Pejouhesh dar Pezeshki (i.e., Research in Medicine) **Original Article**

The Quarterly Journal of School of Medicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences 2024; Vol. 48; No. 1

Evaluation of Public Dose Caused by Lutetium 177 from Waste Water Released by Nuclear Medicine Center of Shohada Tajrish Hospital in 1402

Mohammadreza Asgari[1], Mahasti Amoui[2], Mohammad Reza Deevband[1*], Mohammad Reza Kardan[3], Mohammadali Ghodsirad[2], Elahe Pirayesh[2]

1. Biomedical Engineering and Medical Physics Department, School of Medicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. Nuclear Medicine Department, Shohada Tajrish Hospital, School of Medicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
3. Nuclear Sciences Research School, Nuclear Sciences and Technology Research Institute, Tehran, Iran.

Received: December 23, 2023; Accepted: April 21, 2024

Abstract

Background and Aim: Today, the treatment of prostate cancer and endocrine cancer by means of radiopharmaceuticals derived from lutetium-177 is the focus of many radionuclide therapy centers. One of the reasons for turning to lutetium radiopharmaceuticals is its favorable dosimetry and stability. Excreting the urine of these patients into the hospital's sewage and consequently into the city's sewage and finally into the agricultural fields causes indirect radiation exposure of the people. The aim of this study is to investigate the radiation exposure of people due to the presence of this radioactive material in urban areas.

Methods: In this cross- sectional study, the estimation of radioactivity in sewage has been done. In the first method, 18 wastewater samples were prepared in a standard volume from specific places at different times. The samples were counted using the gamma spectrometry method and the amount of radioactive substances in them was determined. In the second method, the concentration of radioactive substances in the wastewater was estimated using a mathematical model, and then the dose received by the people was calculated.

Results: The dose received by the people from lutetium the wastewater of Shahada Tajrish Hospital is estimated to be 0.00052 nanosieverts per year, so this amount is equal to $1.73E^{-9}$ of the annual permissible dose and is equivalent to 0.0000003 days of natural radiation exposure.

Conclusion: The amount of dose received by people from lutetium in the wastewater of Shohada Tajrish Hospital is very small and is much less than the annual limit. Therefore, the direct discharge of the urine of patients treated with lutetium into the sewage of the nuclear medicine department of the mentioned hospital during the quarantine period of the patient undergoing radiation treatment does not cause significant radiation to the public.

Keywords: Public dose; Prostate Cancer; Lutetium Therapy; Endocrine Cancer; Radionuclide Therapy; Activity in Sewage

Please cite this article as: Asgari M, Amoui M, Deevband MR, Kardan MR, Ghodsirad M, Elahe Pirayesh E. Evaluation of People's Dose Caused by Lutetium 177 Contained in the Nuclear Medicine Center of Shohada Tajrish Hospital in 1402. Pejouhesh dar Pezeshki. 2024;48(1):91-98.

[*]**Corresponding Author:** Mohammad Reza Deevband; **Email:** mdeevband@sbmu.ac.ir

Biomedical Engineering and Medical Physics Department, School of Medicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2025-03-19]

پژوهش در پزشکی
مقاله پژوهشی
فصلنامه علمی-پژوهشی دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی-درمانی شهید بهشتی
دوره ۴۸، شماره ۱، سال ۱۴۰۳ شمسی، صفحات ۹۱ تا ۹۸

ارزیابی دز مردم ناشی از لوتشیوم ۱۷۷ موجود در فاضلاب رهاسازی شده توسط مرکز پزشکی هسته‌ای بیمارستان شهدای تجریش در سال ۱۴۰۲

محمدرضا عسگری[۱]، مهستی عمویی[۲]، محمد رضا دیوبند[۱*]، محمد رضا کاردان[۳]، محمد علی قدسی راد[۲]، الهه پیرایش[۲]

۱- گروه مهندسی و فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲- گروه پزشکی هسته‌ای، بیمارستان شهدای تجریش، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۳- پژوهشگاه تحقیقاتی علوم هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۲

چکیده

سابقه و هدف: امروزه درمان سرطان پروستات و سرطان غدد درون‌ریز به وسیله رادیوداروهای مشتق شده از لوتشیوم ۱۷۷ مورد توجه بسیاری از مراکز رادیونوکلوئیدتراپی واقع شده است. یکی از دلایل روی آوردن به رادیوداروهای لوتشیوم دزیمتری مطلوب و پایداری آن است. دفع ادرار این بیماران به درون فاضلاب بیمارستان و به تبع آن فاضلاب شهری و در آخر مزارع کشاورزی سبب پرتوگیری غیرمستقیم مردم می‌شود. هدف این مطالعه بررسی میزان پرتوگیری مردم ناشی از وجود این ماده رادیواکتیو در فاصلاب شهری است.

روش کار: در این مطالعه مقطعی به دو روش نسبت به تخمین پرتوزایی در فاضلاب اقدام شده است. در روش اول ۱۸ نمونه فاضلاب از مکان‌های به‌خصوصی در زمان‌های مختلف، در حجم استاندارد تهیه شد. نمونه ها با استفاده از روش گاماسپکترومتری شمارش شدند و میزان مواد رادیواکتیو موجود در آنها مشخص شد، در روش دوم با استفاده از یک مدل ریاضی، غلظت مواد رادیواکتیو موجود در فاضلاب برآورد شد و سپس میزان دز دریافتی مردم محاسبه شد.

یافته‌ها: میزان دز دریافتی مردم از لوتشیوم موجود در پساب بیمارستان شهدای تجریش برابر ۰/۰۰۰۵۲ نانوسیورت در سال برآورد شده است، به طوری که این میزان برابر $1/73E^{-9}$ درصد از حد دز مجاز سالیانه و معادل ۰/۰۰۰۰۰۰۳ روز پرتوگیری طبیعی است.

نتیجه‌گیری: میزان دز دریافتی مردم از لوتشیوم موجود در پساب بیمارستان شهدای تجریش بسیار ناچیز است و بسیارکمتر از حد مجاز سالانه است. بنابراین تخلیه مستقیم ادرار بیماران درمان شده با لوتشیوم به فاضلاب بخش پزشکی هسته‌ای بیمارستان مذکور پرتوگیری معناداری برای مردم ایجاد نمی‌کند.

واژگان‌کلیدی: دز مردم؛ سرطان پروستات؛ لوتشیوم تراپی؛ سرطان غدد درون ریز؛ رادیونوکلوئیدتراپی؛ اکتیویته موجود در پساب

به این مقاله، به صورت زیر استناد کنید:

Asgari M, Amoui M, Deevband MR, Kardan MR, Ghodsirad M, Elahe Pirayesh E. Evaluation of People's Dose Caused by Lutetium 177 Contained in the Nuclear Medicine Center of Shohada Tajrish Hospital in 1402. Pejouhesh dar Pezeshki. 2024;48(1):91-98.

[*] **نویسنده مسئول مکاتبات:** محمد رضا دیوبند؛ **آدرس پست الکترونیکی:** mdeevband@sbmu.ac.ir
گروه مهندسی و فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2025-03-19]

مقدمه

یکی از نگرانی‌هایی که در ارتباط با سلامت جامعه وجود دارد؛ بحث پرتوگیری مردم از مواد رادیواکتیو است که می‌تواند آثار جبران ناپذیری به بار بیاورد (۱). سرطان پروستات یکی از شایع‌ترین بدخیمی‌ها در مردان است و عامل اصلی مرگ و میر ناشی از سرطان در سراسر جهان است که یکی از درمان‌های رایج آن به‌کارگیری مواد پرتوزا و هدایت آن در بافت تومورال است که در پزشکی هسته‌ای انجام می‌گیرد (۲). رادیوایزوتوپ لوتشیم در قالب رادیوداروی لوتشیم-PSMA۱۷۷ برای درمان تومورهای غشایی پروستات و همچنین در قالب رادیوداروی لوتشیم-DOTATATE۱۷۷ برای درمان تومورهای نوروآندوکرین استفاده می‌شود (۳).

- E. Krawczyk و همکارانش در سال ۲۰۱۲ روی تفاوت بین تخلیه مستقیم و تخلیه بعد از ذخیره‌سازی مواد رادیواکتیو کار کردند. این مطالعه در دو بیمارستان که هر دو آنها دارای بخش پزشکی هسته‌ای هستند، انجام شد. یکی از بیمارستان‌ها دارای مخزن ذخیره‌سازی موقت و دیگری فاقد مخزن بود. از هر کدام از این بیمارستان‌ها در خروجی فاضلاب آنها نمونه‌برداری انجام شد و نمونه‌ها با طیف سنجی گاما بررسی شدند و میزان مواد رادیواکتیو آنها مشخص شد. نتیجه این مطالعه آن شد که بیماراستان‌هایی که دارای بخش پزشکی هسته‌ای هستند، بهتر است از مخازن ذخیره سازی استفاده کنند (۴).
- DR Mc Gowan و همکارانش در این مطالعه در سال ۲۰۱۳ به بررسی و پایش ید۱۳۱ در فاضلاب با انجام نمونه‌برداری پرداختند. در این مطالعه حد اکثر ۲۰ درصد اکتیویته داخل فاضلاب ناشی از بیمارستان‌ها بود که این میزان به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از میزان پیش‌بینی شده توسط مدل‌های ریاضی است. بنابراین میزان دز رسیده به عموم ناشی از ید موجود در فاضلاب کمتر از حد مجاز است؛ به همین دلیل بعید است سیستم‌هایی برای کاهش دز رسیده به مردم در بیمارستان‌ها در نظر گرفته شود (۵).

بیمارانی که تحت درمان با Lu177 قرار می‌گیرند، بعد از پایان فرآیند درمان، چهار ساعت در بخش پزشکی هسته‌ای قرنطینه می‌شوند (۶). دلیل این کار حفاظت از کارکنان درمان و اطرافیان بیمار از آلودگی‌های رادیواکتیوی که توسط بیمار تولید می‌شود، است (۷).

تقریبا ۵۰ درصد از رادیو داروی تجویزی در چهار ساعت اول از طریق ادرار دفع می‌شود (۶). این ادرار از طریق فاضلاب ابتدا به تصفیه‌خانه بیمارستان منتقل شده، سپس وارد سیستم فاضلاب شهری می‌شود. بعد از خروج از تصفیه‌خانه‌های شهری، این پساب از طرق مختلف جذب گیاهان و محصولات کشاورزی و درنتیجه سبب احتمال پرتوگیری مردم می‌شود که میزان آن نامشخص است (۸). خلأ اطلاعات از این مورد در بخش‌های پزشکی هسته‌ای دیده می‌شود. بنابراین، در پژوهش حاضر میزان پرتوگیری مردم ناشی از مواد پرتوزای رهاسازی شده توسط بیماران به درون سیستم فاضلاب شهری برآورد شده است. این مطالعه در سال ۱۴۰۲ در بیمارستان شهدای تجریش شهر تهران انجام شده است.

روش کار

در این مطالعه مقطعی از دو روش نمونه‌برداری از فاضلاب و مدل‌سازی ریاضی برای برآورد و تخمین میزان پرتوزایی ماده رادیواکتیو موجود در فاضلاب استفاده شد.

نمونه‌برداری

تعداد نمونه بر اساس مطالعه‌های قبلی و نیز امکانات بر آورد شده است. نمونه‌برداری از فاضلاب در روزهایی که درمان بیماران توسط رادیوداروی ^{177}Lu-PSMA و ^{177}Lu-DOTATATE در بخش پزشکی هسته‌ای بیمارستان شهدای تجریش انجام شد، صورت گرفت. برای نمونه‌برداری از فاضلاب نیاز است تا زمان شروع قرنطینه بیماران بعد از اتمام درمان را بدانیم. با وارد شدن بیماران به اتاق قرنطینه فرآیند نمونه‌برداری از فاضلاب آغاز شد. مسیر حرکت فاضلاب خروجی از بخش پزشکی هسته‌ای بیمارستان شهدای تجریش به صورت زیر است:

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2025-03-19]

فاضلاب خروجی از بخش ابتدا وارد یک محفظه کوچک در حیاط بیمارستان می‌شود و بعد از آن به تصفیه‌خانه اصلی بیمارستان منتقل می‌شود. با ردیابی یک ماده رادیواکتیو در فاضلاب متوجه شدیم که زمان رسیدن فاضلاب به محفظه خروجی بخش پنج دقیقه و به تصفیه‌خانه بیمارستان ۳۰ دقیقه است، بنابراین، نمونه‌برداری از خروجی بخش پنج دقیقه بعد از دفع ادرار و از تصفیه‌خانه بیمارستان ۳۰ دقیقه بعد از دفع ادرار بیماران انجام شد.

در جدول ۱ مکان و زمان انجام نمونه‌برداری از فاضلاب آورده شده است.

جدول ۱- مکان و زمان انجام نمونه‌برداری از فاضلاب

مکان نمونه‌برداری	زمان نمونه‌برداری
خروجی بخش پزشکی هسته‌ای	۵ دقیقه بعد از دفع ادرار توسط بیماران
ورودی و خروجی تصفیه‌خانه بیمارستان	۳۰ دقیقه بعد از دفع ادرار توسط بیماران

باتوجه به مطالعه‌های پیشین انجام شده برای سایر رادیوداروها به طور میانگین تعداد ۳۰ نمونه برای به دست آوردن میزان اکتیویته در فاضلاب ایده‌آل است، اما در مطالعه حاضر با درنظرگرفتن محدودیت‌های موجود ۱۸ نمونه برداشته شد.

برای پی بردن به تغییرات آب و هوا روی میزان ماده رادیواکتیو موجود در پساب، نمونه‌برداری در فصل سرد و گرم سال انجام گرفت.

۲۴ مرد و یک زن با سن ۱۰/۴۰ ± ۵۹/۳ سال (حداقل سن بیماران: ۴۰، حداکثر سن بیماران: ۷۸. در روزهای نمونه‌برداری تحت درمان قرار گرفتند که ۷نفر آنها با رادیوداروی ^{177}Lu-DOTATATE و مابقی با رادیوداروی ^{177}Lu-PSMA درمان شدند. میزان رادیوداروی تزریقی به هر بیمار به ترتیب برابر ۱۴/۸۵ ± ۲۰۷/۶ میلی‌کوری (حداقل رادیوداروی تزریقی: ۱۷۰ میلی‌کوری، حداکثر رادیوداروی تزریقی: ۲۲۰میلی‌کوری) است.

نمونه‌ها را بلافاصله بعد از جمع‌آوری به آزمایشگاه منتقل کردیم. این نمونه‌ها تحت گاماسپکترومتری و بتا اسپکترومتری قرار گرفتند و هیچ‌گونه اکیتویته‌ای که در محدوده آشکارسازی دستگاه (یک بکرل) باشد، در آنها یافت نشد.

به دلیل یافت نشدن اکتیویته در نمونه‌های آزمایشگاهی، از روش تخمینی و استفاده از مدل ریاضی میزان پرتوزایی ماده رادیواکتیو موجود در پساب تخمین زده شد.

مدل ریاضی و نحوه دزیمتری مردم

با استفاده از مدل زیر می‌توان میزان اکتیویته موجود در آب را به میزان دز دریافتی مردم توسط آن ماده رادیواکتیو نسبت داد (۹).

$$Ed = Ac \times Ca \times Dcoff$$

Ed: دز سالانه مؤثر مردم بر حسب نانوسیورت

Ac: غلظت اکتیویته در آب بر حسب بکرل بر لیتر

Ca: سرانه مصرف آب بر حسب لیتر

Dcoff: ضریب دز ارائه شده توسط ICRP بر حسب نانوسیورت بر بکرل که برای لوتشیم ۰/۶۴۳ است (۱۰).

برای استفاده از این مدل ریاضی باید غلظت ماده رادیواکتیو موجود در آب و همچنین میزان مصرف مردم از آب مورد نظر را در اختیار داشته باشیم.

سرانه مصرفی آب هر فرد در طی روز برابر با ۸ لیوان یا ۲ لیتر است. بنابراین میزان سرانه آب مصرفی برای هر فرد در یک هفته برابر ۱۴ لیتر خواهد بود (۱۱).

یافته‌ها

میزان اکتیویته در پساب و تخمین میزان پرتوزایی در پساب توسط مدل ریاضی

میانگین بیمارانی که در بیمارستان شهدای تجریش با رادیوداروهای لوتشیوم در طی یک هفته درمان می‌شوند برابر با پنج بیمار است، که این میزان در سال برابر با ۲۶۰ بیمار خواهد بود.

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2025-03-19]

به طور میانگین میزان اکتیویته تزریقی به هر بیمار برابر با ۲۰۰ میلی کوری است که نیمی از این اکتیویته در چهار ساعتی که بیمار در بخش پزشکی هسته‌ای قرنطینه است از طریق ادرار وارد فاضلاب می‌شود.

میزان فاضلاب تولیدی بیمارستان به ازای هرتخت عددی بین ۲۷۲ الی ۷۴۵ لیتر در روز است (۱۲). بنبراین در این مطالعه میانگین این مقدار برای فاضلاب تولیدی هر تخت در نظر گرفته شده است و با توجه به ۵۰۰ تختخوابی بودن بیمارستان شهدای تجریش میزان فاضلاب تولیدی در روز برابر با۲۵۴۲۵۰ لیتر است.

با توجه به تعداد بیماران، ۵۰۰ میلی‌کوری اکتیویته در هر هفته وارد این تصفیه‌خانه می‌شود که میزان آن در تصفیه‌خانه ۱۰۳۹۴/۷ بکرل بر لیتر است.

مسیر نهایی پساب به سمت تصفیه‌خانه فیروز بهرام است، که این میزان اکتیویته در تصفیه‌خانه فیروز بهرام نیز رقیق می‌شود.

حجم آب تصفیه‌خانه فیروز بهرام در یک هفته برابر با ۳۹۳۱۲۰۰۰۰۰ لیتر است که سبب می‌شود میزان اکتیویته در آن رقیق شود و به $۲*۱۰^{-۶}$ بکرل بر لیتر می‌رسد.

با استفاده از مدل ریاضی زیر میزان دز دریافتی مردم در یک هفته را تخمین می‌زنیم.

$$Ed = Ac * Ca * Dcoff$$
$$Ed = 2*10^{-6}*14*0.643 = 0.00001nSV$$

میزان دز دریافتی مردم ناشی از اکتیویته لوتشیوم خروجی از پساب بیمارستان شهدای تجریش برابر با ۰/۰۰۰۰۱ نانوسیورت است، که در یک سال برابر ۰/۰۰۰۵۲ نانوسیورت است.

لازم به ذکر است که در این روش فرض بر این است که مردم از آب خروجی از تصفیه‌خانه فیروز بهرام به شکل مستقیم استفاده کنند. این مطلب نشان دهنده این است که عدد به دست آمده حداکثر دز رسیده به مردم را نشان می‌دهد. مدیر پروژه این تصفیه‌خانه فراهم کردن ۱۹۰میلیون مترمکعب پساب از این تصفیه‌خانه برای کشاورزی را تأیید کرده است. بنابراین این آب ابتدا وارد زمین‌های کشاورزی می‌شود و سپس جذب گیاهان می‌شود و به شکل غیرمستقیم به مردم می‌رسد، که این امر سبب واپاشی بیشتر و کاهش ماده رادیواکتیو می‌شود.

با توجه به اینکه حد دز مجاز دریافتی مردم در یک سال از یک تشعشع خاص برابر با ۳۰۰۰۰۰ نانوسیورت است (۵)، بنابراین میزان دز دریافتی مردم تهران از لوتشیوم موجود در پساب مرکز لوتشیوم تراپی بیمارستان شهدای تجریش بسیار کمتر از حد مجاز سالیانه ($۱/۷۳E^{-۹}$ درصد حدمجاز و معادل ۰/۰۰۰۰۰۰۳ روز پرتوگیری طبیعی) است.

بحث

نتایج این مطالعه نمی‌تواند میزان دقیق ماده رادیواکتیو موجود در نقاط مختلف نمونه‌برداری را نشان دهد، اما با استفاده مدل ریاضی میزان حداکثر پرتوزایی در پساب و به تبع آن میزان حداکثر دز رسیده به مردم محاسبه شد که پاسخ قانع‌کننده‌ای برای سؤالات موجود در پژوهش است. میزان دز دریافتی مردم ناشی از اکتیویته لوتشیوم موجود در فاضلاب خروجی از بیمارستان شهدای تجریش برابر ۰/۰۰۰۵۲ نانوسیورت در سال است. باتوجه به استانداردهای پایه حفاظت دربرابر اشعه، در صورتی که میزان لوتشیوم کمتر از ۱E+۰/۰۳ بکرل بر گرم باشد، نیازی به پایش ندارد (۱۳). از طرفی میزان برآورد شده غلظت لوتشیوم در مطالعه یحاضر برابر با $۲x۱۰^{-۹}$ بکرل بر گرم است که از مقدار ذکر شده توسط استاندارد پایه حفاظت در برابر اشعه کمتر است. بنابراین نیازی به پایش و اندازه‌گیری ندارد و مقدار آن مجاز است.

استفاده از رادیوداروهای عنصر لوتشیوم امروزه به درمان سرطان‌های پروستات و غدد درون‌ریز کمک می‌کنند (۱۴). اما نکته قابل تأمل برای استفاده از این رادیوداروها آزادسازی مستقیم توسط ادرار بیماران درمان شده با آنها به درون فاضلاب است. بعد از آزادسازی مستقیم ادرار این بیماران به درون فاضلاب، این مواد رادیواکتیو وارد فاضلاب شهری شده و به طور غیرمستقیم سبب پرتوگیری مردم می‌شود. بنابراین عدم اطلاع از این میزان پرتوگیری مردم سبب درمان تعداد محدودی از

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2025-03-19]

بیماران شده است. بنابراین در این مطالعه روی این موضوع تحقیق کردیم. نتایج این مطالعه تأیید می‌کند که میزان پرتوگیری مردم ناشی از لوتشیوم موجود در پساب خروجی از بیمارستان شهدای تجریش بسیار ناچیز است و آزادسازی مستقیم ادرار این بیماران به فاضلاب سبب پرتوگیری بیش از حد مجاز مردم نمی‌شود که دلیل آن رقیق شدن پساب در چندین تصفیه‌خانه اعم از تصفیه‌خانه بیمارستان، تصفیه‌خانه شهری و تصفیه‌خانه مقصد (تصفیه‌خانه فیروز بهرام) است، همچنین این پساب بعد از سطحی شدن آب فاضلاب و رفتن به مزارع کشاورزی رقت بیشتری پیدا می‌کند که سبب کاهش غلظت ماده رادیو اکتیو و به تبع آن کاهش اکتیویته می‌شود. یکی دیگر از دلایلی که سبب کاهش اکتویته پساب تا زمان رسیدن به مردم می‌شود ، نیمه عمر آن است که برابر ۶/۷ روز است. بنابراین مدت زمانی که طول می‌کشد تا این پساب به زمین‌های کشاورزی برسد و جذب گیاهان شود نیز عامل دیگری در کاهش میزان اکتیویته است. بنابراین نیازی به مخزن سپتیک برای ذخیره‌سازی پسماند این ماده رادیواکتیو وجود ندارد.

مطالعه‌هایی که در این زمینه انجام شده، بیشتر در ارتباط با سایر رادیوداروها مانند ید و تکنسیم است. در سال ۲۰۰۵، M.Takeshi به بررسی تکنسیم ۹۹ در پساب پرداخت و با انجام نمونه‌برداری و آبکاری تکنسیم ۹۹ روی یک دیسک فولادی ضد زنگ، میزان اشعه بتای حاصل از آن را اندازه‌گیری کرد که نتیجه این مطالعه آن شد که دز مؤثر تجمعی ناشی از تکنسیم برای عموم ناچیز است (۱۵).

در سال ۲۰۱۸ J.Kurth روی پرتوگیری خارجی مردم از رادیوداروهای لوتشیوم کار کرد. در این مطالعه تعداد ۲۵ بیمار مبتلا به سرطان که با رادیوداروی ^{177}Lu-PSMA درمان شدند مورد بررسی قرار گرفت. مشاهده شد که بعد از گذشت چهار ساعت تقریباً ۵۰ درصد و بعد از گذشت ۱۲ ساعت تقریباً ۷۰ درصد ماده رادیواکتیو به صورت ادرار از بدن بیمار خارج می‌شود. بنابراین اگر بیمار بعد از حداقل ۴۸ ساعت از مرکز درمانی مرخص شود، میزان پرتوگیری مردم کمتر از حد مجاز خواهد بود (۶). اما نتایج مطالعه حاضر بر خلاف این مطالعه ثابت می‌کند که ترخیص بیماران بعد از گذشت چهار ساعت نیز تأثیر چندانی روی پرتوگیری مردم ندارد و دز مؤثر مردم بیش از حد مجاز نمی‌شود.

در این مطالعه از روش نمونه‌برداری مستقیم از فاضلاب و گاماسپکترومتری استفاده شد. این روش یک روش رایج برای اندازه‌گیری میزان اکتیویته یا پرتوزایی درون پساب است که در اکثر مطالعه‌هایی که برای بررسی و اندازه‌گیری پرتوزایی درون فاضلاب بوده‌اند، انجام شده است (۱۶). باتوجه به آن که در نمونه‌های برداشته شده از فاضلاب ماده رادیواکتیو قابل ملاحظه‌ای یافت نشد(به دلیل محدوده آشکارسازی دستگاه گاماسپکترومتری)، از مدل ریاضی برای تخمین میزان پرتوزایی و در نهایت برآورد پرتوگیری مردم به عنوان روش مکمل استفاده شد. در اکثر مطالعه‌های انجام شده در این زمینه، همانند مطالعه حاضر، میزان پرتوگیری مردم محاسبه شده با استفاده از مدل ریاضی بیشتر از روش نمونه‌برداری بود. یکی از دلایل این امر این است که در روش مدل‌سازی میزام حداکثر دز رسیده به مردم محاسبه شده است. دلیل این است که در این روش فرض بر این قرار گرفته است که مردم تمامی سرانه آب مصرفی خود را از پساب خروجی از تصفیه‌خانه فیروزبهرام تأمین کنند. از طرفی میزان واپاشی‌هایی که این عنصر در طی مسیررسیدن به این تصفیه‌خانه انجام می‌دهد، صرف‌نظر شده است. این دلایل سبب می‌شوند تا میزان پرتوزایی تخمینی و به تبع آن میزان دز دریافتی مردم از این ماده رادیواکتیو در روش مدل‌سازی ریاضی بیشتر از روش نمونه‌برداری مستقیم باشد. بنابراین نتایج و اعداد به دست آمده در این مطالعه حداکثر میزان پرتوگیری مردم توسط لوتشیوم موجود در پساب است، که با این وجود مقدار آن بسیار کمتر از حد مجاز سالانه است. تاکنون برای احتیاط پرتوگیری مردم در مرکز پزشکی هسته‌ای بیمارستان شهدای تجریش به طور میانگین پنج بیمار در هفته درمان می‌شدند، اما نتایج این مطالعه نشان دهنده بی‌خطر بودن آزادسازی مستقیم ادرار بیماران درمان شده با رادیوداروهای عنصر لوتشیوم در هفته است، بنابراین می‌توان تعداد بیماران درمان شده در این مرکز را

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2025-03-19]

به طور چشمگیری افزایش داد بدون آنکه نیازی به تعبیه کردن مخازن سپتیک وجود داشته باشد. این امر سبب درمان تعداد زیادی بیمار می‌شود که ممکن است زمان زیادی را برای درمان در نوبت قرار بگیرند و از طرفی سایر مراکز رادیونوکلوئیدتراپی که در شهرستان‌ها هستند می‌توانند با اطمینان از ایمن بودن این رادیوداروها از نظر حفاظت پرتویی برای مردم، از رادیوداروهای عنصر لوتشیوم استفاده کنند تا بیماران مجبور به سفر به شهرهای بزرگ نشوند.

می‌توان مطالعه‌ها را در این زمینه با انجام نمونه‌برداری‌های بیشتر انجام داد به طوری که می‌توان از تمامی نقاطی که پساب به نحوی از آنها عبور می‌کند نمونه‌برداری کرد به گونه‌ای که با ردیابی محل گذر ادرار بیماران می‌توان نمونه‌برداری را از سرویس بهداشتی که بیمار در آن ادرار می‌کند شروع کرد و بعد از تک تک مکان‌های گذر فاضلاب در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری انجام داد و با ردیابی محل سطحی شدن فاضلاب، گیاهان و خاک منطقه مورد تخلیه فاضلاب را بررسی کرد تا میزان لوتشیوم موجود در آنها مشخص شود. همچنین پیشنهاد می‌شود که پایش رادیوداروهای این عنصر در پساب سایر مراکز درمانی در تهران نیز انجام شود تا بتوان یک دید کلی از میزان پرتوگیری مردم شهر تهران از لوتشیوم موجود در پساب تمامی مراکز درمانی این شهر را به دست آورد. طبیعتاً این پژوهش برای مراکز درمانی سایر شهرهای دارای مراکز لوتشیوم‌تراپی نیز قابل انجام است.

محدودیت‌ها و پیشنهادها

در این مطالعه به دلیل دسترسی سخت به آزمایشگاه گاماسپکترومتری، هزینه‌های بالای انجام آزمایش‌ها و محدودیت‌های انجام نمونه‌برداری از نقاط مختلف پساب در بیمارستان، تعداد روزهای نمونه‌برداری محدود است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که این مطالعه با تعداد نمونه‌برداری بیشتر از پساب نیز انجام شود.

نتیجه‌گیری

رهاسازی ادرار حاوی لوتشیم از بیماران قرنطینه شده در بخش پزشکی هسته‌ای تأثیر معناداری بر روی میزان پرتوگیری سالانه مردم ندارد.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه، در کمیته اخلاق در پژوهش دانشکده پزشکی - دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی بررسی و با کد اخلاق IR.SBMU.MSP.REC.1401.392 ثبت شده است.

تشکر و قدردانی

این مطالعه حاصل بخشی از پایان‌نامه شماره ۴۳۰۰۳۲۱۳ آقای محمد رضا عسگری برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته فیزیک پزشکی از دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی می باشد.

تعارض منافع

نویسندگان، تعارض منافعی را گزارش نکرده‌اند.

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2025-03-19]

References

1. Yamamoto LGJPec. Risks and management of radiation exposure. 2013;29(9):1016-26.

2. Litwin MS, Tan H-JJJ. The diagnosis and treatment of prostate cancer: a review. 2017;317(24):2532-42.

3. Iravani A, Violet J, Azad A, Hofman MSJPc, diseases p. Lutetium ۱۷۷-prostate-specific membrane antigen (PSMA) theranostics: practical nuances and intricacies. 2020;23(1):38-52.

4. Krawczyk E, Piñero-García F, Ferro-García MJJoer. Discharges of nuclear medicine radioisotopes in Spanish hospitals. 2013;116:93-8.

5. McGowan D, Pratt B, Hinton P, Peet D, Crawley MJJoRP. Iodine-131 monitoring in sewage plant outflow. 2013;34(1):1.

6. Olmstead C, Cruz K, Stodilka R, Zabel P, Wolfson RJNmc. Quantifying public radiation exposure related to lutetium-177 octreotate therapy for the development of a safe outpatient treatment protocol. 2015;36(2):129-34.

7. Mattsson S. Introduction: The Importance of Radiation Protection in Nuclear Medicine. Radiation Protection in Nuclear Medicine: Springer; 2013. p. 1-3.

8. Picão RC, Cardoso JP, Campana EH, Nicoletti AG, Petrolini FV, Assis DM, et al. The route of antimicrobial resistance from the hospital effluent to the environment: focus on the occurrence of KPC-producing Aeromonas spp. and Enterobacteriaceae in sewage. 2013;76(1):80-5.

9. Kinahan A, Hosoda M, Kelleher K, Tsujiguchi T, Akata N, Tokonami S, et al. Assessment of radiation dose from the consumption of bottled drinking water in Japan. 2020;17(14):4992.

10. Valentin J, Boice Jr J, Clarke R, Cousins C, Gonzalez A, Lee J, et al. Published on behalf of the International Commission on Radiological Protection. 2007.

11. Vanmarcke HJAvdBvvs. UNsCEAR 2000: sources of ionizing radiation. 2002;27(2):41-65.

12. Nasr MM, Yazdanbakhsh AJJoehs, engineering. Study on wastewater treatment systems in hospitals of Iran. 2008;5(3):211-5.

13. Part NJIE. Radiation protection and safety of radiation sources International Basic Safety Standards. 2011.

14. Emmett L, Willowson K, Violet J, Shin J, Blanksby A, Lee JJJomrs. Lutetium 177 PSMA radionuclide therapy for men with prostate cancer: a review of the current literature and discussion of practical aspects of therapy. 2017;64(1):52-60.

15. Takeishi M, Hiyama Y, Mizutani T, Watanabe H, Maruo YJJoN, Sciences R. Investigation of analytical method for technetium-99 in liquid effluent discharged from Tokai reprocessing plant. 2005;6(3):265-6.

16. Bhuiyan MR, Rahman MM, Shaid A, Bashar M, Khan MAJJoCP. Scope of reusing and recycling the textile wastewater after treatment with gamma radiation. 2016;112:3063-71

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2025-03-19]