداد روزها و ساعات فعالیت هر دستگاه، تعداد و نوع خدمات ارائه‌شده توسط هر دستگاه در بازه زمانی موردمطالعه از طریق اطلاعات ثبتی عملکرد دستگاه در سامانه اطلاعات بیمارستان (HIS) جمع‌آوری گردید. همچنین، زمان لازم برای ارائه هر خدمت (T_i) در دو حالت کمترین و بیشترین وقفه از طریق نظرسنجی از کاربران هر دستگاه جمع‌آوری گردید و متوسط زمان موردنیاز برای ارائه هر خدمت به‌صورت میانگین ریاضی محاسبه شد. به‌منظور جمع‌آوری داده‌ها در مرحله اول از فرم گردآوری داده استفاده شد که اقلام (آیتم‌های) آن براساس مطالعات پیشین تنظیم شد. [۱۳,۲] این آیتم‌ها شامل نام دستگاه، محل استقرار دستگاه، برنامه زمانی کارکرد دستگاه، تعداد روزهای ارائه خدمت در سال و تعداد دفعات و نام خدمات تشخیصی-تصیری ارائه‌شده ازطریق هر دستگاه بود. پس از جمع‌آوری داده‌ها، ضریب بهره‌برداری برای هریک از تجهیزات تشخیصی-تصویری به‌طورجداگانه و با استفاده از نرم افزار Stata 14 محاسبه شد. در مرحله دوم این مطالعه، مهم‌ترین موانع و راهکارهای بهبود بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری از طریق روش کیفی با تشکیل گروه‌های بحث متمرکز با مشارکت ۱۵ نفر از خبرگان موضوعی شامل سوپروایزر بخش‌های تشخیصی-تصویری، کارشناسان تصویربرداری، کارشناسان تجهیزات پزشکی و با حضور یک پزشک متخصص رادیولوژی و با هدایت اعضای تیم پژوهش و به روش تحلیل محتوی احصا گردید. بحث‌ها با رعایت اصول اخلاقی، شفافیت و احترام به نظرات همه اعضا انجام شد. اعضای گروه، شامل کارشناسان تصویربرداری، متخصصان پزشکی، مدیران بیمارستان و نمایندگان از بخش‌های مختلف بود. انتخاب اعضا به شیوه هدفمند براساس تخصص‌های مرتبط با موضوع تحقیق و با سطح تحصیلات کارشناسی و بالاتر و داشتن حداقل یکسال تجربه مدیریت در سطح میانی بیمارستان بود. گفتگوها توسط یک دانشیار رشته اقتصاد سلامت اداره و سازماندهی می‌شد. در این جلسات از مشارکت کنندگان درخواست شد تا مهم-ترین موانعی که موجب شده و یا می‌شود که تجهیزات زیرنظر و مورداستفاده آن‌ها با پتانسیل کامل ارائه خدمت ننماید را بیان نموده و راهکارهای لازم برای ارتقای بهره-برداری از تجهیزات را ارائه نمایند. با توجه به احتمال طولانی‌شدن زمان جلسات و زمان محدود افراد شرکت‌کننده و برای جلوگیری از اختلال در فرایند ارائه خدمت به بیماران، جلسات بحث متمرکز به‌صورت شش جلسه ۴۰ دقیقه‌ای در پایان هر شیفت کاری تنظیم شد. این جلسات با ایجاد فضایی آرام و مناسب برای بحث توسط مدیریت جلسه (دانشیار رشته اقتصاد سلامت) مدیریت شد. ثبت دقیق نتایج و نکات مهم و موافقت‌ها به‌صورت کتبی در حین جلسه توسط دبیر جلسه (استادیار اقتصاد سلامت) انجام شد و علل اصلی افت بهره-برداری از تجهیزات و راهکارهای ارتقای آن در بیمارستان به روش تحلیل محتوا استخراج شدند.

یافته‌ها

ضریب بهره‌برداری تقویمی از تجهیزات تشخیصی-تصویری در شش ماه اول و دوم سال ۱۳۹۷ در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: ضریب بهره‌برداری تقویمی از تجهیزات تشخیصی-تصویری اصلی در بیمارستان موردمطالعه

دستگاه	ضریب بهره‌برداری تقویمی (K_{cal})		
	۶ ماهه‌اول ۱۳۹۷(درصد)	۶ ماهه‌دوم ۱۳۹۷(درصد)	میانگین (درصد)
MRI بستری	۱۰۰	۹۸/۴	۹۹/۲
MRI بخش سرپایی	۹۸/۹	۸۴/۴	۹۱/۶
سونوگرافی بستری	۱۰۰	۹۹/۵	۹۹/۷
سونوگرافی بخش‌سرپایی	۸۸/۸	۷۲/۶	۸۰/۷
سونوگرافی مداخله‌ای	۸۱	۷۳/۷	۷۷/۳
CT آنژیوگرافی	۸۶	۸۱/۲	۸۳/۶
میانگین	۹۲/۴	۸۴/۹	۸۸/۷
انحراف معیار	۵/۷	۶/۱۰	۷/۸

براساس جدول یک، میانگین ضریب بهره‌برداری تقویمی از تجهیزات ۸۸/۷ درصد بود که نشان می‌دهد طبق برنامه کاری موجود به‌طور متوسط در ۱۱/۳درصد از روزهای سال از تجهیزات تشخیصی-تصویری استفاده نمی شود. دستگاه سونوگرافی مداخله‌ای در بین تجهیزات موردبررسی کمترین میانگین ضریب بهره‌برداری تقویمی (۷۷ درصد) را داشت و به‌طورمتوسط در ۲۳ درصد از روزهای سال مورد استفاده قرار نمی‌گرفت. جدول دو ضریب بهره‌برداری در ارائه مراقبت را برای هر یک از تجهیزات تشخیصی-تصویری اصلی در سال ۱۳۹۷ نشان می‌دهد.

جدول ۲: ضریب بهره‌برداری در ارائه مراقبت و بهره‌برداری ازدست‌رفته تجهیزات تشخیصی-تصویری

نام تجهیزات	حداکثر کارکرد* (N_{max})	ضریب بهره‌برداری در ارائه مراقبت ($K_{service}$)	بهره‌برداری ازدست‌رفته (LU)
MRI بستری	کارکرد بالفعل (۱۳ ساعت× ۲۸۴ روز)	۰/۸۶۴	۰/۱۳۶
	کارکرد بالقوه (۲۱ساعت× ۳۶۵روز)	۰/۴۵۹	۰/۵۴۱
MRI بخش سرپایی	کارکرد بالفعل (۲۱ ساعت× ۳۶۵ روز)	۰/۸۴۳	۰/۱۵۷
	کارکرد بالقوه (۲۱ساعت× ۳۶۵روز)	۰/۸۴۳	۰/۱۵۷
سونوگرافی مداخله‌ای	کارکرد بالفعل (۱۲ ساعت× ۲۸۵ روز)	۰/۷۴۳	۰/۲۵۷
	کارکرد بالقوه (۲۱ساعت× ۳۶۵روز)	۰/۳۳۴	۰/۶۶۶
سونوگرافی بستری	کارکرد بالفعل (۲۱ ساعت× ۳۶۵ روز)	۰/۸۰۶	۰/۱۹۴
	کارکرد بالقوه (۲۱ساعت× ۳۶۵روز)	۰/۸۰۶	۰/۱۹۴
سونوگرافی بخش سرپایی	کارکرد بالفعل (۱۲ ساعت× ۳۸۰ روز)	۰/۸۵۵	۰/۱۴۵
	کارکرد بالقوه (۲۱ساعت× ۳۶۵روز)	۰/۴۰۶	۰/۵۹۴
CT آنژیوگرافی	کارکرد بالفعل (۱۲ ساعت× ۲۹۴ روز)	۰/۵۵۴	۰/۴۴۶
	کارکرد بالقوه (۲۱ساعت× ۳۶۵روز)	۰/۲۵۵	۰/۷۴۵

*: حداکثر کارکرد دستگاه در دوحالت بالقوه (تمام وقت) و هم بالفعل (بر اساس برنامه زمانی موجود دستگاه) در نظر گرفته شد. در حالت بالقوه دستگاه می‌تواند در ۳۶۵ روز سال و در هر شبانه روز ۲۱ ساعت (با لحاظ ۳ ساعت وقفه تعویض شیفت و استراحت دستگاه) مورداستفاده قرار گیرد اما حالت بالفعل مبتنی بر برنامه زمانی موسسه برای هر دستگاه متفاوت خواهد بود. به‌طورمثال، طبق برنامه بیمارستان دستگاه CT آنژیو در روزهای غیرتعطیل (معادل ۲۹۴روز) فقط از ۶ صبح تا ۶ عصر (۱۲ ساعات) در دسترس است (۲۹۴×۱۲).

براساس جدول دو، ضریب بهره‌برداری در ارائه مراقبت برای دستگاه MRI بستری ۰/۴۵۹ (معادل ۴۵/۹ در صد) بود که با افزایش ساعت کار دستگاه به حالت تمام‌وقت تا سطح ۸۶/۴ درصد قابل ارتقا بود. بهره‌برداری ازدست‌رفته دستگاه MRI بستری ۰/۵۴۱ (معادل ۵۴/۱ در صد) بود که با افزایش ساعت کار دستگاه به حالت تمام‌وقت به سطح ۱۳/۶ درصد قابل تقلیل بود. ضریب بهره‌برداری در ارائه خدمت برای دستگاه MRI بخش سرپایی ۰/۸۴۳ (معادل ۸۴/۳ درصد)

بود که با توجه به تمام‌وقت‌بودن کار دستگاه قابل ارتقا نبود. بهره‌برداری ازدست‌رفته دستگاه MRI بخش سرپایی ۰/۱۵۷ (معادل ۱۵/۷ درصد) بود که مرتبط با کمبود بهره‌برداری در ارائه مراقبت بود.

ضریب بهره‌برداری در ارائه خدمت برای دستگاه سونوگرافی مداخله ای ۰/۳۳۴ (معادل ۳۳/۴ درصد) بود که با افزایش ساعت کار دستگاه تا سطح ۷۴/۳ درصد قابل ارتقا بود. بهره‌برداری ازدست‌رفته دستگاه سونوگرافی مداخله‌ای ۰/۶۶۶ (معادل ۶۶/۶ درصد) بود که با افزایش ساعت کار دستگاه به حالت تمام‌وقت به سطح ۲۵/۷ درصد قابل تقلیل بود. ضریب بهره‌برداری در ارائه خدمت برای دستگاه سونوگرافی بخش بستری بیمارستان ۰/۸۰۶ (معادل ۸۰/۶ درصد) بود که با توجه به تمام‌وقت‌بودن کار دستگاه قابل ارتقا نبود. بهره‌برداری ازدست‌رفته دستگاه سونوگرافی بخش بستری بیمارستان ۰/۱۹۴ (معادل ۱۹/۴ درصد) بود. همچنین، ضریب بهره‌برداری در ارائه خدمت برای دستگاه سونوگرافی بخش سرپایی ۰/۴۰۶ (معادل ۴۰/۶ درصد) بود که با افزایش ساعت کار دستگاه تا سطح ۸۵/۵ درصد قابل ارتقا بود. ضریب بهره‌برداری در ارائه خدمت برای دستگاه CT آنژیوگرافی ۰/۲۵۵ (معادل ۲۵/۵ درصد) بود که با افزایش ساعت کار دستگاه تا ۵۵/۴ درصد قابل ارتقا بود و مابقی آن (۴۴/۶ درصد) مرتبط با کمبود بهره‌برداری در ارائه مراقبت بود. در ادامه مهم‌ترین موانع و راهکارهای بهبود بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری از طریق روش کیفی با تشکیل گروه‌های بحث متمرکز احصا گردید که مشخصات خبرگان شرکت‌کننده در مرحله دوم پژوهش به شرح جدول سه است.

جدول ۳: ویژگی‌های جمعیت‌شناختی خبرگان شرکت کننده در مرحله دوم مطالعه

ویژگی		فراوانی (درصد فراوانی)
جنسیت	مرد	۹(۶۰)
	زن	۶(۴۰)
میزان تحصیلات	دکتری و بالاتر	۳(۲۰)
	فوق لیسانس	۵(۳۳/۳)
	لیسانس	۷(۴۶/۷)
رشته تحصیلی	اقتصاد سلامت	۳(۲۰)
	مدیریت خدمات بهداشتی-درمانی	۳(۲۰)
	رادیولوژی	۳(۲۰)
	پرستاری	۳(۲۰)
	سایر	۳(۲۰)
عضویت*	هیات علمی	۳(۲۰)
	غیر هیات علمی	۱۲(۸۰)

براساس جدول سه، بیشتر خبرگان شرکت‌کننده در مرحله دوم آقایان (۶۰ درصد) بودند و اکثر آنان دارای سطح تحصیلات کارشناسی بودند. علل افت بهره‌برداری در ارائه خدمت و راهکارهای ارتقای آن در تجهیزات تشخیصی-تصویری بیمارستانی در جدول چهار ارائه شده‌اند. براساس جدول چهار، علل اصلی مشترک افت بهره‌برداری از دستگاه‌های تشخیصی-تصویری بیمارستان شامل ضعف نظام تعمیرونگهداری پیشگیرانه، فضای نامناسب بخش، تاخیر در جابه جایی بیماران از بخش بستری (مدیریت جابه‌جایی بیمار) و کمبود نیروی انسانی بود. در این زمینه راهکارهایی از جمله تقویت نظام مدیریت تعمیرونگهداری پیشگیرانه تجهیزات، بازمهندسی فضای کاری بخش، بهبود مدیریت زمان انتقال بیمار و افزایش متناسب نیروی انسانی متخصص ازجمله مهم‌ترین راهکارهای ارائه‌شده برای بهبود بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری بیمارستان بودند.

جدول ۴: علل اصلی افت بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری و راهکارهای ارتقای آن در بیمارستان مورد مطالعه

	علل افت بهره‌برداری از دستگاه MRI	راهکارهای ارتقای بهره‌برداری از دستگاه MRI
۱	ضعف نظام تعمیرونگهداری پیشگیرانه (عدم تعویض به‌موقع فیلتر کمپرسور، عدم تعویض به‌موقع نرم افزار دستگاه)	✓ تقویت نظام مدیریت تعمیرونگهداری پیشگیرانه تجهیزات ✓ بازمهندسی فضای کاری بخش MRI بستری
۲	فضای نامناسب بخش (نبود سرویس بهداشتی بیماران در داخل بخش)	الکترونیکی نمودن فرایند پذیرش و ارائه گزارش MRI
۳	زمان‌بربودن فرایند دستی پذیرش و ارائه گزارش MRI	جذب متخصص مقیم و فوق لیسانس MRI
۴	کمبود نیروی انسانی تخصصی و فوق تخصصی (متخصص و فوق لیسانس MRI) برای ارتقای سطح گزارش‌های رادیولوژی	

جدول ۴: ادامه

	علل افت بهره‌برداری از دستگاه سونوگرافی	راهکارهای ارتقای بهره‌برداری از دستگاه سونوگرافی
۱	آموزشی بودن بخش (لزوم چک کردن کار رزیدنت با اساتید)	✓ بهبود مدیریت تعمیرونگهداری دستگاه‌ها
۲	ضعف در تعمیرونگهداری پیشگیرانه و سرویس دوره‌ایی (۱ ماه به‌دلیل سوختن پروب خواب داشته است)	✓ ریشه‌یابی و حل مشکل تاخیر در انتقال بیماران
۳	تاخیر در جابه‌جایی بیماران از بخش بستری به بخش سونوگرافی(تاخیر در انتقال بیمار)	✓ بهبود کیفیت انتقال بیماران
۴	عدم کیفیت جابه‌جایی بیمار (عدم انجام وظایف مرتبط با انتقال بیمار شامل تعویض ملحفه و جابه‌جایی بیمار)	✓ بازمهندسی فضای کاری بخش اکوکاردیوگرافی ✓ برنامه‌ریزی زمانی برای حضور به‌موقع پزشکان در بخش
۵	عدم تطابق جنسیتی در انتقال بیمار (استفاده از کمک بهیار مرد برای انتقال بیمار زن و برعکس)	✓ رعایت طرح انطباق جنسیتی در انتقال بیمار ✓ استفاده شبانه‌روزی (۲۴ ساعته) از دستگاه سونوگرافی سرپایی
۶	کمبود پرسنل بخش و تعدد وظایف (پذیرش بیمار، تایپ نتایج سونوگرافی، هماهنگی ورود و خروج بیمار، نوبت‌دهی تلفنی و کنترل دستورات پزشکی توسط یک پرسنل انجام می شود)	✓ استفاده از پرونده الکترونیک سلامت برای مشاهده تاریخچه درمانی بیماران جهت تسریع در مشاوره ✓ اضافه شدن دستگاه جدید برای سونوگرافی بیماران اورژانس
۷	حضور نامنظم و با تاخیر متخصصین به‌دلیل تداخل کارهای آموزشی(کلاس آموزشی) و درمان سرپایی (حضور عملا از ساعت ۹ تا ۱۵)	✓ اضافه شدن نیروی انسانی به‌عنوان دستیار پزشک ✓ اضافه شدن پزشک فوق تخصص رادیولوژی مداخله‌ایی
۸	طراحی نامناسب فضای بخش (سرویس بهداشتی، سالن انتظار، تفکیک فضای بیماران بستری و سرپایی)	
۹	کمبود پزشک فوق تخصص رادیولوژی مداخله‌ایی	
	علل افت بهره‌برداری از دستگاه CT آنژیوگرافی	**راهکارهای ارتقای بهره‌برداری از دستگاه CT آنژیوگرافی**
۱	جدید التاسیس بودن سایت این دستگاه در بیمارستان (در سال ۹۶ و ۹۷)	✓ طراحی مجدد فضای بخش از نظر جداسازی پذیرش و آماده سازی بیمار ✓ افزایش تخت ریکاوری و فضای لازم برای آماده‌سازی بیمار ✓ ایجاد سیستم پایش منظم سرویس دوره‌ای تعمیرونگهداری تجهیزات ✓ افزایش نیروی انسانی (حداقل یکنفر پذیرش) ✓ ریشه‌یابی و حل مشکل تاخیر در انتقال بیماران
۲	کمبود فضای بخش برای ارائه خدمات CT آنژیوگرافی (چند استفاده از یک فضا)	
۳	نامناسب بودن طراحی بخش برای آماده‌سازی بیماران (کمبود فضا و تخت‌های آماده‌سازی و ریکاوری بیمار)	
۴	عدم وجود تعمیرونگهداری دوره‌ای و خطاهای مکرر دستگاه	
۵	تاخیر در انتقال بیماران از بخش‌های بستری به بخش CT آنژیو	
۶	کمبود نیروی انسانی پذیرش و تعدد وظایف (تایپ نتایج و پذیرش توسط یک پرسنل)	
۷	زمانبر بودن آمادسازی بیمار از لحاظ شرایط جسمی، فیزیولوژیک و روحی برای دریافت خدمت (پایداری ضربان قلب بیمار)	

بحث

مطابق یافته‌های مطالعات حاضر، در بین تجهیزات موردبررسی کمترین ضریب بهره‌برداری به ترتیب مربوط به دستگاه CT آنژیوگرافی با ۲۵ درصد بهره‌برداری (معادل ۷۵ درصد بهره‌برداری ازدست‌رفته) و دستگاه سونوگرافی مداخله‌ای با ۳۳ درصد بهره‌برداری (معادل ۶۷ درصد بهره-برداری ازدست‌رفته) بود. لازم به ذکر است بهره‌برداری ازدست‌رفته این تجهیزات مربوط به عواملی نظیر کمبود نیروی انسانی فوق‌تخصصی برای اجرای کار مستمر با این تجهیزات، زمان‌بربودن آمادسازی بیمار برای انجام این مداخلات، کمبود نیروی انسانی کمک پزشک (یک نفر هم تایپ نتایج، هم پذیرش و هم آماده‌سازی بیمار را بر عهده دارد) و نامناسب‌بودن طراحی بخش برای آماده‌سازی بیماران (آماده‌سازی و ریکاوری بیماران بر روی تخت ارائه خدمت) بود. در مطالعه‌ی مشابهی که توسط کومار [۱۵] بر روی بهره-برداری از تجهیزات CT اسکن یک بیمارستان فوق‌تخصصی در هند انجام شد، ضریب بهره‌برداری برای تعیین درصد بهره‌برداری از دستگاه CT اسکن معادل ۵۰ درصد بود و تجهیزات CT اسکن به‌طورمتوسط تنها با ۵۰ درصد از پتانسیل کامل مورد استفاده قرار می‌گرفت. مطالعه مشابه دیگری که توسط گیو و همکاران [۱۶] در کنیا انجام شد، نشان داد عوامل اصلی تعیین‌کننده استفاده از تجهیزات پزشکی در

بیمارستان‌های کنیا شامل توسعه ظرفیت منابع انسانی، سیاست مدیریت تجهیزات پزشکی، سیاست خرید تجهیزات پزشکی و پایبندی به منشور خدمات است. در این مطالعه، ایجاد انگیزه در کارکنان از طریق پرداخت مناسب و به‌موقع مبتنی بر عملکرد و مشارکت‌دادن کارکنان در خرید تجهیزات پزشکی به‌عنوان راهکارهای ارتقای بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری توصیه شده است. در بین تجهیزات موردبررسی، بیشترین ضریب بهره‌برداری به‌ترتیب مربوط به دستگاه‌های MRI بخش سرپایی بیمارستان (۸۴/۳ درصد) و دستگاه سونوگرافی بخش بستری بیمارستان (۸۰/۶ درصد) بود و بهره‌برداری ازدست‌رفته در این دستگاه‌ها کمتر از ۲۰ درصد بود. لازم به ذکر است تجهیزات دستگاه‌های سونوگرافی بخش بستری بیمارستان و MRI بخش سرپایی به صورت تمام‌وقت (۳۶۵ روز سال به صورت ۲۴ ساعته) مورداستفاده قرار می‌گرفتند و لذا بهره‌برداری ازدست‌رفته‌ی این دستگاه‌ها مربوط به عواملی نظیر خراب‌شدن و خارج‌از سرویس‌بودن دستگاه در برخی از روزها، تاخیر در جابه‌جایی بیمار از بخش‌های بستری، فضای فیزیکی نامناسب بخش تشخیصی-تصویری و حضور نامنظم و با تاخیر متخصصین بود. مطالعه چادهاری و همکاران [۱۰] در هند نشان می‌دهد به‌طور متوسط ۲۳ درصد از این تجهیزات تشخیصی-تصویری در هند به دلایل مختلف به‌اندازه کافی مورد بهره-برداری قرار نمی‌گیرند. مهم‌ترین این دلایل شامل فرسودگی تجهیزات، خرابی، مقرون‌به‌صرفه نبودن تعمیرات، دردسترس نبودن نیروی انسانی آموزش دیده، دردسترس نبودن مواد مصرفی و یدکی، تأخیر در تعمیرونگهداری، ساعات کاری محدود و محدودیت دردسترس بودن دستگاه بود. به طورمشابه مطالعه تسفای و همکاران[۱۲] در کشور اتیوپی نشان می‌دهد مهم‌ترین علل بهره‌برداری ازدست‌رفته تجهیزات تشخیصی-تصویری شامل خرابی تجهیزات، دردسترس نبودن کارکنان آموزش دیده برای بهره‌برداری از تجهیزات، عدم انجام تعمیرات پیشگیرانه، دردسترس نبودن قطعات یدکی و عدم‌دسترسی به لوازم جانبی برای استفاده از تجهیزات پزشکی بوده است. همچنین، یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد ضریب بهره‌برداری برای دستگاه سونوگرافی بخش سرپایی ۴۰ درصد (معادل ۶۰ درصد بهره‌برداری ازدست‌رفته) و برای دستگاه MRI بخش بستری ۴۵ درصد (معادل ۵۵ درصد بهره‌برداری ازدست‌رفته) بود. لازم به ذکر است علت اصلی افت بهره‌برداری از این دستگاه‌ها مربوط به ساعت کاری بخش مذکور بوده و با افزایش ساعت کاری، بهره‌برداری از هر دو دستگاه تا سطح ۸۵ درصد قابل ارتقا است و مابقی آن (۱۵ درصد) مربوط به عواملی مانند تاخیر در جابه‌جایی بیمار از بخش‌ها، کمبود نیروی انسانی کمک-پزشک و خرابی دستگاه در برخی از روزها بوده است. وی و همکاران [۱۱] در مطالعه‌ای میزان بهره‌برداری از تجهیزات تصویربرداری پزشکی شامل دستگاه CT اسکن و MRI را در ۱۳۱ بیمارستان چین طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳ مورد بررسی قرار دادند. نرخ استفاده از CT و MRI به ترتیب ۶/۷۸ و ۱/۸۷ درصد بود که نشان می‌داد به طور متوسط به ازای هر ۱۰۰ پذیرش سرپایی و اورژانسی ۶/۷ بار CT اسکن و ۱/۸ بار MRI انجام می‌شود. در این مطالعه، ارتباط آماری معناداری بین تعداد اعمال جراحی و بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری بیمارستان اشاره شده است. براین-اساس، به نظر می‌رسد افزایش پذیرش‌های بستری، افزایش چرخش تخت و ضریب اشغال تخت‌های بیمارستان همزمان با افزایش ساعت کاری بخش‌های تشخیصی-تصویری به بهبود بهره‌برداری از تجهیزات مذکور کمک خواهد کرد. میزان بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری در مطالعات مختلف بسته به عوامل متعددی مانند نوع تجهیزات، نوع بیمارستان، موقعیت جغرافیایی و جمعیت بیمار (بیماردهی جامعه) به‌طور قابل‌توجهی متفاوت است. مطالعات انجام‌شده طیف وسیعی از ضرایب بهره‌برداری از تجهیزات پزشکی مختلف را گزارش کرده‌اند که از نرخ استفاده بالا در حدود ۸۰ درصد تا نرخ استفاده پایین کمتر از ۵۰ درصد متغیر است. [۱۰-۱۳] برآورد ضریب بهره‌برداری تجهیزات پزشکی در کشور اتیوپی نشان می‌دهد که میانگین ضریب بهره‌برداری تجهیزات پزشکی در این کشور ۰/۴۹ (با فاصله اطمینان ۹۵ درصد در بازه ۰/۵۵-۰/۴۴) است. [۱۲] مطالعه لسوال و

بنرجی[۱۷] در بیمارستان منطقه‌ای هاریانا هند نشان داد، استفاده واقعی از ظرفیت تجهیزات دردسترس فقط ۳۹/۳ درصد بود. همچنین، ۳۵/۵ درصد از تجهیزات یا غیرقابل استفاده بودند یا استفاده نمی‌شدند و به‌عنوان ذخایر نگهداری می‌شدند. در مطالعه چادهاری و کائل [۵] در بیمارستان‌های سطح ۳ (تخصصی و فوق‌تخصصی) در یکی از مناطق هند، نشان داده‌شد که ضریب بهره‌برداری از تجهیزات بیمارستانی براساس قیمت تجهیزات در سه گروه تجهیزات گران قیمت، قیمت متوسط و ارزان قیمت به ترتیب معادل ۵۸/۱، ۶۲/۱ و ۶۰/۴ درصد بود. اگرچه طیف مشخصی برای تقسیم‌بندی سطوح ضریب بهره‌برداری تجهیزات پزشکی(UC) ارائه نشده است ولی مرور مطالعات نشان می‌دهد نرخ بهره‌برداری زیر ۵۰ درصد (معادل بهره‌برداری ازدست‌رفته بالای ۵۰ درصد) را می‌توان به‌عنوان بهره‌برداری کم و همچنین، بهره-برداری بالای ۸۰ درصد (معادل بهره‌برداری ازدست‌رفته زیر ۲۰ درصد) را به‌عنوان بهره‌برداری مناسب یا خوب در نظر گرفت. به‌عنوان نمونه، مطالعه تسفای و همکاران[۱۲] در مورد ضریب بهره‌برداری تجهیزات پزشکی در کشور اتیوپی بیان کرده است از ۱۹۲ دستگاه موردبررسی ۱۱۱ دستگاه (معادل ۵۷/۸ درصد) به‌طو مؤثر مورد استفاده قرار گرفته‌اند (UC≥۰/۵)، در حالی که ۸۱ دستگاه (۴۲/۲ درصد) فاقد بهره‌برداری مناسب بودند (UC<۰/۵). مطالعه چادهاری و کائل [۱۰] در یک بیمارستان تخصصی در هند در سال ۲۰۱۵ نشان داد که ۹۶ درصد از تجهیزات در نقطه‌ای کمتر از ظرفیت کامل بهره‌برداری خود قرار داشتند به‌طوری که ۹۶ درصد از تجهیزات ضریب بهره‌برداری از (UC) کمتر از ۱۰۰ درصد داشتند و حتی ۲۳ درصد از تجهیزات تشخیصی بیمارستانی از بهره‌برداری کمتر از ۵۰ درصد برخوردار بودند. مرور مطالعات نشان می‌دهد نرخ بهره‌برداری بالاتر اغلب در تجهیزاتی مشاهده می‌شود که برای روش‌های معمول تشخیصی ضروری هستند، مانند دستگاه‌های اشعه ایکس، دستگاه‌های اولتراسوند و اسکنرهای توموگرافی کامپیوتری (CT) درحالی که تجهیزات تصویربرداری تخصصی یا پیشرفته، مانند دستگاه‌های تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) و تجهیزات رادیولوژی مداخله‌ای، ممکن است به دلیل استفاده‌های خاص و نیاز به پرسنل آموزش‌دیده‌تر، ضریب بهره‌برداری کمتری داشته باشند. [۱۲] مطالعه حاضر شواهد علمی درخصوص میزان بهره‌برداری از تجهیزات پزشکی ارائه می‌کند. از آنجا که تجهیزات کلان بیمارستان از سرمایه‌های اصلی این سازمان محسوب می‌گردد لذا مطالعه و محاسبه ضریب بهره‌برداری این تجهیزات در بیمارستان‌ها می‌تواند از اتلاف سرمایه‌ها جلوگیری کرده و از طرفی به توزیع مناسب تجهیزات کمک شایانی نماید. بااین‌حال، مطالعه حاضر دارای محدودیت‌هایی است که باید در تفسیر و استفاده از نتایج مدنظر قرار گیرند. اول، این مطالعه بر روی داده‌های یک مقطع زمانی خاص (سال ۱۳۹۷) انجام شده است. با توجه به شیوع بیماری کوید-۱۹ در انتهای سال ۱۳۹۸، ممکن است بهره‌برداری برخی از تجهیزات تحت تأثیر مثبت یا منفی از پاندمی کوید-۱۹ قرار گرفته باشد که نیازمند مطالعات آتی است. دوم، این مطالعه در یک محدوده جغرافیایی خاص (یک بیمارستان فوق تخصصی آموزشی در شهر تهران) انجام شده و نماینده قطعی از کل تجهیزات تشخیصی-تصویری موجود در کشور نیست. سوم، فقدان گزارش‌هایی از وضعیت بهره‌برداری تجهیزات پزشکی در سطح کشور ایران محدودیت‌هایی را در زمینه مقایسه وضعیت بهره‌برداری از تجهیزات تصویربرداری تشخیصی ایجاد نموده بود. توصیه می‌شود که مطالعات بیشتری به بررسی و مقایسه ضریب بهره‌برداری از تجهیزات اصلی پزشکی در بیمارستان‌های مختلف (دولتی و خصوصی) بپردازند تا دلایل احتمالی افت بهره‌برداری از تجهیزات شناسایی و بررسی گردد. یافته‌های مطالعه بر اهمیت بهبود بهره‌برداری از تجهیزات تشخیصی-تصویری در بیمارستان‌ها تاکید می‌کند. با پرداختن به عوامل شناسایی‌شده در این مطالعه می‌توان بازدهی ارائه خدمات تشخیصی-تصویری را افزایش داد تا ضمن کاهش هزینه‌ها با کاهش مدت زمان انتظار بیماران و مدت اقامت آنان، کیفیت مراقبت و رضایتمندی آنان را بهبود بخشید. سرمایه‌گذاری‌های استراتژیک در سیستم‌های تعمیرونگهداری، تخصیص منابع

انسانی کافی و افزایش انگیزه نیروی انسانی، طراحی مجدد بخش‌های تشخیصی-تصویری و بهینه‌سازی گردش بیمار در این بخش‌ها ملاحظات کلیدی برای دستیابی به استفاده بهینه و به‌حداکثررساندن مزایای فناوری‌های گران‌بهای تشخیصی-تصویری در بیمارستان‌ها هستند. همچنین، لزوم مداخلات مدیریتی برای بهبود مدیریت زمان در زنجیره انتقال و آماده‌سازی بیمار و استفاده متناسب و کافی از نیروی انسانی خدماتی در کنار نیروی انسانی تخصصی می‌تواند راهکار موثری برای افزایش راندمان ارائه مراقبت باشد. تلاش‌ها باید بر روی ساده‌سازی انتقال بیمار بین بخش‌ها برای کاهش تأخیر و تضمین گردش روان بیمار در بخش و به‌حداقل-رساندن وقفه‌های خدمات با بهینه‌سازی فضای کاری فیزیکی بخش‌ها و تناسب نیروی انسانی با حجم بیمار متمرکز گردد.

ملاحظات اخلاقی

رعایت دستورالعمل های اخلاقی: این پژوهش با رعایت کامل اصول اخلاق در پژوهش انجام شد. طرح‌نامه پژوهش با کد IR.BMSU.REC.1398.091 مورد تایید کمیته اخلاق در پژوهش‌های زیستی دانشگاه علوم پز شکی بقیه الله (عج) قرار گرفته است. تمامی اطلاعات حاصل از پژوهش به‌صورت محرمانه و محفوظ مورد استفاده قرار گرفت و اصول اخلاقی مربوطه در این پژوهش رعایت شد.

حمایت مالی: این پژوهش با حمایت مالی واحد توسعه تحقیقات بالینی بیمارستان بقیه ا... الاعظم(عج)، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران با شماره ۱۳۹۸۰۹۱ انجام شده است. حامی مالی هماهنگی‌های لازم برای دسترسی به داده‌ها را انجام داد و هیچگونه مشارکتی در تحلیل داده و نگارش مقاله نداشت.

مشارکت نویسندگان: محمد مسکرپور امیری: مفهوم‌سازی، طراحی مطالعه، سرپرستی مطالعه، گردآوری داده، تحلیل داده؛ سید مرتضی حسینی شکوه: مفهوم‌سازی، طراحی مطالعه، سرپرستی مطالعه، گردآوری داده؛ سمانه وحیدی فر: گردآوری داده، تحلیل داده؛ نورالدین دوپیکر: مفهوم‌سازی، طراحی مطالعه، گردآوری داده؛ یعقوب یوسفی: گردآوری داده، نگارش-پیش نویس؛ زهرا معتقد: گردآوری داده، نگارش-پیش نویس. تمام نویسندگان متن نهایی مقاله را مطالعه و تایید کردند.

رضایت برای انتشار: مورد ندارد.

دسترسی به داده‌ها: دسترسی به داده‌های پژوهش با اخذ موافقت از بیمارستان مورد مطالعه با ارسال ایمیل به نویسنده مسئول قابل دسترس می باشد.

استفاده از هوش مصنوعی: در فرایند اجرای این مطالعه و نوشتن مقاله فارسی از ابزارهای هوش مصنوعی استفاده نشد. برای ویرایش زبانی چکیده‌های انگلیسی از bearly.AI استفاده شد و محتوای ترجمه مورد بررسی و تایید نویسندگان قرار گرفت.

تقدیر و تشکر: از حمایت مالی، راهنمایی‌ها و مشاوره‌های واحد توسعه تحقیقات بالینی بیمارستان بقیه ا...(عج) تشکر می گردد.

References

1. Hinrichs-Krapels S, Ditewig B, Boulding H, Chalkidou A, Erskine J, Shokraneh F. Purchasing high-cost medical devices and equipment in hospitals: a systematic review. BMJ Open. 2022;12(9):e057516. doi: 10.1136/bmjopen-2021-057516.
2. Zou S, Huang X, Li Y, Huang Q, Fang H. The characteristics and management of medical equipment clinical trials in hospitals. Zhongguo Yi Liao Qi Xie Za Zhi. 2015;39(2):146-8. [In Chinese] PMID: 26204750. Available from:: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26204750/.
3. Free C, Phillips G, Watson L, Galli L, Felix L, Edwards P, et al. The effectiveness of mobile-health technologies to improve health care service delivery processes: a systematic review and meta-analysis. PLoS Med. 2013;10(1):e1001363. doi: 10.1371/journal.pmed.1001363.
4. Siebert M, Clauss LC, Carlisle M, Casteels B, De Jong P, Kreuzer M, et al. Health technology assessment for medical devices in Europe: what must be considered. Int J Technol Assess Health Care. 2002;18(3):733-40. doi: 10.1017/s0266462302000546.

5. Chaudhary P, Kaul P. An assessment of diagnostic equipment utilization in a tertiary healthcare setup: a key to economical patient management. Int J Res Found Hosp Healthc Adm. 2014;2(2):111-6. doi: 10.5005/jp-journals-10035-1024.

6. Shepard DS, Hodgkin D, Anthony Y. Analysis of hospital costs: a manual for manager. Geneva: World Health Organization; 2000. Available from:: https://iris.who.int/handle/10665/42197. Accessed July 6, 2024.

7. Chatterjee S, Levin C, Laxminarayan R. Unit cost of medical services at different hospitals in India. PLoS One. 2013;8(7):e69728. doi: 10.1371/journal.pone.0069728.

8. Noori Tajer M, Dabaghi F, Mohammadi R, Haghani H. A survey of maintenance and cost of medical equipment in hospitals associated with Iran University of Medical Sciences and Health Services (2000-2001). Razi J Med Sci. 2002;9(30):445-54. [In Persian] Available from:: https://rjms.iums.ac.ir/article-1-308-en.pdf.

9. Nasiripour AA, Jadidi R. Designing a model of medical equipment management for Iranian hospitals, 2007. J Arak Univ Med Sci. 2008;11(1):97-108. [In Persian] Available from:: http://jams.arakmu.ac.ir/article-1-192-en.html1.

10. Chaudhary P, Kaul P. Factors affecting utilization of medical diagnostic equipment: a study at a tertiary healthcare setup of Chandigarh. Chrismed J Health Res. 2015;2(4):316-323. doi: 10.4103/2348-3334.165741.

11. Wei Y, Yu H, Geng J, Wu B, Guo Z, He L, et al. Hospital efficiency and utilization of high-technology medical equipment: a panel data analysis. Health Policy Technol. 2018;7(1):65-72. doi: 10.1016/j.hlpt.2018.02.005.

12. Tesfaye Geta E, Terefa DR, Desisa AE. The efficiency of medical equipment utilization and its associated factors at public referral hospitals in East Wollega Zone, Oromia Regional State, Ethiopia. Med Devices (Auckl). 2023;22(16):37-46. doi: 10.2147/MDER.S402721.

13. Gupta V, Sarode SC. Assessment of equipment utilization and maintenance schedule at a dental institution in Bengaluru, India. World J Dent. 2014;8(2):104-8. doi: 10.5005/jp-journals-10015-1272.

14. Roitman M, Ivanova T, Tutina L. Evaluation of the utilization of medical equipment in hospitals. Biomed Eng. 1968;2(1):37-40. doi: 10.1007/BF00552263.

15. Kumar NP. Utilization study of CT scan in a multi-specialty hospital. Int J Sci Res. 2014;3(7):1-2. doi: 10.15373/22778179/July2014/173.

16. Guyow HA, Tenambergen WM, Oluoch M. Factors affecting medical equipment utilization in health service delivery in Mandera County Referral Hospital. IOSR J Nurs Health Sci. 2021;10(4):13-20. doi: 10.9790/1959-1004011320.

17. Lathwal O, Banerjee A. Availability and utilization of major equipment at the District Hospital, Gurgaon. Haryana J Acad Hosp Adm. 2001;13(2):23-8. doi: 10.5005/jp-journals-10015-1421.