

چگونه می توان نگرانی جامعه را از بکارگیری پرتوها در پزشکی هسته‌ای تا یک سطح منطقی کاهش داد؟

دکتر علی شبستانی منفرد، دکتر مهرانگیز امیری، پروفسور جان کامرون

بخش پزشکی هسته‌ای بیمارستان شهید بهشتی دانشگاه علوم پزشکی بابل

چکیده

امروزه پزشکی هسته‌ای گام‌های سریعی را به سوی کمال برداشته است تا آنجا که در برخی از موارد یک روش تشخیصی منحصر بفرد محسوب میگردد ولیکن علیرغم فواید تشخیصی و درمانی غیرقابل انکار بدلیل پسوند «هسته‌ای» میتواند منجر به القای نگرانی در بیماران و اصولاً در جامعه گردد. این مقاله بر آن است تا با استناد به روشها و یافته‌های جدید، نشان دهد چنین نگرانی پایه علمی ندارد. در این مقاله جهت ایجاد یک نگرش واقع بینانه در رابطه با مسئله حفاظت در برابر اشعه از روشهای متعددی همچون بیان خاستگاه طبیعی پرتوها، پرتوزایی طبیعی زمینه بالا، مدل غیر خطی دز-اثر، بیان ریسک در مقابل منفعت، استفاده از واحدهای قراردادی سنجش پرتو و مفاهیم تطبیق پذیری و هورمسبیز پرتوی بهره برده شده است. امروزه اثرات سو، پرتوها بر سیستم بیولوژیک بخوبی به اثبات رسیده است ولیکن عمده شواهد موجود به پرتوگیریهایی در سطوح بسیار زیاد همچون حوادث و انفجارهای اتمی و هسته‌ای مربوط است و مبنای طرح مقررات حفاظتی در برابر پرتوها نیز عمدتاً مشاهدات و تجربیات مربوط به پرتوگیریهایی با دز بالا و تعمیم این نتایج به پرتوگیریهایی با دز پایین همچون پرتوگیریهایی پزشکی در بیماران میباشد و این مسئله میتواند موجب سرایت نگرانیهای بیماران و جامعه از حوادث و انفجارهای هسته‌ای به پرتوگیریهایی در سطوح بسیار پایین پزشکی گردد تا جائیکه همین نگرانی ممکن است منجر به مقاومت بیمار در برابر انجام یک آزمایش پزشکی با پرتو گردد حتی در مواردی که سودمندی واقعی آن غیر قابل انکار است. بنابر این آگاهی از واقعیت‌های علمی و استناد به یافته‌های جدید در این رابطه میتواند به کاهش این نگرانیها کمک کند.

واژه‌های کلیدی:

مراس از تشعشع - پزشکی هسته‌ای

تشخیص‌های قاطع پزشکی فقط بر اساس معاینات رادیوگرافیک استوار است (۲). ویژگیهای جانب توجهی از پرتوها مانند قابلیت انجام آزمایشهای غیرمخرب، دقت و آسانی آشکارسازی، قابلیت نفوذ در مواد و انجام واکنش با آنها موجب شده است که پرتوها بعنوان یک ابزار مفید در خدمت مقاصد صلح جویانه

جامعه امروز مدتهاست که نگران استفاده از انرژی تشعشعی و آلودگی محیط زیست به مواد رادیواکتیو میباشد. از طرفی ضرورت بکارگیری پرتوها و کاربرد آن در زندگی امروزی بشر در زمینه پزشکی، بیولوژی، صنعت و سایر شاخه‌های علمی انکارناپذیر است (۱). بر اساس آمارهای موجود، بیش از یک سوم تا نیمی از

می‌تواند منجر به القاء هراس از تشعشع (Radiophobia) در بیماران گردد. در صورتیکه سهم دز دریافتی جامعه از پزشکی هسته‌ای (۴٪) حتی بسیار کمتر از پرتوگیری های پزشکی با استفاده از اشعه X (۱۱٪) می‌باشد (۷). به منظور جلوگیری از ایجاد Radiophobia و استفاده مناسب از فواید تشخیصی و درمانی پرتوها دلایل متعددی شناخته شده اند که از آن میان می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- پرتوها فقط ساخته دست بشر نیستند. تشعشع یک پدیده طبیعی است و بدن ما همواره تحت تابش پرتوهای زمینه (Background Radiation) از طبیعت قرار دارد. عمده این تابشها از داخل خود بدن انسان منشاء می‌گیرند. یک فرد معمولی ۷۰ کیلوگرمی حاوی ۹ KBq رادیواکتیویته طبیعی است که عمدتاً بدلیل وجود پتاسیم ۴۰ و کربن ۱۴ در بدن می‌باشد. به عبارت دیگر در هر دقیقه نیم میلیون استحاله هسته‌ای بدلیل وجود مواد رادیواکتیو طبیعی در بدن رخ می‌دهد و در هر ساعت میلیونها سلول در بدن ما تحت تابشهای طبیعی رادیواکتیو قرار دارند (۸).

۲- در جهان مناطقی مانند Kerala در هند، Niue Island در اقیانوس آرام، رامسر در ایران و ... وجود دارند که میزان پرتوزایی طبیعی در آنها بسیار بالا (حدود ۱۳ میلی سیورت در سال در Kerala در ایالت مدرس هند و حدود ۲۴۰ میلی سیورت در رامسر در ایران) میباشد (۹ و ۱۰ و ۱۱). اگر تابشهای در سطوح بسیار پایین منجر به افزایش فراوانی سرطان بشوند، آنگاه انتظار بر این است که این مناطق فراوانی بیشتری از سرطان را نشان دهند. در صورتیکه اختلاف معنی داری در این رابطه بین مناطق با پرتوزایی طبیعی بالا و مناطق اطراف وجود ندارند و حتی گزارشهایی دال بر کاهش فراوانی سرطانها در این مناطق در مقایسه با سایر مناطق به چشم می‌خورند (۱۲ و ۱۳).

۳- گزارشهای وجود دارند که نشان می‌دهند افرادی که در معرض دزهای بسیار کم تشعشع واقع شده اند، از نظر عدم ابتلاء به سرطان و برخی شاخصهای سلامتی نسبت به افرادی که چنین دزهایی را دریافت

محبوب شوند. از سویی دیگر آزمایش‌های هسته‌ای در فاصله سالهای ۱۹۷۳-۱۹۸۵ و بروز حوادث اتمی در Three Mile Island در ایالات متحده، Goiania در برزیل و چرنوبیل در جمهوری اوکراین به نگرانیهای بشر در رابطه با بکارگیری پرتوهای هسته‌ای و رادیواکتیویته در محیط زیست دامن زده است (۳ و ۵) و تاسیس جمعینها و انجمن های مخالف استفاده از انرژی هسته‌ای مانند جمعیت صلح سبز را نیز می‌توان با این نگرانیها مرتبط دانست. امروزه اثرات سوء پرتوها بر سیستم بیولوژیک، مثلاً سرطان‌های پرتوهای، بخوبی به اثبات رسیده است ولیکن عمده شواهد موجود به پرتوگیریهایی در سطوح بسیار زیاد همچون حوادث و انفجارهای اتمی و هسته‌ای مربوط است و مبنای طرح مقررات حفاظتی در برابر پرتوها نیز عمدتاً مشاهدات و تجربیات مربوط به پرتوگیری های در سطوح زیاد (High Dose) و میان‌فکنسی (Interpolation) این نتایج به پرتوگیریهایی در سطوح پایین (Low Dose) همچون پرتوگیریهایی پزشکی در بیماران می‌باشد (۶) و این مسئله بعضاً موجب سرایت نگرانیهای بیماران از حوادث و انفجارهای هسته‌ای به پرتوگیری های در سطوح بسیار پایین پزشکی شده است تا جائیکه همین هراس از تشعشع می‌تواند منجر به مقاومت بیمار در برابر انجام یک آزمایش پزشکی با پرتو گردد، حتی در مواقعی که سودمندی واقعی آن غیر قابل انکار است. احتمالاً بیماران و وجود دارند که از انجام یک ماموگرافی ساده، بعنوان یک آزمایش غربالگری (Screening Test) که مستلزم دز تشعشعی بسیار کمی می‌باشد در هراس هستند.

امروزه پزشکی هسته‌ای (بکارگیری مواد رادیواکتیو باز در تشخیص و درمان پزشکی) گامهای سریعی را بسوی کمال برداشته است تا آنجا که در برخی از موارد یک روش تشخیصی منحصر به فرد محسوب می‌گردد. ولیکن علیرغم فواید تشخیصی و درمانی غیر قابل انکار، بدلیل پسوند «هسته‌ای»

نکرده اند از وضعیت بهتری برخوردار هستند (۱۵ و ۱۴). در این رابطه پدیده هورمیسز پرتوی قابل توجه است. هورمیسز به فرآیندهایی اطلاق میگردد که در آن دزهای کم یک عامل سمی موجب بروز آثار سودمند در سیستمهای بیولوژیک میگردد، درحالیکه دزهای زیاد از همین عامل سمی زیانبار است. ویتامینها و هورمونها مثالهایی مناسب برای این پدیده هستند که در دزهای کم مفید و در دزهای زیاد دارای اثرات توکسیک هستند. امروزه گزارشهای متعددی بر سودمندی پرتوها در دزهای کم و به بیان دیگر بر وجود هورمیسز پرتوی تاکید میکنند (۲۵ و ۲۶). مسئله جالب توجه دیگر پدیده تطبیق پذیری پرتوی است. شواهد متعددی نشان میدهند که تابش گیری در دزهای کم از طریق فعال کردن سیستم ایمنی موجب مقاوم شدن سیستمهای بیولوژیک در برابر دزهای زیاد پرتو میشوند (۲۷ و ۲۸) و این خود شاهد دیگری بر سودمندی دزهای کم پرتوها است.

۴- مدلی که تاکنون برای بیان آسیبهای تشعشع در دزهای پایین مورد استفاده قرار گرفته است بر عدم وجود یک دز آستانه برای بروز اثرات و همچنین وجود یک رابطه خطی بین دز تابشی و فراوانی آسیبها تاکید دارد (Linear Non Threshold Model) (۱۶). بر اساس این مدل مقادیر بسیار جزئی تابش نیز می‌توانند منجر به بروز اثرات سوء ناشی از تابش شوند. در حالی که گزارشهای مستدلی وجود دارند که اعتبار این مدل را بطور کلی زیر سوال می‌برند (۱۷ و ۱۸ و ۱۹).

۵- بیان ریسک در مقابل منفعت و مقایسه ریسکها نیز می‌تواند به کاهش هراس از تشعشع در بیماران کمک کند. زندگی اجتماعی، اساساً همراه با خطراتی از جمله حوادث رانندگی، سوانح هوایی و خطرات ناشی از مصرف سیگار می‌باشد. می‌توان ریسک مرگ ناشی از ابتلاء به سرطان در یک آزمایش تشخیصی یا درمانی با پرتو را در پزشکی، با ریسک مرگ ناشی از حوادث رانندگی در بزرگراهها یا خطر مصرف سیگار مقایسه کرد. به عنوان مثال بالاترین حد تابش گیری در یک

وضعیت غیر بدخیم در پزشکی هسته‌ای به درمان تیروئیدکسیکوز با ید ۱۳۱ مربوط می‌شود که مستلزم تابش گیری معادل کل بدن در حدود ۱۵۰ میلی سیورت می‌باشد. آمارها نشان می‌دهند که ریسک ابتلا به لوسمی و مرگ ناشی از آن در این حد از تابش گیری معادل مصرف ۲۲۰۰ سیگار یا ۵۳۵۷ مایل رانندگی در بزرگراهها می‌باشد. بنابراین ریسک این روش درمانی با دیگر خطرهای در زندگی روزمره قابل مقایسه است (۲۰). جدول (۱) ریسک مرگ ناشی از ابتلاء به سرطان در یک آزمایش تشخیصی یا درمانی با پرتو را در پزشکی هسته‌ای، با ریسک مرگ ناشی از حوادث رانندگی در بزرگراهها یا خطر مصرف سیگار مقایسه مینماید.

۶- پاسخ ما به یک بیمار نگران و یا همراهان او در رابطه با زیانبار بودن یا نبودن پرتو و مقدار دز دریافتی بایستی منطقی، صادقانه و قابل فهم برای بیمار باشد. بیماری که بعنوان یک فرد عادی جامعه احتمالاً اطلاعات بسیار محدودی از پرتو دارد که بعضاً علمی و صحیح نیز نیستند. قطعاً قسمت اول پاسخ ما به این بیماران این است که زیان این پرتوها در مقایسه با سود تشخیصی حاصله بسیار کم و ناچیز می‌باشد، اما پاسخ به سوال بیمار در رابطه با مقدار پرتو دریافتی و پیامدهای متعاقب آن آسان نیست زیرا بیان دز موثر دریافتی با واحدهای علمی معمول برای بیمار قابل فهم نیست. برای حل این مشکل پروفیسور جان کامرون استفاده از واحدی بنام Background Equivalent Radiation Time-BERT را پایه گذاری نموده است (۲۱). بدن ما همواره تحت تابش پرتوهای زمینه از طبیعت (پرتوهای کیهانی، رادیواکتیویته طبیعی و...) قرار دارد. BERT نشان می‌دهد که چه مدت زمان لازم است تا بدن بیمار مقدار دز پرتوی مربوط به یک آزمایش خاص را از تابش زمینه محیط طبیعی اطراف دریافت کند (۲۲). واحد BERT عمدتاً برای بیان دز دریافتی در رادیولوژی تشخیصی معرفی شده است. با استفاده از جداول دزیمتری رادیوایزوتوپیهای مورد استفاده در پزشکی هسته‌ای نیز میتوان مقادیر دز موثر

جدول ۱- مقایسه ریسک مرگ ناشی از ابتلا به سرطان در یک آزمایش تشخیصی یا درمانی در پزشکی هسته‌ای با ریسک مرگ ناشی از حوادث رانندگی یا فطر مصرف سیگار

Radiopharmaceutical	Typical Adult Dose (mci) - (MBq)	Effective Dose (mSv)	Smoking No. of Cigarettes	Driving in Highways (Km)
Tc-99m Sodium Pertechnate	10 - 370	3.9	57	223
Tc-99m MDP	20 - 740	5.4	79	308
Tc-99m DTPA	10 - 370	3	44	171
Tc-99m MAG3	10 - 370	4.4	65	251
Tc-99m Sulfur Colloid	8 - 296	4.1	60	234
Tc-99m HIDA	5 - 185	4.7	69	268
Tc-99m Sestamibi - Cardiolite	20 - 740	11.2	164	639
Tc-99m HMPAO	20 - 740	10.2	149	582
Tc-99m MAA	4 - 148	1.9	28	109
Tc-99m Pyrophosphate	15 - 555	4.1	60	234
Tc-99m RBC	20 - 740	5.4	79	308
Tl-201 Chloride	2 - 74	26	380	1482
I-131 Sodium Iodohippurate	0.35 - 13	1.3	19	74
Kr-81m Gas	10 - 370	9.8×10^{-3}	Less than one	0.5
Co-57 B12	0.001 - 0.037	0.16	3	10
I-123 Sodium Iodide	0.4 - 14.8	1.8	27	103
Cr-51 RBC	0.15 - 5.6	0.92	14	53

برای آزمایشات روتین پزشکی هسته‌ای را بدست آورده و بر اساس واحد BERT محاسبه نمود. این محاسبه بر اساس میزان معمول اکتیویته لازم برای یک

بیمار معمولی بالغ انجام می گیرد. جدول (۲) مقادیر BERT محاسبه شده در پزشکی هسته‌ای را نشان می دهد (۲۳ و ۲۴).

جدول ۲- مقادیر BERT مناسبه شده در پزشکی هسته‌ای

Radiopharmaceutical	Typical Adult Dose (mci) - (MBq)	Effective Dose (mSv)	BERT Typical time to get same dose from nature
Tc-99m Sodium Pertechnate	10 - 370	3.9	1.3 year
Tc-99m MDP	20 - 740	5.4	1.8 year
Tc-99m DTPA	10 - 370	3	1 year
Tc-99m MAG3	10 - 370	4.4	1.5 year
Tc-99m Sulfur Colloid	8 - 296	4.1	1.4 year
Tc-99m HIDA	5 - 185	4.7	1.6 year
Tc-99m Sestamibi - Cardiolite	20 - 740	11.2	3.7 year
Tc-99m HMPAO	20 - 740	10.2	3.4 year
Tc-99m MAA	4 - 148	1.9	7.6 months
Tc-99m Pyrophosphate	15 - 555	4.1	1.4 year
Tc-99m RBC	20 - 740	5.4	1.8 year
Tl-201 Chloride	2 - 74	26	8.7 year
I-131 Sodium Iodohippurate	0.35 - 13	1.3	5.2 months
Kr-81m Gas	10 - 370	9.8×10^{-3}	1.3 days
Co-57 B12	0.001 - 0.037	0.16	2.7 weeks
I-123 Sodium Iodide	0.4 - 14.8	1.8	7.2 months
Cr-51 RBC	0.15 - 5.6	0.92	3.7 months

داریم، ولی آگاهی از واقعیت‌های علمی و استناد به یافته‌های جدید در این رابطه می‌تواند به کاهش نگرانی‌های جامعه در رابطه با بکارگیری پرتوها در پزشکی هسته‌ای و اصولاً تمامی روش‌های تشخیصی و درمانی در پرتوپزشکی تا یک سطح منطقی کمک کند.

به هر حال پزشکی هسته‌ای سهم کمی را در دریافتی جامعه داراست، ولیکن عمدتاً بدلیل وجود پسوندهای «هسته‌ای» می‌تواند موجب Radiophobia در بیماران گردد. اگرچه بعنوان متخصصین فیزیک پزشکی و پزشکی هسته‌ای سعی در رعایت فلسفه هرچه کمتر مواجه‌شدنی As Low As Reasonably Achievable-ALARA

منابع

- 1) Alexander P . Atomic radiation and life. Baltimore, Penguin books, 1965.
- ۲) نجم آبادی فریدون، فیزیک تشعشع و رادیولوژی، تهران، دانشگاه تهران، ۱۳۶۴، فصل یازدهم - صفحه ۴۱۵
- 3) Health consequences of the chernobyl accident. Results of the IPHECA pilot projects and related national programmes. Summary report. World Health Organization, Geneva, 1995.
- 4) Ilyin LA. Chernobyl: Myth and Reality, Megapolis, Moscow, 1995.
- 5) Chernobyl- Ten years on radiological and health impact, Nuclear energy agency, Organization for economic co-operation and development, Paris, 1996.
- 6) Radiological protection and safety in medicine. A report of the International Commission on Radiological Protection. Ann. ICRP 1997 ; 27(2):61
- 7) Bushberg JT. The essential physics of medical imaging, Baltimore-Maryland , 1994.
- 8) Cameron JR. Are X-rays safe ? Medical physics world, December 1999; 15:2.
- 9) Sources and effects of ionizing radiation, UNSCEAR. New york, 1993.
- 10) Sohrabi M. Durrani SA. In high levels of natural radiation, eds. International atomic energy authority, Vienna , Austria, 1990.
- 11) Kesavan PC., Wei L., Suguhara T., Tao Z. In high levels of natural radiation eds. Elsevier. Amsterdam, 1996.
- 12) Fremlin JH. Power production: What are the risks? 2nd ed. Bristol UK. Adam hilger, 1989.
- 13) Kondo S, Kinki UP. Health effects of low level radiation, Lecture in Osaka, Japan, 1993.
- 14) Feinendegen LE., Bond VP., Sonhaus CA. Low radiation may protect against cancer. Physics and society news, In press, 1989.
- 15) Matanoski GM. Health effects of low-level radiation in shipyard workers, Final report, Baltimore, MD, DOE DE-AC02-79 EV 10095, 1991.
- 16) Taylor LS. Proc., International Congress of the International Radiation Protection Association, Israel Health Physics Society, Jerusalem, 1980.
- 17) Nussbaum RH, The linear no threshold model; is it still valid for the prediction of dose effects and risks from low level radiation exposure? Proceeding of a conference to honor Victor Bond in his 75 th year, Nov. 1994. Health Physics, 1996 Jun; 70(6):775-882 .
- 18) Nussbaum RH. The Linear No Threshold Dose-Effect Relation: Is it relevant to radiation protection regulation? Med. Phys. 1998, Mar; 25(3): 291-299 .
- 19) Sankaranarayanan K. Lecture presented at 46 th session of United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 18 June 1997.

- 20) BEIR Committee Report: The effects on populations of exposure to low levels of ionising radiations. National Academy of Science/National Research Council, Washington, DC, 1972.
- 21) Cameron JR. A radiation unit for the public. *Physics and society news* 1991; 20:2.
- 22) Cameron JR. How to explain X-ray exposure to your patient (30 min. video). Medical Physics publishing, Madison WI, 1993.
- 23) Monfared A.SH, Amiri M, and Cameron J.R. Reducing radiophobia in nuclear medicine patients. In the Proceeding of the 2nd International Conference of The Effects of Low & Very Low Doses of Ionizing Radiation on Human Health, Dublin, Ireland, 2001.
- 24) Monfared A.SH, Amiri M, and Cameron J.R. Use of BERT to reduce radiophobia in nuclear medicine patients. In the Proceeding of the First Iranian Nuclear Medicine Conference, Tabriz, Iran, 2000.
- 25) Calabrese, -E-J; Baldwin, -L-A, Radiation hormesis: its historical foundations as a biological hypothesis. *Hum-Exp-Toxicol.* Jan 2000; 19(1): 41-75.
- 26) Jaworowski, Z. Beneficial effects of radiation and regulatory policy. *Australas.Phys.Eng.Sci.Med.*, 1997; 20(3):125-138.
- 27) Ikushima-T. Radioadaptive response: responses to the five questions. *Hum-Exp-Toxicol.* 1999; 18(7): 433-5.
- 28) Monfared A.SH, Mozdarani H, and Amiri M. Natural background radiation induces cytogenetic radioadaptive response more effectively than occupational exposure in human peripheral blood lymphocytes. In the Proceeding of the 14th Radiochemical Conference, Marianske Lazne, Czech Republic, 2002.