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 «هسته ای» میتواند منجر به القا، نگرانی در بیماران و اصولا 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 درمقابل منفعت،استفاده از واحدهای قراردادی سنجش پرتو و مفاهیم تطبیق پذیری و هورمسیز پرتوی بهره برده شده است. امروزه اثرات سو، پرتوها بر سیستم بیولژیک بخوبی به اثبات رسیده است ولیکن عمده شواهد موجود به پرتوگیریهای در سطوح بسیار زیاد همچون حوادث و انفجارهای اتمی و هسته‌ای مربوط است و مبنای طرح مقررات حفاظتی در برابر پرتوها نیز عمدتا مشاهدات و تجربیات مربوط به پرتوگیریهای با دز بالا و تعمیم این نتایج به پرتوگیریهای با دز پایین همچون پرتوگیریهای پزشکی در بیماران میباشد و این مسئله میتواند موجب سرایت نگرانیهای بیماران و جامعه از حوادث و انفجارهای هسته‌ای به پرتوگیریهای در سطوح بسیار پایین پزشکی گردد تا جائیکه همین نگرانی ممکن است منجر به مقاومت بیمار در برابر انجام یک آزمایش پزشکی با پرتو گرددحتی 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:

هراس از تشعشع - پزشکی هسته ای

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، بیولژی، صنعت و سایر شاخه‌های علمی انکارناپذیر است(۱). بر اساس آمارهای موجود، بیش از یک سوم تا نیمی از تشخیصهای قاطع پزشکی فقط بر اساس معاینات رادیوگرافیک استوار است(۲).ویژگیهای جالب 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

محسوب شوند. از سویی دیگر آزمایش سلاحهای هسته‌ای در فاصله سالهای ۱۹۷۳-۱۹٤٥ و بروز حوادث اتمی در Three Mile Islandدر ایالات متحده، Goiania در برزیل و چرنوبیل در جمهوری اکراین به نگرانیهای بشر در رابطه با بکارگیری پرتوهای هسته‌ای و رادیواکتیویته در محیط زیست دامن زده است(۳و٤و٥) وتاسیس جمعیتهاوانجمن های مخالف استفاده ازانرژی هسته‌ای مانند جمعیت صلح سبز را نیز می توان با این نگرانیها مرتبط دانست. امروزه اثرات سوء پرتوها بر سیستم بیولژیک، مثلاً سرطان زایی پرتوها، بخوبی به اثبات رسیده است ولیکن عمده شواهد موجود به پرتوگیریهای 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 میان فکنی (Interpolation) این نتایج به پرتوگیریهای در سطوح پایین (Low Dose) همچون پرتوگیریهای پزشکی در بیماران می باشد(٦) 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 می تواند 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 بیمارانی وجود دارند که از انجام یک ماموگرافی ساده، بعنوان یک آزمایش غربالگری (Screening Test) که مستلزم دز تشعشعی بسیار کمی می باشد 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 می گردد.ولیکن علیرغم فواید تشخیصی و درمانی غیر قابل انکار، بدلیل پسوند «هسته‌ای» می‌تواند منجر به القاء هراس از تشعشع (Radiophobia) در بیماران گردد. در صورتیکه سهم دز دریافتی جامعه از پزشکی هسته‌ای (٤٪) حتی بسیار کمتر از پرتوگیری های پزشکی با استفاده از اشعهX (۱۱٪) می باشد(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 می توان 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 می گیرند.یک فرد معمولی ۷۰ کیلوگرمی حاوی KBq ۹ رادیواکتیویته طبیعی است که عمدتا بدلیل وجود پتاسیم ٤۰ و کربن ۱٤ در بدن می باشد.به عبارت دیگر در هر دقیقه نیم میلیون استحاله هسته‌ای بدلیل وجود مواد رادیواکتیو طبیعی در بدن رخ می دهد 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 Keralaدر ایالت مدرس هند و حدود ۲٤۰ میلی سیورت در رامسر در ایران) میباشد(۹و۱۰و۱۱).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 دراین رابطه بین مناطق با پرتوزایی طبیعی بالا ومناطق اطراف وجودندارند و حتی گزارشهایی دال برکاهش فراوانی سرطانها دراین مناطق درمقایسه با سایرمناطق به چشم می خورند (۱۲و۱۳).

۳- گزارشهای وجود دارندکه نشان می دهند افرادی که درمعرض دزهای بسیارکم تشعشع واقع شده اند، از نظر عدم ابتلاء به سرطان و برخی شاخصهای سلامتی نسبت به افرادی که چنین دزهایی را دریافت

نکرده اند از وضعیت بهتری برخوردار هستند(۱٤و۱۵). در این رابطه پدیده هورمسیز پرتوی قابل توجه است.هورمسیز به فرآیندهایی اطلاق میگردد که در آن دزهای کم یک عامل سمی موجب بروز آثار سودمند در سیستمهای بیولژیک 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 وبه بیان دیگر بر وجود هورمسیز پرتوی تاکید میکنند(۲۵و۲٦). 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 بیولژیک در برابر دزهای زیاد پرتو میشوند(۲۷و۲۸) و این خود شاهد دیگری بر سودمندی دزهای کم پرتوها است.

٤- 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) (۱٦). بر اساس این مدل مقادیر بسیار جزئی تابش نیز می توانند منجر به بروز اثرات سوء ناشی از تابش شوند.در حالیکه گزارشهای مستدلی وجود دارند که اعتبار این مدل را بطور کلی زیر سوال می برند(۱۷و۱۸ و۱۹).

۵- بیان ریسک در مقابل منفعت و مقایسه ریسکها نیز می تواند به کاهش هراس از تشعشع در بیماران کمک کند.زندگی اجتماعی،اساسا همراه با خطراتی از جمله حوادث رانندگی، سوانح هوایی و خطرات ناشی از مصرف سیگار می باشد.می توان 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 تیروتوکسیکوز با ید ۱۳۱ مربوط می شود که مستلزم تابش گیری معادل کل بدن در حدود ۱۵۰ میلی سیورت می باشد.آمارها نشان می دهند که ریسک ابتلا به لوسمی و مرگ ناشی ازآن در این حد از تابش گیری معادل مصرف ۲۲۰۰ سیگار یا ۵۳۵۷ مایل رانندگی در بزرگراهها می باشد.بنابراین ریسک این روش درمانی با دیگرخطرها 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 هسته ای، با ریسک مرگ ناشی از حوادث رانندگی در بزرگراهها یا خطر مصرف سیگار مقایسه مینماید.

٦- 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 پرتودارد که بعضا 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 می باشد، 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 پروفسور 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 می دهد 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 رادیوایزوتوپهای مورد استفاده در پزشکی هسته‌ای نیز میتوان مقادیر در موثر

جدول ۱ـ 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 خطر مصرف سیگار

Radiopharmaceutical	Typical Adult Dose (mci) - (MBq)	Effective Dose (mSv)	Smoking No. of Cigarettes	Driving in Highways (Km)
Tc-99m Sodium Pertechnatate	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 (۲۳و۲٤).

جدول ۲ـ مقادیر BERT محاسبه 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 Pertechnatate	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	$9.8_4 10^{-3}$	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

به هر حال پزشکی هسته‌ای سهم کمی را در دز دریافتی جامعه داراست. ولیکن عمدتاً بدلیل وجود پسوند «هسته‌ای» می تواند موجب Radiophobia در بیماران گردد. اگرچه بعنوان متخصصین فیزیک پزشکی و پزشکی هسته‌ای سعی در رعایت فلسفه هرچه کمتر موجه‌شدنی As Low As Reasonably Achivable-ALARA داریم، ولی آگاهی از واقعیتهای علمی و استناد به یافته‌های جدید در این رابطه میتواند به کاهش نگرانیهای جامعه در رابطه با بکارگیری پرتوها درپزشکی هسته‌ای و اصولا تمامی روشهای تشخیصی و درمانی در پرتوپزشکی تا یک سطح منطقی کمک کند.

منابع

1) Alexander P . Atomic radiation and life. Baltimore, Penguin books,1965.

۲) نجم آبادی فریدون، فیزیک تشعشع و رادیولژی، تهران، دانشگاه تهران، ۱۳٦٤، فصل یازدهم – صفحه ٤١٥

3) Health consequences of the chernobyl accident.Results of the IPHECA pilot projects and related national programes. 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 Asssociation, 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.

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.

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