مجله علوم پزشکی رازی دوره ۳۲، شماره پیوسته ۱۴۷، ۶ دی ۱۴۰۴ https://doi.org/10.47176/rjms.32.147

مقاله پژوهشی

بررسی تداخلات امواج الکترومغناطیسی بین تلفن‌های همراه و دستگاه الکتروکوتر به جهت کمینه نمودن این اختلالات در مراکز درمانی

زهرا ثابت قدم: کارشناس تجهیزات پزشکی، معاونت غذا و دارو، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران (* نویسنده مسئول) z.sabetghadam@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: اختلالات ناشی از حضور تلفن همراه در محیط‌های درمانی، به عنوان یکی از مسائل مهم و چالش‌برانگیز در حفظ ایمنی بیمار و عملکرد صحیح تجهیزات پزشکی می‌باشد. در این پژوهش، به صورت جامع و کمی، تداخلات امواج الکترومغناطیسی بین تلفن همراه و دستگاه الکتروکوتر بررسی شده است تا نتیجه آن مشخص شده و با استناد به آن از بروز بیشتر این تداخلات جلوگیری شود.

روش کار: برای اندازه‌گیری تاثیر میدان الکترومغناطیسی حاصل از تشعشع یک گوشی تلفن همراه بر دستگاه الکتروکوتر، از یک دستگاه سیگنال آنالایزر و یک پروب الکترومغناطیسی با قابلیت اندازه‌گیری فرکانس‌های مختلف استفاده شده است. سپس در شرایط متنوع تعداد و محل قرارگیری تلفن همراه نسبت به دستگاه الکتروکوتر، نمودار میدان مغناطیسی نشان داده شده توسط دستگاه سیگنال آنالایزر بررسی و تحلیل شده است.

یافته‌ها: مقایسه نتایج نشان می‌دهد که حضور تلفن همراه حتی در حالت روشن هم تاثیرگذاری خود را دارد که این اثر در حدود 5dB است. اما چیزی که واضح است این است که در فواصل دورتر این اثر کاهش می‌یابد و تقریبا قابل اغماض است. ضمنا اگر تلفن همراه در حالت مکالمه یا انتقال داده باشد بیشترین اثر مخرب را دارد و این اثر هنگامی افزایش پیدا می‌کند که بیش از دو عدد تلفن همراه در اتاق حضور داشته باشد. در این حالت حتی در فواصل دورتر از ۵۰ سانتی‌متر هم اثر مخرب خود را می‌گذارند.

نتیجه‌گیری: باتوجه به یافته های این پژوهش نتیجه گرفته می‌شود که بروز تداخل امواج بین تلفن همراه و تجهیزات پزشکی از جمله الکتروکوتر امری اجتناب ناپذیر است و درصورتی که به دلایل ذکرشده (افزایش تعداد تلفن همراه یا کاهش فاصله آن‌ها از دستگاه پزشکی) مقدار این امواج و میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط آن‌ها افزایش یابد، می‌تواند ایمنی بیمار را به خطر بیاندازد. جهت کاهش این تداخلات راهکارهای زیر توصیه می‌شود:

- طراحی تجهیزات با شیلدینگ مناسب و فیلترهایEMI
- تعیین فاصله حداقل ۱ تا ۲ متری گوشی از دستگاه‌های حساس
- آزمون‌های EMC پیش از استفاده از تجهیزات جدید در بیمارستان و...

تعارض منافع: گزارش نشده است.

منبع حمایت‌کننده: حامی مالی ندارد.

کلیدواژه‌ها

الکتروکوتر،
تلفن همراه،
تداخل،
الکترومغناطیس

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۲۶
تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۱۰/۰۶

شیوه استناد به این مقاله:

Sabetghadam Z. Investigating Electromagnetic Wave Interference between Mobile Phones and Electrosurgical Device to Minimize These Disturbances in Medical Centers. Razi J Med Sci. 2025(27 Dec),32.147.

Copyright: ©2024 The Author(s), Published by Iran University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en).

*انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 4.0 صورت گرفته است.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.47176/rjms.32.147]

Razi Journal of Medical Sciences. 2025(27 Dec);32.147. https://doi.org/10.47176/rjms.32.147

Original Article

Investigating Electromagnetic Wave Interference between Mobile Phones and Electrosurgical Device to Minimize These Disturbances in Medical Centers

Zahra Sabetghadam: Medical Equipment Specialist, Food and Drug Administration, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran (* Corresponding Author) z.sabetghadam@yahoo.com

Abstract

Background & Aims: The presence of mobile phones in clinical environments, particularly in sensitive areas such as operating rooms, is recognized as a significant and challenging issue concerning the safety and proper functioning of medical equipment. Despite strict prohibitions on mobile phone usage in these areas and strong recommendations from numerous guidelines, the lack of reliable scientific sources and documented evidence has made it difficult to conclusively demonstrate the extent and impact of such interference. This issue involves not only technical implications but also clinical, managerial, and even legal aspects. Given the proven sensitivity of certain medical devices—such as pacemakers—to electromagnetic waves emitted by mobile phones, tablets, and wireless devices, and the potential for these waves to disrupt device performance, there is a plausible risk that similar interference could affect other medical equipment as well. Numerous international studies [1, 2] have indicated that even modern smartphones can cause interference in the performance of electrosurgical units at distances of less than 1 meter. Furthermore, a 2011 study [3] demonstrated that radiofrequency (RF) emissions from mobile phones can interfere with medical equipment in intensive care units (ICUs) when used at close distances (less than 1 meter). That study, carried out in a hospital in India, recommended maintaining a minimum safe distance of 1 meter between mobile phones and medical devices.

In this study, electromagnetic interference (EMI) between mobile phones and electrosurgical units is comprehensively and quantitatively investigated. The electrosurgical unit is a critical instrument in medicine, essential for numerous procedures and interventions. It utilizes the principles of electricity and heat to control bleeding and remove damaged or abnormal tissues within the surgeon's reach.

Methods: The investigation of electromagnetic waves emitted by communication devices such as mobile phones is highly dependent on the specific type of medical equipment under study. In this project, the impact of mobile phone electromagnetic emissions on the Cavandish Systems electrosurgical unit, model MEG1, was examined. The process consisted of the following steps:

Preparation and Setup: The first phase of the EMI test involved establishing a controlled environment that simulated the actual conditions in which the medical device is used. Test equipment—including signal generators, spectrum analyzers, and antennas—was installed to generate and measure electromagnetic fields. The device under test (DUT) was positioned to replicate real-world usage, with all cables and connections properly arranged. It was essential to ensure that the test setup complied with relevant standards and guidelines, such as those issued by regulatory bodies like the FDA or international standards such as IEC 60601-1-2.

Testing and Evaluation: After completing the setup phase, the EMI testing began. The interference effects were evaluated by first measuring the radiation levels emitted by the mobile phone at the location of the DUT under worst-case conditions—such as when the phone was powered on, ringing, or during an active call. These measured values were then compared with the permissible limits specified in the device's datasheet. The results of each test were recorded according to the predefined criteria and compared under conditions of mobile phone presence versus absence. Each test was repeated at least three times on separate occasions to verify accuracy and ensure reproducibility. Additionally, to determine the acceptable safe distance, tests were conducted at several different points relative to the device. This study was

Keywords

Electrosurgical unit,
Mobile phone,
Interference,
Electromagnetic

Received: 18/10/2025

Published: 27/12/2025

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.47176/rjms.32.147]

carried out at the Hazrat Fatemeh (PBUH) Superspecialty Educational and Therapeutic Center of Plastic and Reconstructive Surgery. The findings can serve as a scientific and documented basis for developing practical and engineering guidelines aimed at preventing electromagnetic interference in medical devices.

Results: The experiments were conducted under various mobile phone conditions (powered on, powered off, data transmission, ringing, and active call) and configurations (one, two, and three phones) at different distances from the device and its electrode. Each test was repeated at least three times to ensure accuracy and reliability. The summarized results are presented below.

Mobile Phone Powered Off: This state served as the baseline for testing, as a powered-off phone emits no signals and therefore has no measurable effect on the electrosurgical unit.

Mobile Phone Powered On: Tests were performed with the phone powered on and placed at distances of 10 cm, 50 cm, 1 m, and 2 m from the device, and were repeated with two phones. The results indicate that even in the standby (powered-on) state, the phone exerts a measurable influence of approximately 5 dB. However, this effect diminishes significantly with increasing distance and becomes negligible beyond 1 meter. The strongest interference occurs at 10 cm. Notably, placing the phone close to the main body of the electrosurgical unit is more disruptive than placing it near the electrode.

Mobile Phone Ringing (Incoming Call): The results show that when the phone is ringing (i.e., during call initiation), its electromagnetic interference increases significantly compared to the standby state. Although the effect weakens at greater distances from the electrosurgical unit, it remains noticeable and can disrupt device performance. Importantly, in this state, both the device body and the electrode are similarly affected by the interference.

Mobile Phone During Active Call: The findings indicate that during an active voice call, the level of interference is comparable to that of the ringing state. While the effect decreases with distance, it remains sufficient to cause operational disturbances in the electrosurgical unit. Similar to the ringing state, both the device body and the electrode are equally susceptible to interference during an active call.

Mobile Phone During Data Transmission: When the mobile phone is engaged in data transmission, it causes disruptive interference even at distances greater than 50 cm, leading to performance issues in the electrosurgical unit. This harmful effect becomes more pronounced when the number of mobile phones increases to two or three, resulting in significantly stronger interference and a greater risk of device malfunction.

Conclusion: The results demonstrate that even a mobile phone in the powered-on state can cause interference with the electrosurgical unit. The most significant harmful effects occur when the phone is engaged in a call or data transmission, and this interference intensifies when two or more mobile phones are present in the room. Specifically, a single mobile phone in data-transmission or call mode can affect the device within a range of up to 50 cm. However, as the number of phones increases, this interference range can extend up to 2 meters, negatively impacting the medical device's performance.

Conflicts of interest: None
Funding: None

Cite this article as:
Sabetghadam Z. Investigating Electromagnetic Wave Interference between Mobile Phones and Electrosurgical Device to Minimize These Disturbances in Medical Centers. Razi J Med Sci. 2025(27 Dec),32.147.. Razi J Med Sci. 2025(27 Dec),32.147.

Copyright: ©2024 The Author(s), Published by Iran University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en).

*This work is published under CC BY-NC-SA 4.0 licence.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.47176/rjms.32.147]

مقدمه

تداخلات امواج الکترومغناطیس یکی از مشکلات مهم مراکز درمانی به ویژه در بخش‌های حساس مانند اتاق عمل می‌باشد. قرارگیری تلفن همراه در مجاورت تجهیزات الکترونیکی پزشکی می‌تواند باعث تامین انرژی نامنظم یا ناخواسته از دستگاه شود که منجر به اختلال در عملکرد تجهیزات پزشکی شده و خطراتی برای ایمنی بیمار و کارایی عملیات ایجاد می‌کند.

از آن‌جایی که دستگاه‌های الکتروکوتر با استفاده از امواج فرکانس بالا کار می‌کنند، تداخل امواج آنها با سیگنال‌های RF تلفن همراه می‌تولند عواقب جدی برای سلامت بیمار داشته باشد. در این پژوهش به صورت کمی و قابل اندازه‌گیری، تداخلات امواج الکترومغناطیسی بین تلفن‌همراه و یکی از تجهیزات پزشکی(الکتروکوتر) بررسی می‌گردد تا نتیجه آن مشخص شده و با استناد به آن از بروز بیشتر این تداخلات جلوگیری شود.

دستگاه‌های تلفن همراه، امواج الکترومغناطیسی به ویژه سیگنال‌های فرکانس رادیویی را منتشر می‌کنند که می‌توانند با عملکرد تجهیزات پزشکی حساس تداخل ایجاد کنند. لازم است مراکز بهداشتی دستورالعمل‌ها و سیاست‌های واضحی را در خصوص استفاده از دستگاه‌های تلفن همراه در نزدیکی تجهیزات پزشکی تدوین کنند تا خطر تداخل را به حداقل برسانند و عملکرد بی انقطاع تجهیزات پزشکی حیاتی را تضمین کنند. چندین مقاله‌ی علمی به بررسی این تداخلات پرداخته‌اند و نکات قابل توجهی مطرح کرده‌اند. تحقیقات متعددی در سطح بین‌المللی انجام شده (۱و۲) که نشان می‌دهد حتی گوشی‌های هوشمند نسل جدید می‌توانند در فاصله کمتر از ۱ متر، موجب تداخل در عملکرد الکتروکوتر شوند.

تداخل الکترومغناطیسی یا EMI (Electromagnetic Interference) تجهیزات پزشکی با تلفن‌های همراه، به‌ویژه در فناوری‌های GSM وCDMA، امواج الکترومغناطیسی تولید می‌کنند که می‌توانند عملکرد تجهیزات پزشکی حساس مانند ضربان‌سازها، دستگاه‌های تهویه مکانیکی، و مانیتورهای بیمار را مختل کنند. مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۱ نشان داد (۳) که امواج RF تلفن‌های همراه در فاصله نزدیک (کمتر از ۱ متر) می‌توانند باعث تداخل با تجهیزات پزشکی در بخش‌های مراقبت ویژه (ICU) شوند. این مطالعه که در بیمارستانی در هند انجام شد، تأثیر تلفن‌های همراه در حالت‌های خاموش، آماده به کار، و مکالمه را بر دستگاه‌هایی مانند پمپ‌های تزریق سرنگ، تهویه‌کننده‌های مکانیکی، و مانیتورهای کنار تخت بررسی کرد. نتایج نشان داد که در حداکثر قدرت انتقال، ۱۳ مورد از ۲۲ دستگاه پزشکی آزمایش‌شده دچار تداخل شدند، اما در حداقل قدرت انتقال، حداکثر فاصله تداخل بین ۲ تا ۵ سانتی‌متر بود. این مطالعه توصیه کرد که فاصله ایمن حداقل ۱ متر بین تلفن همراه و تجهیزات پزشکی رعایت شود.

دستگاه‌های MRI به دلیل استفاده از میدان‌های مغناطیسی قوی و امواج رادیویی، بسیار حساس به تداخل الکترومغناطیسی هستند. مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۶ نشان داد که امواج RF تلفن‌های همراه در فرکانس‌های مختلف می‌توانند باعث نویز در تصاویر MRIشوند.(۴) این پژوهش که در یک محفظه آنکوییک انجام شد، نشان داد که حداکثر فاصله تداخل در حالت حداکثر قدرت انتقال تا ۳۸ سانتی‌متر است. برای کاهش این خطر، توصیه شده است که استفاده از تلفن همراه در اتاق‌های MRI ممنوع شود و از محافظ‌های الکترومغناطیسی مانند قفس فارادی استفاده گردد. دستگاه‌های CT SCAN نسبت به MRIکمتر تحت تأثیر امواج RF قرار می‌گیرند، زیرا عمدتاً از اشعه ایکس استفاده می‌کنند. با این حال، برخی مطالعات، مانند مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۳ نشان داده‌اند (۵) که امواج تلفن همراه در نزدیکی کنسول‌های کنترلی دستگاه‌های CT SCAN می‌توانند باعث خطاهای نرم‌افزاری یا نویز در داده‌های کنترلی شوند. این تأثیر معمولاً در فواصل بسیار نزدیک (کمتر از ۵ سانتی‌متر) رخ می‌دهد و با افزایش فاصله کاهش می‌یابد. به همین دلیل، پروتکل‌های ایمنی معمولاً استفاده از تلفن همراه را در نزدیکی کنسول‌های CT SCANمحدود می‌کنند. همینطور یک مطالعه مروری سیستماتیک در سال ۲۰۲۱ که شامل داده‌های مطالعه کلیدی (TNO ۲۰۰۷) نیز بود، تأیید کرد که درصد قابل توجهی از تجهیزات پزشکی در معرض تداخل ناشی از تلفن همراه قرار می‌گیرند (۶). مطالعات

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.47176/rjms.32.147]

متعددی هم به بررسی سیستماتیک این پدیده پرداخته‌اند. به عنوان مثال، یک متاآنالیز به‌روز در سال ۲۰۲۳ که ۴۷ مطالعه را تجزیه و تحلیل کرد، نشان داد که تلفن‌های همراه می‌توانند در درصد قابل توجهی از موارد با تجهیزات پزشکی تداخل ایجاد کنند و تأکید کرد که این خطر با کاهش فاصله به شدت افزایش می‌یابد (۷). ضمناً در این مقاله به دستگاه الکتروکوتر هم به عنوان یکی از تجهیزات حساس به تداخل الکترومغناطیس در اتاق عمل اشاره شده است. مطالعات تجربی کنترل‌شده هم در محیط‌های شبیه‌سازی‌شده، خطر واقعی این پدیده را به صورت کمی نشان داده‌اند. به عنوان مثال، پژوهشی که به صورت سیستماتیک تداخل ناشی از تلفن‌های هوشمند را بر روی تجهیزات مراقبت‌های ویژه ارزیابی کرد، گزارش نمود که تمامی موارد تداخل مشاهده‌شده در فاصله‌ای کمتر از ۵۰ سانتی‌متر رخ داده است و حساسیت دستگاه‌های مختلف به میدان‌های الکترومغناطیسی می‌تواند به طور چشمگیری متفاوت باشد (۸). این یافته، فضای پرتراکم و فشرده اتاق عمل را که در آن انواع تجهیزات حساس الکترونیکی و دستگاه‌های ارتباطی در مجاورت بسیار نزدیک با یکدیگر و با بیمار قرار می‌گیرند، به عنوان یک کانون بالقوه خطر برجسته می‌سازد. در این محیط، نه تنها تلفن همراه، بلکه دستگاه‌های فعال تولیدکننده امواج RF، مانند الکتروکوتر نیز می‌توانند به عنوان منبع یا قربانی تداخل عمل کنند. در این مقاله ۱۹ دستگاه پزشکی بحرانی (مانند ونتیلاتور، پمپ انفوزیون و مانیتور علائم حیاتی) را در یک اتاق شبیه‌سازی شده بخش مراقبت‌های ویژه (ICU) قرار دادند که در ۱۵/۷٪ از تمام آزمایش‌ها (۵۷ از ۳۶۰ سناریو) نوعی تداخل مشاهده شد. با وجود شواهد موجود در مورد تداخل نسل‌های پیشین تلفن همراه، الگوی رو به رشد استفاده از فناوری‌های ارتباطی در محیط‌های پزشکی، لزوم بازنگری مستمر در ارزیابی این مخاطرات را ایجاب می‌کند. به ویژه با گسترش فناوری نسل پنجم (5G) ویژگی‌های متمایز آن از قبیل فرکانس‌های بالاتر (حوزه میلی‌متر-wave)، چگالی بسیار بیشتر ایستگاه‌های پایه، و استفاده از تکنیک‌های پیشرفته‌ای مانند پرتوهای موجه (Beamforming)، نگرانی‌های جدیدی در مورد پتانسیل تداخل با تجهیزات پزشکی حساس مطرح شده است (۹). اگرچه ارزیابی دقیق این ریسک‌های نوظهور نیازمند مطالعات اختصاصی است، اما هسته مرکزی خطر، یعنی قرارگیری تجهیزات پزشکی در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی ناخواسته و قوی، همچنان پابرجاست. در این میان، منابع تولیدکننده میدان‌های قوی داخل اتاق عمل، مانند دستگاه الکتروکوتر، که همواره در مجاورت فیزیکی با سایر تجهیزات و احتمالاً دستگاه‌های ارتباطی شخصی قرار دارند، کانون توجهی جدی برای ارزیابی ایمنی محسوب می‌شوند. در ایران نیز پژوهش‌هایی بر روی دستگاه‌های محدودی انجام شده است که در ادامه به آن‌ها می‌پردازیم. مطالعه‌ای با عنوان «بررسی تداخل الکترومغناطیسی ناشی از تلفن همراه بر روی ضربان‌ساز مصنوعی قلب» که توسط زنگنه و همکاران در سال ۱۳۹۲ انجام شده است، نشان می‌دهد که امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه می‌توانند عملکرد ضربان‌سازهای قلبی را تحت تأثیر قرار دهند (۱۰). این پژوهش منابع EMI مؤثر بر ضربان‌سازها را دسته‌بندی کرده و نحوه اثرگذاری میدان‌های الکترومغناطیسی را بررسی کرده است. نتایج نشان می‌دهد که بسته به تکنولوژی تلفن همراه میزان تداخل متفاوت است. برای کاهش این تداخل، توصیه شده است که فاصله ایمن بین تلفن همراه و ضربان‌ساز حفظ شود (معمولاً حداقل ۱۵ سانتی‌متر). اگرچه اطلاعات محدودی در مورد تأثیر مستقیم تلفن همراه بر دستگاه‌های تصویربرداری پزشکی در منابع ایرانی وجود دارد، اما برخی مطالعات(۱۱) به‌صورت کلی به پتانسیل تداخل امواج الکترومغناطیسی با تجهیزات حساس مانند دستگاه‌های MRI و CT اشاره کرده‌اند. برای مثال، در مقاله‌ای در کنفرانس ملی فناوری‌های نوین در مهندسی برق و کامپیوتر (۱۳۹۶) به تأثیرات اینترنت اشیاء (IoT) و دستگاه‌های بی‌سیم بر تجهیزات پزشکی اشاره شده و تأکید شده است که امواج رادیویی می‌توانند در صورت عدم مدیریت

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.47176/rjms.32.147]

صـــحیح، عملکرد این تجهیزات را مختل کنند. اگرچه پژوهش‌های ایرانی به‌طور خاص روی تأثیر تلفن همراه بر MRI و CT SCAN متمرکز نیســـتند، اما مطالعات کلی‌تر در مورد تداخل الکترومغناطیسی (مانند مقالات کنفرانس‌های مهندسی برق و پزشکی) نشان می‌دهند کـه تجهیزات تصـــویربرداری بـه دلیـل پیچیـدگی و حســاســیت بالا، در معرض خطر تداخل هســتند. برای مثال، در مطـالعـه‌ای در ســـال ۱۳۹۶ در کنفرانس مهندسی برق، به تأثیر فناوری‌های بی‌سیم (مانند Wi-Fi و تلفن همراه) بر تجهیزات پزشـکی اشـاره شـده و توصیه شده است که بررسی‌های بیشتری برای تعیین حد ایمن فرکانس‌های مختلف انجام شود.

در خصوص دستگاه الکتروکوتر که قرار است در این طرح مورد ارزیابی قرار گیرد، تاکنون بررسی‌های علمی دقیقی انجام نشده و صرفا گزارش‌های شفاهی از مراکز درمانی دریافت شده است که احتمال اختلال عملکرد دستگاه و ایجاد سوختگی بیمار را در صورت نزدیکی تلفن همراه به دستگاه مطرح کرده‌اند. در این پژوهش، بـه صـــورت جـامـع و کـمـی، تـداخـلات امـواج الکترومغناطیسی بین تلفن همراه و دستگاه الکتروکوتر بررسـی شـده اسـت تا نتیجه آن مشـخص شـده و با اســتناد به آن از بروز بیشـــتر این تداخلات جلوگیری شود.

روش کار

بررسی تاثیر امواج الکترومغناطیسی تشعشعی توسط وســایل ارتباطی مانند تلفن همراه، به نوع تجهیزات پزشـکی مورد مطالعه وابسـتگی شـدیدی دارد. در این پروژه، تاثیرگذاری امواج تلفن همراه بر روی دســـتگاه الکتروکوتر مارک کاوانديش سیسـتم مدل meg1 مورد بررسی قرار می‌گیرد (شکل ۱) این فرایند شامل مراحل زیر می‌شود:

• ***آماده‌ســـازی و تنظیمات:*** مرحله اول در انجام آزمایش EMI، ایجاد محیط کنترل شـــده اســـت. این محیط باید شـرایطی را شـبیه سـازی کند که دسـتگاه پزشکی در آن استفاده می‌شود. تجهیزات آزمون، شامل مولد سـیگنال، تجزیه و تحلیل‌گر طیف و آنتن‌ها، برای



شکل ۱- دستگاه الکتروکوتر کاوانديش سیستم مدل meg1

تولید و اندازه‌گیری میدان‌های الکترومغناطیسی نصب می‌شود. دستگاه پزشکی تحت آزمون(DUT) به نحوی قرار می‌گیرد که شـرایط اسـتفاده واقعی آن را شـبیه سازی کند، با همه کابل‌ها و اتصالات در مکان مناسب، حیاتی اسـت که اطمینان حاصـل شـود که تنظیمات آزمایش با اســـتانداردها و رهنمودهای مرتبط مانند آنهایی که توســـط ارگان‌های تنظیمی مانند FDA یا اســـتلنداردهای بین‌المللی مانند IEC60601-1-2 ارائه می‌شود، هماهنگ باشد.

• ***آزمایش و ارزیابی:*** پس از اتمام مراحل تنظیمات، فرایند آزمایش تداخل الکترومغناطیســـی (EMI) آغاز می‌شود. نحوه بررسی اثر تداخلات، بدین صورت است که ابتدا میزان تشـــعشـــع امواج تلفن همراه در محل اســـتقرار دســـتگاه مورد نظر در بدترین حالت از میان حالت‌های مختلف روشـــن، زنگ خوردن و در حال مکالمه اندازه‌گیری شـــده و با مقادیر مجاز مندرج در دیتاشیت دستگاه مقایسه می‌گردد. در طول آزمون‌ها، عملکرد دستگاه پزشکی به طور مداوم پایش می‌شود و هرگونه اثرات منفی یا خرابی‌ها مانند از دســـت رفتن عملکرد یا تشـــخیص‌های نادرســـت، به دقت ثبت و تحلیل می‌شوند. دستگاه تحت آزمون‌های تشعشی و هادی قرار می‌گیرد تا مقاومت آن در برابر تداخلات الکترومغناطیسی سنجیده شود. پس از پایان آزمون‌ها، نتایج به منظور بررسی انطباق با استانداردها و مقررات معتبر ارزیابی می‌شوند تا مشخص شود دستگاه تا چه

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.47176/rjms.32.147]

حد به الزامات EMI پاسخگو است. در صورت شناسایی هرگونه مشکل، ممکن است نیاز به اصلاحات طراحی باشد تا مقاومت دستگاه در برابر تداخلات الکترومغناطیسی افزایش یافته و یا سطح انتشار آن کاهش یابد. تکمیل موفقیت‌آمیز آزمون EMI برای کسب تاییدیه‌های تنظیمی و اطمینان از ایمنی بیماران امری حیاتی است. نتایج هر آزمایش، متناسب با سه معیار ذکر شده در بخش ضرورت، ذخیره شده و با شرایط حضور و عدم حضور تلفن همراه مقایسه می‌شوند. لازم به ذکر است که هر آزمایش حداقل ۳ بار در زمان‌های مختلف تکرار می‌گردد تا صحت سنجی و تکرار پذیری نتایج مورد بررسی قرار شود. همچنین برای تعیین محدوده مجاز مورد استفاده(در صورت وجود) آزمایش در چند نقطه مختلف نسبت به دستگاه نیز انجام خواهد شد.

برای اندازه‌گیری میدان‌های الکترومغناطیسی از تشعشع یک گوشی تلفن همراه و تاثیر آن بر دستگاه‌های پزشکی، می‌توان از پروب‌های الکترومغناطیسی مناسب و دستگاه اندازه‌گیری مانند سیگنال آنالایزر استفاده کرد. این پژوهش در اتاق عمل مرکز فوق تخصصی آموزش درمانی ترمیمی و جراحی پلاستیک حضرت فاطمه(س) انجام شده که در شکل ۲ ست آپ تست نشان داده شده است که در سمت راست تصویر دستگاه الکتروکوتر قرار دارد و در سمت چپ تصویر دستگاه سیگنال آنالایزر قرار دارد و همانطور که مشاهده می‌شود دستگاه الکتروکوتر روشن و الکترودهای آن آماده کار هستند تا شبیه ساز حالت واقعی باشد. که برای این کار ابتدا یک پروب الکترومغناطیسی مناسب برای اندازه‌گیری میدان تشعشع از گوشی تلفن همراه انتخاب می‌شود که این پروب باید قابلیت اندازه‌گیری فرکانس‌های مختلف را داشته باشد زیرا گوشی‌های تلفن همراه ممکن است از فرکانس‌های متنوعی برای ارتباط استفاده کنند. در قدم بعدی باید مشخص شود که در کدام نقاط از دستگاه پزشکی باید اندازه‌گیری انجام شود. این نقاط باید به نحوی انتخاب شوند که اثر تشعشع گوشی تلفن همراه روی دستگاه پزشکی به درستی نمایان شود. که



شکل ۲- ست آپ تست به وسیله دستگاه سیگنال آنالایزر srm3000

در اینجا در فواصل ۱۰ سانتی متری، ۵۰ سانتی متری، ۱ متری و ۲ متری بدنه‌ی دستگاه پزشکی و الکترود دستگاه پزشکی مورد اندازه‌گیری قرار داده شده است. تمامی این آزمایش‌ها بیشتر از سه بار انجام شده و در حالت‌هایی مانند گوشی تلفن همراه روشن/ انتقال داده/ در حال تماس/ در حال مکالمه و افزایش تعداد تلفن همراه تا ۳ عدد انجام شده است.

یافته‌ها

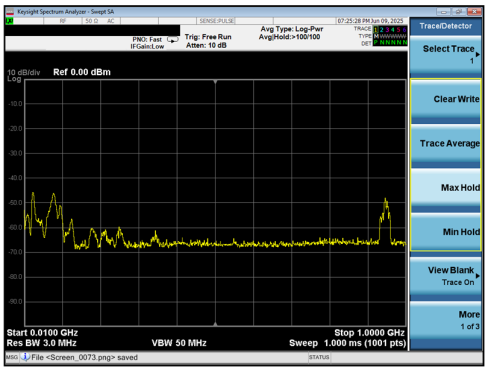
یافته‌های این پژوهش در هرکدام از حالت‌های مذکور با رسم نمودار بیان می‌شود: (لازم به ذکر است به علت تعدد تصاویر در هر بخش چند نمودار به صورت نمونه آورده شده اند.)

تلفن همراه خاموش: این حالت به عنوان مبنای تست‌ها در نظر گرفته شده است چرا که تلفن همراه خاموش است و عملا هیچ تاثیری بر دستگاه الکتروکوتر ندارد (شکل۳).

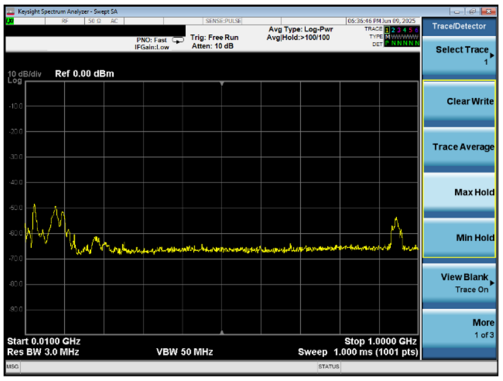
تلفن همراه روشن: در این بخش نتایج تست در حالتی که تلفن همراه روشن باشد و در فواصل ۱۰ سانتی متری (شکل ۴)، ۵۰ سانتی متری، ۱ متری و ۲ متری قرار دارد انجام شد و همچنین برای دو تلفن همراه نیز تکرار شد (شکل ۵). مقایسه‌ی نتایج نشان می‌دهد که حضور تلفن همراه حتی در حالت روشن هم اثربخشی خود را دارد که این اثر در حدود 5dB است. اما چیزی که واضح است این است که در فواصل دورتر این اثر کاهش می‌یابد و تقریبا قابل اغماض است، در واقع تلفن همراه در حالت روشن در فاصله‌ی ۱۰ سانتی‌متری بیشترین اثر خود را دارد و در فاصله‌ی

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-20]

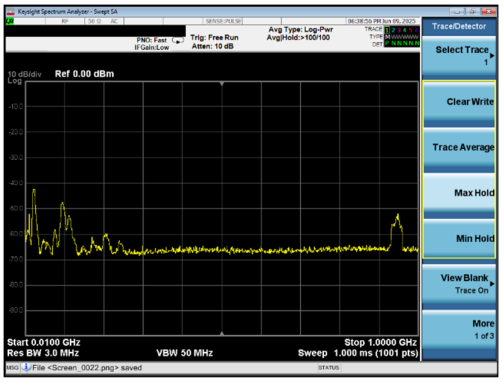
[DOI: 10.47176/rjms.32.147]



شکل۳- سیگنال نمایش داده شده توسط دستگاه سیگنال آنالایزر در شرایط خاموش بودن تلفن همراه

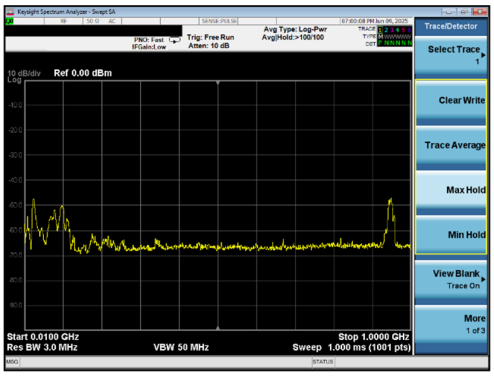


شکل٤- یک تلفن همراه در حالت روشن در فاصله ۱۰ سانتی متری بدنه الکتروکوتر

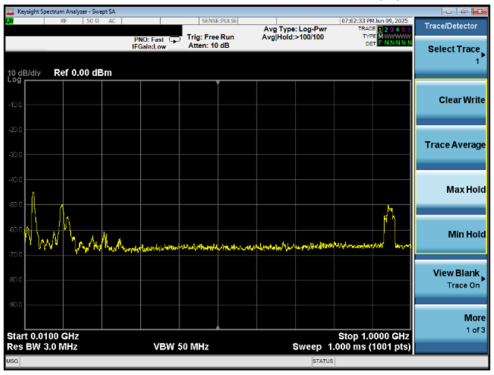


شکل ٥- دو تلفن همراه در حالت روشن در فاصله ۱۰ سانتی متری بدنه الکتروکوتر

بیشتر از ۱ متر تقریبا بی‌اثر است. همچنین لازم به ذکر است که نزدیک بودن تلفن همراه به بدنه دستگاه الکتروکوتر خطرناک‌تر از حالتی است که به الکترود دستگاه نزدیک باشد.



شکل٦- یک تلفن همراه در حال تماس در فاصله ۱ متری از بدنه دستگاه الکتروکوتر



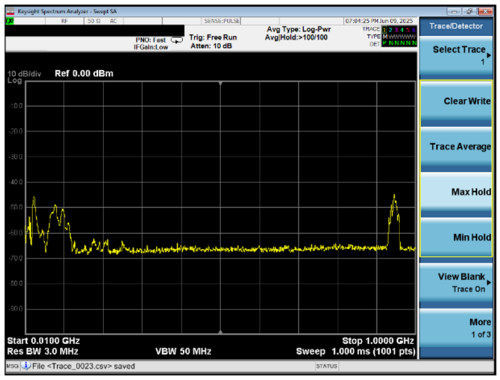
شکل۷- دو تلفن همراه در حال تماس در فاصله ۱ متری از بدنه دستگاه الکتروکوتر

تلفن همراه در حال تماس: با توجه به نتایجی که در این زیربخش مشاهده می‌شود می‌توان دریافت که زمانی که تلفن همراه در حال تماس است اثرگذاری بیشتری بر دستگاه وجود دارد (شکل ۶و۷) و مانند حالتی که فقط تلفن همراه روشن بود، در فواصل دورتر از دستگاه الکتروکوتر این اثر کاهش می‌یابد اما همچنان اثرگذار است و باعث اختلال در کار دستگاه می‌شود. همچنین نکته‌ی قابل توجه این است که در حالتی که تلفن همراه در حالت تماس(زنگ خوردن) است الکترودهای دستگاه هم به اندازه بدنه‌ی دستگاه تحت تاثیر قرار می‌گیرند.

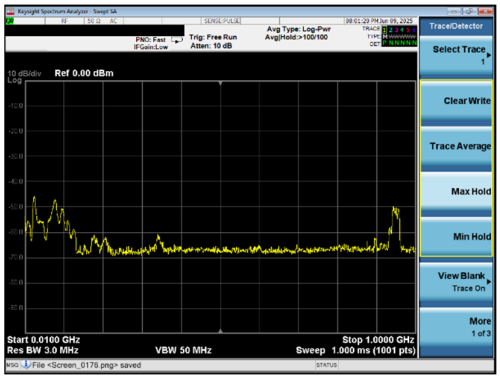
تلفن همراه در حال مکالمه: با توجه به نتایجی که در این زیربخش آورده شده است می‌توان نشان داد زمانی که تلفن همراه در حال مکالمه است اثرگذاری‌ای مانند زمانی که در حالت تماس است بر دستگاه وجود دارد (شکل ۸و۹) و در فواصل دورتر از دستگاه

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.47176/rjms.32.147]



شکل ۸– یک تلفن همراه در حالت مکالمه در فاصله ۱۰ سانتی متری از بدنه الکتروکوتر

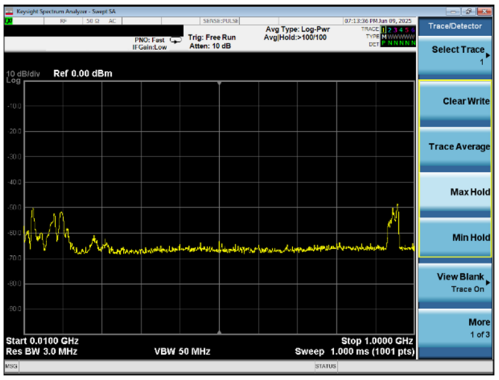


شکل ۹– دو تلفن همراه در حالت مکالمه در فاصله ۱۰ سانتی متری از بدنه الکتروکوتر

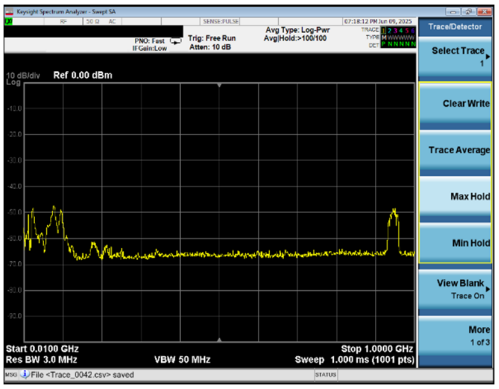
الکتروکوتر این اثر کاهش می‌یابد اما همچنان اثرگذار است و باعث اختلال در کار دستگاه می‌شود. همچنین نکته‌ی قابل توجه این است که در حالتی که تلفن همراه در حال مکالمه است الکترودهای دستگاه هم به اندازه بدنه‌ی دستگاه تحت تاثیر قرار می‌گیرند.

تلفن همراه در حال انتقال داده: در این زیربخش علاوه بر مراحل قبلی آزمایش یک بار هم برای حالتی انجام شد که تعداد تلفن‌های همراه به سه عدد افزایش پیدا کرد که همانطور که در تصاویر مشخص است با افزایش تعداد، نتایج دچار اختلال بیشتری شده و در واقع عملکرد دستگاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (شکل ۱۰ و ۱۱).

همچنین می‌توان دریافت هنگامی که تلفن همراه در حال انتقال داده است حتی در فواصل دورتر از ۵۰ سانتی‌متر هم اثر مخرب خود را می‌گذارند و باعث اختلال در عملکرد دستگاه الکتروکوتر می‌شوند و



شکل ۱۰– دو تلفن همراه در حال انتقال داده در فاصله۱۰سانتی متری از بدنه الکتروکوتر



شکل ۱۱– سه تلفن همراه در حال انتقال داده در فاصله ۱۰ سانتی متری از بدنه الکتروکوتر

هنگامی که تعداد تلفن‌های همراه به ۲ یا ۳ عدد می‌رسد این اثر مخرب مشهودتر می‌شود.

بحث

همانطور که مشاهده شد تلفن در حالت روشن نیز حاوی اثر و اختلال بر روی دستگاه الکتروکوتر است و اگر در حالت مکالمه یا انتقال داده باشد بیشترین اثر مخرب را دارد و این اثر هنگامی افزایش پیدا می‌کند که بیش از دو عدد تلفن همراه در اتاق حضور داشته باشد. در واقع زمانی که یک تلفن همراه در حالت انتقال داده یا مکالمه باشد اثر آن تا فواصل ۵۰ سانتی متری دستگاه مطرح است اما اگر تعداد تلفن همراه‌ها افزایش پیدا کند این فاصله تا ۲ متر هم افزایش می‌یابد و اثر مخرب خود را بر دستگاه پزشکی می‌گذارد. یافته حاضر مبنی بر ایجاد تداخل قابل

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.47176/rjms.32.147]

اندازه‌گیری در فواصل نزدیک، با مطالعه جامع TNO (2007) (۶) که در آن ۴۳٪ از تجهیزات پزشکی تحت تأثیر موبایل قرار گرفتند، هم‌سو است. این نشان می‌دهد حتی دستگاه‌های قدرتمندی مثل الکتروکوتر نیز ممکن است مصون نباشند. همچنین با نتیجه‌گیری‌های مطالعه مروری Najjar و همکاران (۲۰۲۳) (۷) و همچنین مطالعه تجربی Trippi و همکاران (۲۰۲۰) (۹) که رابطه معکوس قوی بین فاصله و خطر تداخل را گزارش کردند نیز هم‌سو می باشد. این همگرایی در نتایج، فرضیه وابستگی شدید تداخل به فاصله را به یک اصل ثابت‌شده در مطالعات تجربی EMI تبدیل می‌کند. همچنین باتوجه به نتایج متاآنالیز مذکور درخصوص تداخل موبایل با طیف وسیعی از تجهیزات پزشکی (مانند ونتیلاتورها و مانیتورها) (۷)، یافته‌های ما این مفهوم را گسترش می‌دهد و نشان می‌دهد دستگاه‌های فعال تولیدکننده RF مانند الکتروکوتر نیز می‌توانند هم به عنوان قربانی و هم به عنوان منبع در این تعاملات پیچیده نقش داشته باشند. با این حال، مطالعه حاضر از یک جنبه اساسی با تحقیقات پیشین متفاوت است. در حالی که بیشتر پژوهش‌ها بر تأثیر موبایل بر تجهیزات پزشکی به صورت کلی متمرکز بودند و یا تأثیر امواج الکترومغناطیس تلفن همراه بر تجهیز پزشکی دیگری را بررسی کرده بودند، این مطالعه به طور مشخص به بررسی تداخل متقابل و بالقوه بین تلفن همراه و الکتروکوتر پرداخته است. این موضوع از آن جهت حائز اهمیت است که هر دو دستگاه به طور هم‌زمان و در مجاورت یکدیگر در محیط‌های پیشرفته امروزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. یافته حاضر زنگ خطری برای جامعه جراحی و مهندسی پزشکی محسوب می‌شود تا نسبت به خطرات نامرئی اما بالقوه در محیط‌های به ظاهر کنترل‌شده هوشیار باشند. ضمناً نتایج این مطالعه را می‌توان در چارچوب گسترده‌تر الزامات استاندارد IEC 60601-1-2 تفسیر کرد که بر لزوم مقاومت تجهیزات پزشکی در محیط غنی از امواج RF تأکید دارد.

نتیجه‌گیری

همانطور که بیان شد تداخل الکترومغناطیسی یک خطر واقعی اما قابل مدیریت است. مؤثرترین راهکار، جهت کمینه نمودن این تداخلات ترکیبی از کنترل‌های مهندسی، پروتکل‌های اجرایی و آموزش است. بنابراین، تدوین پروتکل‌های عملیاتی مشخص برای استفاده از تلفن همراه در اتاق عمل، با تأکید بر رعایت فاصله فیزیکی از تجهیزات حساسی مانند الکتروکوتر، یک اقدام ضروری پیشگیرانه به شمار می‌رود. لذا می توان در پروتکل‌های ایمنی اتاق عمل، "مناطق حفاظت‌شده" به صورت عملی تعریف شوند و حداقل فاصله لازم بین تلفن همراه فعال و دستگاه الکتروکوتر یا سایر تجهیزات حیاتی، به عنوان یک قانون الزامی لحاظ گردد. این اقدام ساده اما مبتنی بر شواهد، می‌تواند به طور چشمگیری از احتمال وقوع رویدادهای نامطلوب بکاهد و به عنوان یک سپر فیزیکی در برابر میدان‌های الکترومغناطیسی، خطر را به حداقل برساند.

همچنین با توجه به یافته‌ها و با در نظر گرفتن تحولات سریع فناوری‌های ارتباطی، پیشنهاد می‌شود نهادهای نظارتی و استانداردساز، تست‌های سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) را برای تجهیزات پزشکی جدید به ویژه آنهایی که در اتاق عمل استفاده می‌شوند با در نظر گرفتن سناریوهای مواجهه ترکیبی (Exposure Combined) به‌روز کنند. این سناریوها براساس چارچوب پیشنهادی در Watanabe(2022) (۸) باید شامل هم‌زمانی منابع داخلی مانند الکتروکوتر و منابع خارجی مانند نسل‌های مختلف ارتباطی از جمله 5G باشد. درخصوص آموزش پرسنل بهداشتی-درمانی هم باید آگاهی‌بخشی در مورد ماهیت در حال تغییر خطرات الکترومغناطیسی، فراتر از هشدارهای ساده درباره تلفن همراه باشد و مباحث ایمنی الکترومغناطیسی و پروتکل استفاده از تلفن همراه در دوره‌های آموزشی سالیانه پرسنل اتاق عمل گنجانده شود. اقدام مؤثر دیگر در این خصوص می تواند نصب برچسب هشدار بر روی دستگاه الکتروکوتر در مورد خطرات احتمالی تداخل باشد.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.47176/rjms.32.147]

تقدیر و تشکر

از تمامی مسئولین محترم معاونت غذا و دارو و معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایران و مرکز فوق تخصصی آموزشی درمانی ترمیمی و جراحی پلاستیک حضرت فاطمه (س) که در انجام طرح HSR این پژوهش (کد طرح۲۷۵۸۹) مساعدت نمودند، تشکر می نمایم.

ملاحظات اخلاقی

این پژوهش در قالب طرح HSR دانشگاه علوم پزشکی ایران با کد اخلاق IR.IUMS.REC.1403.314 انجام شده است.

مشارکت نویسندگان

مقاله یک نویسنده (زهرا ثابت قدم) دارد و تمام کارهای مربوط به مقاله توسط بنده انجام شده است.

References

1. Klein AA, Djaiani GN. Mobile phones in the hospital–past, present and future. Anaesthesia. 2003;58(4):353-357.
2. O. Uckun, F. Erdemir, Electromagnetic interference of 4G/LTE cellular networks with medical devices in hospitals. Comput Biol Med. 2017;83:58-66.
3. Karadeniz A, Cakir M. Evaluation of electromagnetic interference of mobile phones with medical equipment in a healthcare setting, BioMed Eng OnLine. 2019;18(1):20.
4. Vaisi-Raygani A, Dehghan M, Hajiali F. Assessment of electromagnetic interference of mobile phones with critical care medical equipment in an intensive care unit. J Clin Monit Comput. 2015;29(5):579-584.
5. U.S. Food and Drug Administration, Magnets in Cell Phones and Smart Watches May Affect Pacemakers and Other Implanted Medical Devices, FDA [Internet], 2021.
6. Lawrentschuk N, Bolton DM. Mobile phone interference with medical equipment and its clinical relevance: a systematic review. Med J Aust. 2004;181(3):145-149.
7. Najjar S, Ghodssi-Ghassemabadi R, Hajizadeh E, Kazemi M, Maroufi SF. Electromagnetic Interference of Mobile Phones on Medical Equipment: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis, J Med Syst. 2023;47(1):76.
8. Watanabe MS, Smith JEK, Hill BD, Sasaki D, Kojima M, Hikage T, et al. Interference of 5G cellular communication with medical devices: A review of the evidence and recommendations. Health Phys. 2022;122(4):433-441.
9. Trippi A, Cruz FRG, Lopes GR, Miana GAA, Neves BDC, Nascimento JS, et al. Experimental assessment of electromagnetic interference from smartphones on critical care medical devices. PLoS One. 2020;15(5):e0232169.
10. Zangeneh M, Yezdani MR, Samiei Nasab MR. [Investigation of electromagnetic interference from mobile phones on artificial heart pacemakers]. Proc. 2nd Natl. Conf. New Ideas Electr. Eng. 2013:1-6. [Persian].
11. Zalali A. [Advantages and Challenges of Internet of Things Technology in the Field of Medical Sciences]. Natl Conf New Technol Electr Comput Eng. 2017. [Persian].

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.47176/rjms.32.147]