نشریه علمی سازمان انرژی اتمی
شماره ۴۰، تابستان ۱۳۶۳، ص ۲۲-۳۵

برآورد دز موثر ژنتیکی ناشی از آزمایشهای رادیولوژی تشخیصی در جمهوری اسلامی ایران*

مصطفی سهرابپور
مرکز تابش گاما
نزهت پیدای ساحلی، پروین زرساو و داود رضا اسماعیلی
مرکز تحقیقات هسته‌ای
سازمان انرژی اتمی

چکیده ــ در این مقاله دز موثر ژنتیکی ناشی از آزمایشهای رادیولوژی تشخیصی برآورد شده است. توزیع گروه سنی و جنسیت بر مبنای آمارگیری از ۱۳,۱۰۰ بیمار صورت گرفته است. دز بیشتری روی بیماران و همچنین روی یک آدمک معادل انسان صورت پذیرفته است. فاکتور تعداد فرزند محتمل برای گروههای سنی و جنسی مختلف از میزان آمار باروری و مرگ و میر سرشماری کشور تخمین زده شده است. مقدار عددی دز موثر ژنتیکی برای آزمایشات رادیولوژی تشخیصی به جمعیت ایران بالغ بر ۹/۲۵ میلی‌رم (۹۲/۵ میکروسیورت μSv) در سال ۱۳۵۹ برآورد شده است.

مقدمه

منابع مختلف پرتوهای یونساز که بطور مستقیم و یا غیرمستقیم یونسازی می‌کنند در پرتوگیری یک جمعیت مشارکت دارند. این منابع به دو گروه کلی پرتوهای طبیعی (شامل پرتوهای کیهانی و محیطی) و پرتوهای منابع ساخت بشر (شامل ریزشهای ناشی از انفجارات هسته‌ای، نیروگاههای هسته‌ای، و کاربردهای مختلف پرتوها) تقسیم می‌شوند. مقالات متعددی جنبه های مختلف و حدود این منابع پرتوهای یونسازرا در کشورها و نقاط مختلف جهان بررسی کرده‌اند. کمیته علمی اثرات پرتوهای اتمی سازمان ملل UNSCEAR مجموعه‌ای وسیع شامل جزئیات و نتایج این گزارشات را گردآوری نموده است (۱).

مشخصا" UNSCEAR پارامترهای مختلف را تعریف نموده و با ذکر حدود پرتوگیریها لیست ماخذ اولیه را برای پرتوگیریهای محیطی، پزشکی، حرفه‌ای، و دیگر منابع پرتوهای یونسازرا در جلد اول ارائه نموده است. در جلد دوم همین منبع اثرات پرتوها روی مجموعه ژنی، عکس العمل تدافعی بدن، شروع نئوپلاسم‌ها و سرطان ها تشریح شده است.

---

* این مقاله براساس گزارشی که تحت عنوان

"Estimation of the Genetically Significant Dose from Diagnostic X-Ray Procedures in the Islamic Republic of Iran".

توسط نویسندگان در نشریه Health Physics شماره ۱ جلد ۵۴ در ژوئیه ۱۹۸۳ بچاپ رسیده تهیه و تنظیم شده است.

مراجع جهانی شامل کمیسیون بین المللی حفاظت رادیولوژیکی ICRP (۲)، UNSCEAR (۳)، کمیته‌اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونسازمربوطه‌به‌آکادمی ملی علوم آمریکا BEIR III (۴) همچنین طی گزارشهائی اثرات پرتوهای کم مقدار و با ضریب انتقال خطی پائین را بررسی نموده‌اند. دراین گزارشهانکاتی نیزدرمورد مقداراثرات دزهای پائین پرتوهاروی جمعیت هاآورده‌شده‌است. BEIR III شکل اثرات سرطان زائی پرتوها برحسب دزرا برای پرتوهای باضریب انتقال انرژی خطی پائین یک تابع خطی ـ درجه‌دوبرای دزهای پائین تامتوسط پیش بینی نموده‌است. ولی‌شکل منحنی‌اثرات پرتوهاکه‌بر مبنای پرتوگیری جوامع شهرهای هیروشیما وناکازاکی دربمبارانهای هسته‌ای جنگ دوم‌جهانی صورت گرفته‌بعلت تغییرات واصلاحاتی درمحاسبات دزهای مربوطه‌بنظرمیرسدکمبیشتربحالت خطی‌غیرآستانه‌ای میل پیداکرده‌است (۵).

اثرات پرتوهاروی انسان بطورکلی بدودسته‌اثرات جسمی(Somatic)واثرات ژنتیکی(Genetic) تقسیم‌بندی می‌شوند. کماولی مربوط‌می‌شود به‌نمودهای سرطانی نسجهای مختلف بدن‌تحت تاثیرپرتوها ودراین رابطه‌سرطانهای پستان، ریه، غده‌تیروئید، استخوان، خون وغیره رامی‌توان بعنوان مثالهائی ازاثرات جسمانی پرتوهادرنظر گرفت وبرای هریک ICRP (۶) مقدارکمی ویافاکتورریسکی پیشنهادکرده است. ماخذ بالا برآوردهائی ازمرگ ومیرهای ناشی ازاثرات جسمی پرتوهای باضریب انتقال انرژی‌خطی پائین عرضه‌نموده‌اندکه خلاصه‌ای ازاین برآوردهادرجدول ۱ ارائه‌شده‌است.

جدول ۱ـ میزان تلفات احتمالی‌ناشی‌ازسرطان برحسب میلیون فرد ـ رم

گزارش کمیته	مرگ ناشی ازسرطان / میلیون‌فرد ـ رم
(۴) BEIR III	۷۵ ـ ۲۳۰
(۲) ICRP	۱۲۵
(۳) UNSCEAR	۱۰۰

اثرات ژنتیکی پرتوهای یونسازبرروی انسان، درمقایسه‌بااثرات جسمی برای افرادپرتودیده حائز اهمیت نبوده، بلکه‌برای فرزندان آنان دارای اهمیت می‌باشد. تغییرات ژنتیکی معمولا "به‌ناهنجاریهای کروموزمی ویاموتاسیونهای ژنی درسلولهای زایا (Germ Cells)اطلاق می‌شوند. کماولی تغییرات کروموزمی ازقبیل شکستگیها، اتصالهای کروموزمی نامربوط (Translocation) وافزایش‌ویاکاهش قطعات ویاحتی یک کروموزم کامل رادریک سلول دربرمی‌گیرد. این تغییرات معمولا" درسطح‌میکروسکوپی قابل رویت می‌باشند. بنظرمیرسد که یک دزآستانه‌ای برای بوجودآوردن تغییرات کروموزمی موردنیاز باشد (۷). موتاسیونهای ژنی ویانقطه‌ای، ازطرف دیگر، دربرگیرنده‌تغییرات درتک تک ژن‌های موجود دریک کروموزم می‌باشد. ژن‌ها درسطح میکروسکوپی قابل رویت نیستند واعتقاد براین است کساختمان این مواداولیه ژنتیکی، دی اکسی ریبونوکلئیک اسید (DNA) ممکنست حتی براثریک برخورد تغییرپیدا کردمویاضایعه‌ای رامتحمل شود (۷). اثرات کمی ژنتیکی توسط روش‌دز دوبرابرکننده (مقدارمتعادل

جدول ۲ـ میزان ضایعات احتمالی ژنتیکی برحسب 10^6 تولدبازاءهررم پرتوگیری درطول عمر

گـــزارش کمیتـــــه	اولین نسل پس از پرتوگیری	حالت تعادل پس از چندین نسل پرتوگیری
(۴)* BEIR III	۲ـ۳۰	۲۴ـ۴۴۰
(۲)** ICRP	۲۰	۸۰
(۳) UNSCEAR	۲۵	۷۴

* اعداد اولیـه BEIR و UNSCEAR براساس پرتوگیری والدین قبل ازباروری بمیزان یک رم مطورشده وبمنظور برگرداندن آن به rem ـ درطول عمردرعدد ۰/۴ ضرب شده است .

** اعدادبراساس برآورد ۴۰ درسل اول ودوم توسط ICRP برون یابی شده‌است .

بعدازپرتوگیری چندین نسل) ویاروش مستقیم (مقادیرلازم بعد ازپرتوگیری اولیـن نسل) درمنابع ذکر شده‌دربالا توسط ساندرز (۸) ، درجدول ۲ جمع‌آوری شده‌است .

بعلت ماهیت افزایشی دزهای داده‌شده بیک مجموعه ژنتیکی وحساسیت نسبی آنهابرآورددز خالص ومیانگین بمجموعه ژنتیکی یک جمعیت ناشی‌ازمنابع پرتودهی ساخت بشرمناسب تشخیص داده‌می‌شود . چنین تخمین هائی معمولا" برای مقایسه‌ریسکهای ناشی‌ازمنابع‌مختلف وهمچنین تعیین تعدادکل‌ضایعات (تولید موتاسیونها) در یک جمعیت بکارمی‌رود . یکـی ازمهمترین عوامل درطبقه منابع ساخت بشر پرتوگیریهای مردم‌ناشی ازآزمایشهای تشخیصی پرتوایکس برای مصارف پزشکی می‌باشد . تعیین دزموثـر ژنتیکی(GSD) ناشی ازاین منبع‌موضوع بحث بسیاری ازبررسیهاانجام‌شده‌درکشورهای مختلف می‌باشد . گزارشات UNSCEAR (۱ و ۳) این بررسیها رابازبینی وخلاصه‌کرده‌است . دراین مقاله ، مانتایج‌اولین مطالعه ازاین نوع راکه‌درایران انجام یافته‌است گزارش می‌کنیم .

۱ـ دزموثر ژنتیکـی

دزموثرسالیانه ژنتیکی GSD به‌یک جمعیت برمبنای دزمتوسط به‌اندامهای تناسلی‌افرادتعریف شده‌و درهرمورد برحسب تعداد فرزندان محتمل بعداز پرتوگیری هرفرد ، بارم بندی می‌شود . بعبارت دیـگر حاصلضرب GSD وتعدادافرادیک جمعیت انتظارمی‌رودکه همان ضایعاتی راکه‌یک مجموعه ژنتیکی یک جمعیت درپرتوگیریهای واقعی تک تک افرادخودباآن مواجه می‌شود تولید نماید . بابیان ریاضی ، GSD رامی‌توان درمعادله زیرخلاصه نمود :

$$GSD = \frac{\sum_k \sum_j \sum_i N_{ijk} D_{ijk} P_{ij}}{\sum_j \sum_i N_{ij} P_{ij}}$$

دراین معادله N_{ijk} عبارتست ازتعداد افراد باجنسیت i ،گروه سنی j ونـوع پرتوگیری k ، $N_{ij;k}$ عبارتست ازتعدادافرادباجنسیت i ، گروهسنی j ، $D_{ijk;}$ عبارتست ازمیانگین دزگوناد بهافراد بـا جنسیت i ، گروهسنی j ، ونوع پرتوگیری k ، $P_{ij;k}$ معادل تعداد فرزندان متوسط ومحتمل که بعـداز پرتوگیری توسط افرادباجنسیت i وگروهسنی j بوجودمی‌آیند. اندیس‌های جنسیت (i =۱,۲) به ترتیب بهافرادذکوروواناث مربوط می‌شوند. اندیس‌های پرتودهی (k = ۱,۲,۳,۰۰۰) بهروشهـای مشخص رادیولوژی تشخیصی اطلاق می‌شوند.

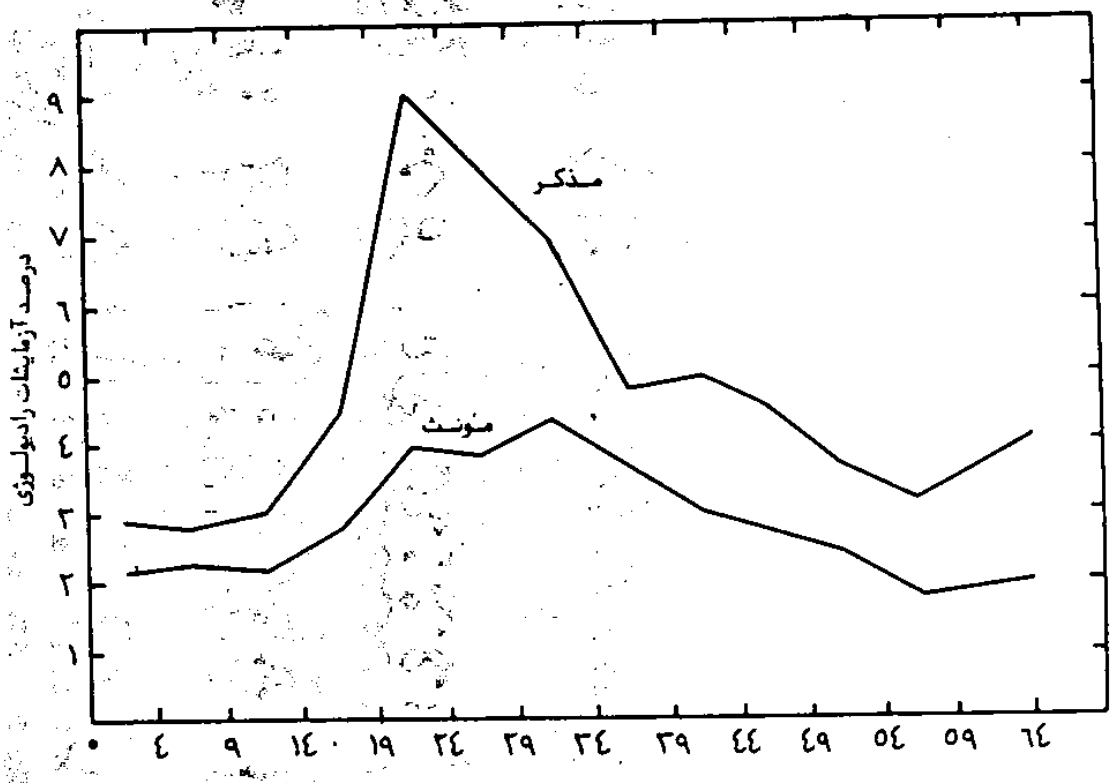
۲ـ اطلاعـات آماری وپارامتـری

چهارگونه‌اطلاعات آماری وپارامتری جهت استفادهومحاسبه GSD درایران گردآوری شده‌اندکـه عبارتنداز:

۱ـ توزیع انواع آزمایشهای رادیولوژی وگروههای سنی وجنسیت بیماران
۲ـ پارامترهای فیزیکی آزمایشهای رادیولوژی
۳ـ دزیمتری
۴ـ اطلاعات آماری وسرشماری

۱ـ۲ـ توزیع انواع آزمایشهای رادیولوژی وگروههای سنی وجنسیت بیماران

توزیع جنسیت وگروههای سنی بیماران وهمچنین انواع آزمایشهای رادیولوژی باارسال پرسشنامه‌به حدودپانصد مرکزرادیولوژی درسراسر کشورکه‌دردونوبت درسالهای ۱۳۵۸ و ۱۳۵۹ انجام‌شدبدست آمده است. پرسشنامه‌ها بشکل ماتریسی تهیه‌شده‌بودند که‌ردیفها و ستونهای آن به‌ترتیب انواع آزمایـشهای رادیولوژی ومجموعه جنسیت وگروههای سنی رادربرمی‌گرفتند. ازتکمیل کنندگان پرسشنامه‌خواسته شده بود که‌فرمها رابرای یک هفته کاری معمولی پرکردهو عودت دهند. بعلت دز پائین ناشی ازعکسبرداری دندان به GSD وتعداد کم‌واحدهای فلورسکوپی وشرایط متغییرآزمایشهای مربوطه اینگونه آزمایشهـای اخیردرپرسشنامه‌هامنظورنگردیدند. بازتاب ارسال باراول پرسشنامه‌هانسبت به‌مناطق جغرافیائی‌مختلف یکنواخت نبود. باین جهت همان پرسشنامه‌ها موکدا "برای مناطقی که‌کمبـود نمونه برمبنای نمونه‌گیری قبلی داشتند ارسال شدند. مجموعه دونمونه‌گیری ازارسال باراول ودوم پرسشنامه‌هانمونه‌آماری جدیدو یاتوزیع نسبتا " متناسبی رابرای استانهای مختلف کشورونسبت به‌تعدادجمعیت آنهاعرضه‌نمودند. این نمونه مجموعه شامل شصت ونه پرسشنامه تکمیل شده‌بود. تعداد بیماران پذیرفته‌شده توسط‌این مراکـز رادیولوژی ظرف یک هفته بالغ بر ۱۳,۱۰۰ نفربوده‌است. نتایج این نمونه‌گیری کهازاین پرسشنامه ها استخراج وخلاصه‌شده‌اند درجدول ۳ وشکل ۱ ارائه‌شده‌اند. جدول ۳ توزیع روشهای رادیولوژی وشکل ۱ توزیع جنسیت وگروه سنی بیماران رادیولوژی رادرایـران درسال ۱۳۵۹ دربـرمی‌گیرند. سـن بیماران رادیولوژی تقریبا " یک توزیع طبیعی داشته که‌به‌ترتیب دارای میانه‌ومتوسط ۳۰ و ۳۲ سال می‌باشد.



شکل ۱ــ توزیع آزمایشات رادیولوژی تشخیصی بعنوان تابعی ازگرومسنی وجنسیت بیماران

۲ــ۲ــ پارامترهای فیزیکی آزمایشهای رادیولوژی

پارامترهای فیزیکی مورداستفادهدرانجام آزمایشهای رادیولوژی نیزطی پرسشنامه دیگری که همراهبا پرسشنامه اول به مراکز رادیولوژی ارسال شد کسب گردید. پرسشنامه دوم حاوی لیست متداولترین آزمایشهای رادیولوژی بود. برای هرآزمایش رادیولوژی اطلاعات زیردرخواست گردید: نام سازنده دستگاهمولد پرتوایکس مورداستفاده، پارامترهای عملی سیستم شامل کیلوولت، میلی آمپرثانیه، تعداد فیلم موردمصرف درهرآزمایش، نحوه قرارگیری بدن نسبت بهپرتو (قدامی ــ خلفی، خلفی ــ قدامی، پهلو وغیره)، فاصلهکانون لامپ پرتوایکس تاسطح میزآزمایش (FTD)، واندازهمیدان پرتووصافی. پاسخگوئی بهاین پرسشنامهبمراتب بهترازپرسشنامهاول بودودرمجموع ۱۲۴ واحدرادیولوژیپرسشنامههای تکمیل شدهراعودت دادندودر نتیجه مقادیر معرفی ازاین نمونهگیری درمورد پارامترهای فیزیکی عملی مورداستفاده درآزمایشهای واحدهای مختلف رادیولوژی درسطح کشورعاید گردید. جدول ۴ مقادیر میانگین پارامترهای دستگاههای پرتوایکس راکه دراین نمونهگیری بدست آمدهنشان میدهد. یک نمونهگیری ازمیزان پرتوخروجی تعدادی ازدستگاههای پرتوایکس کهبطورکاتورهای (Random) انتخاب شدهبودند نیزتوسط دزیمتری قلمی ودرشرایط ثابت اندازهگیری بعمل آمد. پرتوخروجی ماشین هائی که برای انجام دزیمتری گونادانتخاب شدند دارای حداکثریک استاندارد انحراف نسبت به میانگین اندازهگیری شدهنتایج نمونهگیری بودند.

جدول ۳ــ توزیع آزمایشهای رادیولوژی تشخیصی درایران درسال ۱۳۵۹

نوع آزمایش	مذکر درصد	مونث درصد	روش درصد
سر	۶/۲۹	۳/۶۶	۹/۹۵
ستون فقرات گردنی	۱/۷۳	۱/۵۴	۳/۲۷
ستون فقرات پشتی	۱/۳۰	۰/۶۶	۱/۹۶
ستون فقرات کمری	۳/۳۰	۱/۵۳	۴/۸۳
قفسه سینه (دنده‌ها)	۲/۶۸	۱/۷۰	۴/۳۸
قفسه سینه (شانه)	۳/۴۸	۱/۷۵	۵/۲۳
لگن	۱/۹۵	۱/۱۲	۳/۰۷
استخوان ران	۲/۴۲	۰/۹۴	۳/۳۶
رحم ولوله های آن	ــــ	۰/۷۱	۰/۷۱
سینه	۱۴/۶۱	۱۰/۵۵	۲۵/۱۶
شکم	۴/۳۵	۲/۷۲	۷/۰۷
کیسه صفرا	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۹۹
مری ــ معده ــ اثنی عشر	۱/۲۵	۰/۶۵	۱/۹۰
روده کوچک	۰/۴۰	۰/۲۱	۰/۶۱
کلیه ــ میزنای ــ مثانه	۲/۷۳	۱/۰۸	۳/۸۱
کلیه بامادەحاجب	۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۱۷
مجاری ادرار ومثانه	۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۱۷
کمری ــ خاجی	۲/۴۹	۱/۹۰	۴/۳۹
روده بزرگ	۱/۸۱	۱/۲۸	۳/۰۹
بازو و دست	۵/۲۵	۲/۱۵	۷/۴۰
ساق و کف پا	۶/۰۰	۲/۴۱	۸/۴۱
بقیه اعضاء	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۷
جمع	۶۲/۸۷	۳۷/۱۳	۱۰۰/۰۰

جدول ۴ــ میانگین مقادیرویاپارامترهای فیزیکی استفادهشدهدردستگاههای اشعهایکس برای انجام آزمایشات رادیولوژی درایران .

نوع آزمایش	کیلو وات KV		میلی آمپر ثانیه MAS		فاصلهکانون تاسطح میز	تعدادفیلم*	اندازهمیدان پرتو (CM^2)
	AP (PA)	LAT	AP (PA)	LAT	FTD		
سر	۷۰	۷۰	۷۴	۸۰	۱۰۰	۲	۷۲۰
ستون فقرات گردنی	۶۶	۶۵	۵۱	۳۲	"	۲	۵۷۲
ستون فقرات پشتی	۷۳	۷۰	۸۵	۹۴	"	۲	۱۲۰۰
ستون فقرات کمری	۷۸	۸۶	۱۰۴	۱۰۴	"	۲	۱۰۵۰
قفسهسینه (دندهها)	۶۸	—	۷۰	—	"	۱	۱۲۲۵
قفسه سینه (شانه)	۶۵	—	۴۹	—	"	۱	۸۷۸
لگن	۷۳	—	۷۷	—	"	۱	۱۳۵۰
استخوان ران	۶۶	—	۳۲	—	"	۱	۱۲۰۰
رحم ولوله های آن	۷۰	—	۸۳	—	"	۳/۶	۷۲۰
سینه	(۶۷)	—	(۲۲)	—	۱۵۰	۱	۱۲۲۵
شکم	۷۴	—	۸۹	—	۱۰۰	۱	۱۴۷۰
کیسه صفرا	۷۶	۷۸	۹۳	۹۳	"	۳	۷۲۰
مری ــ معده ــ اثنی عشر	۸۰	۸۷	۶۷	۶۷		۴/۴	۷۲۰
روده کوچک	۷۹	—	۸۵	—	"	۴/۵	۱۰۷۷
کلیه ــ میزنای ــ مثانه	۷۲	—	۹۸	—	"	۴/۲۵	۱۲۹۶
کلیه باماده حاجب	۷۱	—	۱۰۱	—	"	۳/۲۵	۱۲۰۰
مجاری ادراروهثانه	۷۰	۷۳	۹۴	۱۴۵	"	۲/۸۰	۷۲۰
کمری ــ خاجی	۸۶	۸۵	۱۰۰	۱۸۰	"	۲	۱۰۸۲
روده بزرگ	۸۷	۸۵	۸۶	۲۰۰	"	۳/۷۰	۱۲۲۵
بازو و دست	۵۱	۵۱	۱۷	۱۷	"	۱/۵۰	۷۲۰
ساق وکف پا	۵۵	۵۵	۲۱	۲۱	"	۱/۴۰	۱۲۰۰

ــ برای روشهای بالا بطورمتوسط یک میلیمترآلومینیوم بعنوان صافی اضافی گزارش شدهاست .

* ــ تعدادفیلم بمعنوسط فیلمهائی کهدرهرروش رادیوگرافی بکاررفتهعطف میشود .

۳ـ۲ـ دزیمتری

دزیمتری توسط دزیمترهای قلمی مدل SEQ-6 ساخت کارخانه (La-Physiotechnie) صورت گرفت. دزیمترهادارای حداکثر ۱۰± درصدانحراف درحداکثرمقدارثبت شده‌نسبت به‌دزواقعی بودند. دزیمترهاهمچنین دارای‌عکس‌العمل‌طیفی ثابت‌نسبت‌به‌فوتنهای باانرژی‌بین ۱۰ تا ۱۳۳۰ KeV بودند. تعداد ۵۰ دزیمترنسبت به‌یک چشمه‌استاندارد Co^{60} مدرج (کالیبره) شدند و ۱۰ دزیمترکه میزان انحرافی کمتراز ۴ درصد رانسبت به‌دزهای واقعی نشان دادند جهت انجام‌کلیه‌دزیمتریهای بعد برگزیده‌شدند. اندازه‌گیری دزگونادها ازدوطریق مختلف انجام‌یافت. درموردداول وبرمبنای میانگین پارامترهای فیزیکی دستگاههای اشعه ایکس‌آزمایشهای رادیولوژی تشخیصی برروی یک‌آدمک (Phantom) معادل انسان صورت گرفت و اندازه‌گیری دزگونادها توسط دزیمترهای قلمی انجام‌پذیرفت. آدمک مورد استفاده بنام (Rando) معروف بوده وساخت (Alderson Research Laboratories Inc) می‌باشد. یک مخزن (آدمک) آبی از جنس پلکسی گلاس نیز جهت اندازه‌گیری دزهای عمقی وتعیین ضریب های تبدیل دزسطح پوست به‌دز تخمدان ساخته وبااستفاده‌ازدزیمترهای قلمی‌این ضرایب تعیین گردیدند. دزثبت شده‌برای گونادافراد ذکورمیزان دزسطحی اندازه‌گیری شده‌درمحل این اندام‌بود. برای انجام‌آزمایشهاوتعیین محل دقیق اندامهای مختلف درآزمایشهای گوناگون افراد متخصص رادیولوژی موردمشورت قرارگرفتند. درموردوم دزیمتری روی بیماران بالغ و همچنین روی گروههای سنی ۴ـ ۰، ۹ـ ۵، ۱۴ـ ۱۰، سال ودرچندین بیمارستان انجام‌پذیرفت. همبستگی مناسبی بین دزهای اندازه‌گیری شده‌روی بیماران وهمچنین روی آدمک معادل انسان بدست آمد. جدول ۵ نتایج دزیمتریهای مربوطه به‌گوناد افرادبالغ که‌توسط‌آدمک معادل‌انسان‌ودرشرایط میانگین پارامترهای‌دستگاههای پرتوایکس درسطح‌کشورانجام‌یافته‌نشان‌می‌دهد.

۴ـ۲ـ اطلاعات آماری وسرشماری

سرشماری جمعیت در ایران هر ده‌سال یکبارانجام میگیرد. آخرین آماردرسال ۱۳۵۵ انجام گرفت و تعداد جمعیت درآن سال بالغ بر ۳۳,۷۰۸,۷۴۴ نفرگزارش شده‌است (۹). میزان افزایش جمعیت ایران برمبنای نتایج دوسرشماری گذشته‌سالیانه‌بالغ بر ۲/۷۵ درصدتخمین زده‌می‌شود وبعبارت دیگرجمعیت ایران درسال انجام‌آزمایش، ۱۳۵۹، بالغ بر ۳۷,۵۰۰,۰۰۰ نفربرآورد می‌شود. توزیع گروههای سنی مختلف درسال ۱۳۵۵ پس‌ازضرب درضریبهای احتمال‌بقاگروههای‌مربوطه‌بسال ۱۳۵۹ برون‌یابی شدند. ضریبهای احتمال‌بقا برمبنای فاکتورهای مرگ ومیرکه‌بصورت تابعی ازگروههای سنی‌مختلف درگزارش مرکز آمارایران (۱۰) آمده‌اند محاسبه‌شده‌اند. بهمین نحوفاکتورهای باروری ومرگ ومیرکه‌بصورت توابعی از گروههای سنی درگزارش فوق آمده‌اند جهت محاسبه‌وبرآوردتعداد فرزندان محتمل برای گروههای سنی مختلف مورداستفاده‌قرارگرفتند. دراینجا بایدمتذکرشدکه آماربارووری درگزارش فوق فقط برای افرادمونث ازگروههای سنی قابل باروری داده‌شده‌و برای افرادمذکرآماری دراین مورد ارائه‌نشده‌است. بنابراین، میزان باروری افرادمذکربرای یک گروه‌سنی‌خاص، مثلا" گروه n ، معادل باروری گروه‌مونث یک گروه‌سنی پائین تر ۱ـ n ، فرض شد. جدول ۶ برآوردتعداد افرادگروههای سنی‌وجنسی‌مختلف همراه‌افرزندان محتمل برای هرگروه‌رادرسال ۱۳۵۹ نشان می‌دهد.

۳ـ یافتـه‌ها ونتیجـه‌گیری

باادغام‌نتایج حاصل ازشکل ۱ وجداول ۳، ۵ و ۶ درمعادله (۱) ـ نتایج مندرج درجـدول ۷ نتیجه‌می‌شود. دراین جدول میزان احتمال انجام‌آزمایشهای رادیولوژی انجام‌شده بازاء ۱۰۰۰ نفر جمعیت درسال ، مقدار GSD ودرصد محاسبه‌شده‌برای آزمایشهای رادیولوژی برای افراد ذکوروانات نشان داده‌شده‌است.

جدول ۵ ـ دزگوناد بزرگسالان اندازه‌گیری شده‌درآزمایشهای رادیولوژی تشخیصی

نوع آزمایـــش	دزگونادمذکر* (میلی‌رم)	دزگونـادمونث* (میلی‌رم)
ســـــــر	۱/۲	۰/۰
ستون فقرات گردنـی	۱/۲	۰/۰
ستون فقرات پشتـی	۱/۸	۰/۰
ستون فقرات کمری	۱۲۸/۰	۱۹۲/۸
قفسه سینـه (دنده‌ها)	۳/۰	۰/۰
قفسـه‌سینه (شانـه)	۱/۲	۰/۰
لـــگـــن	۷۰۲/۷	۱۳۱/۸
استخـوان ران	۱۸۳/۰	۷/۷
رحـم ولوله های‌آن	ـــــ	۴۲۷/۸
سینـــه	۱/۲	۲/۴
شکـــم	۳۴/۰	۱۵۶/۲
کیسه صفـرا	۱۰/۷	۳۱۷/۲
مری ـ معـده ـ اثنی عشـر	۲/۴	۷۸/۱
روده کوچـــک	۴۶/۶	۶۱۹/۸
کلیه ـ میزنای ـ مثانه	۱۱۰/۲	۵۲۸/۳
کلیه باماده حاجـب	۹۷۸/۴	۳۳۸/۰
مجاری ادرار ومثانـه	۱۴۷۹/۹	۵۱۲/۴
کمـری ـ خاجـی	۱۸۱/۸	۵۵۸/۸
روده بـــزرگ	۱۳۰/۵	۱۱۷۴/۹
بـازو و دســت	۳/۰	۰/۵
ساق وکـف پا	۳/۷	۰/۶

* مقادیردز گوناد عبارت ازحاصلضرب درانداره‌گیـری شده درهرفیلم ضربدر تعـداد متوسط فیلمهای بکاررفته‌درهرآزمایش می‌باشد.

برآورددزموثرژنتیکی‌ازآزمایشهای رادیولوژی‌تشخیصی درایران

نمونه ۱۳,۱۰۰ بیمارکه ازآن درصد جمعیت پرتودیده بدست آمد برمبنای آمارحاصله از ۶۹ مرکز رادیولوژی نسبت به‌تعدادکل ۷۱۹ مرکز رادیولوژی درسطح کشور ودرسال انجام آزمایش بوده‌است. این نمونه حدودا "۱۰ درصد تعداد آزمایشهای انجام‌شده‌دریک هفته راشامل می‌شود. تعداد کل آزمایشهای اشعه‌ایکس‌انجام شده‌بازاء ۱۰۰۰ نفرجمعیت دریک سال وطبق جدول ۷ بالغ بر ۱۸۱ مورد می‌شود.

GSDمحاسبه‌شده برای جمعیت ایران برمبنای معادله (۱) بالغ‌بر ۹/۲۵ میلی‌رم برآوردشده‌است. درصد GSD به افراد ذکور و اناث به‌ترتیب بالغ‌بر ۵/۳ (۵۷ درصد) و ۳/۹۵ (۴۳ درصد) میلی‌رم برآوردشده‌است . دراینجادر صدGSD به‌افرادمذکر ومونث تقریبا " معادل درصدهای افراد قابل‌باروری مذکر (۵۷ درصد) ومونث (۴۳ درصد) نسبت به‌کل جمعیت می‌شود. البته این برابری بعلت مساوی بودن حاصلضرب بسامد (فرکانس) آزمایشهای رادیولوژی درمقادیر دزهای گوناد افرادمذکر ومونث حاصل شده است. این روال برمبنای شکل ۱ و جدول ۵ قابل بررسی وتائید می‌باشد. بنابراین بارکلی سالیانه‌پرتوبرمواد ژنتیکی‌جمعیت کشورناشی‌ازانجام‌آزمایشهای رادیولوژی‌تشخیصی وباستثناءآزمایشهای فلورسکوپی ورادیولوژی دندانپزشکی‌بالغ بر ۳۵۰,۰۰۰ فرد– رم(۳۵۰۰ فرد ــ سیورت) برآوردمی‌شود.

جدول ۶ ــ برآورد تعدادافراد وتعداد فرزندان محتمل برای گروههای سنی وجنسی مختلف درایران

گروه‌سنی سال	مذکر		مونث	
	جمعیت کلی ضربدر (10^3)	تعدادفرزندان محتمل	جمعیت کلی ضربدر (10^3)	تعدادفرزندان محتمل
۰–۴	۲۸۵۵	۵/۳۷۱	۲۶۹۴	۵/۳۰۶
۵–۹	۲۸۴۵	۵/۸۷۴	۲۶۰۸	۵/۸۹۶
۱۰–۱۴	۲۶۱۷	۵/۹۰۶	۲۴۲۸	۵/۹۳۷
۱۵–۱۹	۲۱۸۲	۵/۹۲۴	۱۹۶۸	۵/۹۴۹
۲۰–۲۴	۱۷۱۴	۵/۹۳۹	۱۷۹۲	۵/۳۲۷
۲۵–۲۹	۱۳۰۵	۵/۳۱۲	۱۳۸۵	۳/۸۰۹
۳۰–۳۴	۹۷۴	۳/۷۹۲	۱۰۴۳	۲/۳۶۱
۳۵–۳۹	۸۱۲	۲/۳۵۰	۸۲۲	۱/۲۴۸
۴۰–۴۴	۸۶۸	۱/۲۳۵	۸۱۱	۰/۴۸۱
۴۵–۴۹	۸۳۰	۰/۴۷۶	۷۱۱	۰/۱۲۵
۵۰–۵۴	۷۴۱	۰/۱۲۳	۶۵۱	ــــ
۵۵–۵۹	۶۰۸	ــــ	۴۶۵	ــــ
۶۰–۶۴	۳۶۶	ــــ	۳۰۹	ــــ
> ۶۵	۶۲۰	ــــ	۵۴۵	ــــ
جمع	۱۹,۳۳۷		۱۸,۲۳۲	

جدول ۷ ــ توزیع آزمایشهای رادیولوژی ومقادیرGSD مربوطه برای جمعیت ایران درسال ۱۳۵۹.

نوع آزمایش	تعداد آزمایشات سالیانه بازاء ۱۰۰۰ نفرجمعیت کشور		GSD بجمعیت کشور			
			مذکر		مونث	
	مذکر	مونث	میلی‌رم	درصد	میلی‌رم	درصد
سر	۱۱/۴	۶/۶	۰/۰۲	۰/۲	۰/۰۰	۰/۰
ستون فقرات گردنی	۳/۱	۲/۸	۰/۰۰	۰/۰	۰/۰۰	۰/۰
ستون فقرات پشتی	۲/۴	۱/۲	۰/۰۰	۰/۰	۰/۰۰	۰/۰
ستون فقرات کمری	۵/۵	۲/۸	۰/۴۵	۴/۹	۰/۲۵	۲/۷
قفسه سینه (دنده‌ها)	۴/۹	۳/۱	۰/۰۱	۰/۱	۰/۰۰	۰/۰
قفسه سینه (شانه)	۶/۳	۳/۲	۰/۰۱	۰/۱	۰/۰۰	۰/۰
لگن	۳/۵	۲/۰	۱/۷۰	۱۸/۴	۰/۱۵	۱/۶
استخوان ران	۴/۴	۱/۷	۰/۶۰	۶/۵	۰/۰۲	۰/۲
رحم ولوله‌های آن	۰/۰	۱/۳	۰/۰۰	۰/۰	۰/۲۴	۲/۶
سینه	۲۶/۴	۱۹/۱	۰/۰۳	۰/۳	۰/۰۳	۰/۳
شکم	۷/۹	۴/۹	۰/۲۳	۲/۵	۰/۳۵	۳/۸
کیسه صفرا	۰/۹	۰/۹	۰/۰۱	۰/۱	۰/۱۲	۱/۳
مری ــ معده ــ اثنی عشر	۲/۳	۱/۲	۰/۰۰	۰/۰	۰/۰۴	۰/۴
روده کوچک	۰/۷	۰/۴	۰/۰۲	۰/۲	۰/۱۰	۱/۱
کلیه ــ میزنای ــ مثانه	۵/۰	۲/۰	۰/۵۰	۵/۴	۰/۴۶	۵/۰
عکسبرداری کلیه باماده‌حاجب	۰/۲	۰/۱	۰/۱۶	۱/۷	۰/۰۱	۰/۱
مجاری ادراروثانه	۰/۲	۰/۱	۰/۲۴	۲/۶	۰/۰۱	۰/۱
کمری ــ خاجی	۴/۵	۳/۴	۰/۷۸	۸/۴	۰/۹۰	۹/۷
روده بزرگ	۳/۳	۲/۳	۰/۴۶	۵/۰	۱/۲۷	۱۳/۷
بازو و دست	۹/۵	۳/۹	۰/۰۳	۰/۳	۰/۰۰	۰/۰
ساق وکف پا	۱۰/۹	۴/۴	۰/۰۵	۰/۵	۰/۰۰	۰/۰
جمع	۱۱۳/۳	۶۷/۴	۵/۳۰	۵۷	۳/۹۵	۴۳
جمع کلی	۱۸۰/۷		میلی‌رم ۹/۲۵ ۱۰۰ درصد			

دومجموعه محاسباتی دیگربرمبنای مقادیر ورودی دزهای گوناد نیزدراین کارانجام پذیرفتند. این محاسبات اضافی بقصد بدست آوردن یک حد بالای مقادیر GSD وبرمبنای دزهای گوناد بالای بدست آمده ازبیماران داخلی ازیکطرف ومیانگین مقادیر دزهای گوناد بین المللی کهدر UNSCEAR (۳) گزارش شده ازطرف دیگرانجام‌یافته است. مقادیر GSD کهباین ترتیب بدست آمدند برای حدبالای دزهای گوناداندازه‌گیری شدهبیماران داخلی ومیانگین دزگونادگزارش شدهدرکشورهای مختلف به‌ترتیب ۱۴/۵ و ۱۲/۴ میلی رم‌می‌باشند.

همانطوریکه‌انتظارمی‌رود بسامد آزمایشهای پرتوایکس و GSD حاصله‌ازآن بطور یکنواخت درسطح کشورتوزیع‌نشده‌است. میزان آزمایشها درشهرهای بزرگ بمراتب بیشترازمناطق روستائی وشهرهای‌کوچک می‌باشد. برمبنای برخی ازاندازه‌گیریهای قبلی منتشرنشده وآمارفعلی رقم ۱۴/۵ میلی‌رم انتظارمی‌رود که‌تقریبا " معادل ومعرف مقدار GSD برای شهرهای بزرگ بودوبسامدآزمایشهای پرتوایکس نیزدراین شهرها‌تقریبا " دو برابرمقدار متوسط درسطح کشور می‌باشد. غیریکنواخت بودن خدمات آزمایشهای رادیولوژی تشخیصی درسطح بین المللی به‌نظرنمی‌رسدکه‌امری غیرمعمول باشد، ولی درهرصورت‌میزان این غیریکنواختی درایران انتظارمی‌رودکه بابرنامه‌هائیکه درجهت توزیع متناسب خدمات پزشکی در سطح‌کشورانجام می‌گیرد درطول زمان کاهش یابد.

اگرچه‌برآورد دزموثرژنتیکی‌درایران (۹/۲۵ میلی‌رم) درمقایسه‌بامیزان پرتوگیری ازپرتوهای طبیعی ویامقدار GSD گزارش شده‌توسط دیگرکشورها (۳) مقداربالائی محسوب نمی‌گردد ولی به‌نظرمی‌رسد که ازطرق قانونی ویادیگرعوامل می‌باید اقدامات مقتضی جهت آموزش پرسنل، بهبود کیفیت دستگاههای پرتوایکس وباجراء درآوردن روشهای علمی‌استانداردپزشکی وفیزیکی وغیره‌رابه‌منظور کاهشGSD جمعیت ایران ناشی ازانجام آزمایشهای رادیولوژی تشخیصی صورت گیرد.

تشکروقدردانی

بدینوسیله ازکادررادیولوژی بیمارستانهای مختلف بجهت همکاری دراجرای این پروژه‌سپاسگزاری می‌شود. همکاریهای کارکنان بخشهای رادیولوژی بیمارستانهای فیروزگر وبعآور تهران درفازدزیمتری این کاربخصوص، بسیاربباارزش‌وقابل تقدیر بوده‌است.

REFERENCES

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1972, Ionizing Radiation: Levels and Effects, U.N.Report, Vols.1 & 11, PP.19-172 (New York : U.N.)
2. International Commission on Radiological Protection, 1977," Problem Involved in Developing an Index of Harm", ICRP publication 27, Vol.1, No.4, PP.12-21.
3. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1977, Sources and Effects of Ionizing Radiation, U.N.Report, PP.301-359 (New York: U.N.)
4. National Academy of Sciences Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation, 1980, BEIR III : Report, National Academy Press, Washington, D.C.PP.507-553.
5. Radford E.P. 1981," Cancer Risks from Ionizing Radiation", Tech. Rev, Vol.84, No.2, PP.66-78.
6. International Commission on Radiological Protection , 1977," Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", ICRP publication 26,Vol.1, No.3, PP.9-13.
7. Seelentag W., 1969," On the Importance of Radiation Burden of a population with special Reference, to the Genetically Significant Dose from Application of Radiation in Medicine", In: prog. Nucl. Energy Series XII , Vol.2, Part I, PP.125-155. (pergamon press: oxford).
8. Saunders P., 1981," The Effects of Radiation on Man" , UKAEA Bulletin No.298, PP.198-202, London.

۹. مرکزآمارایران ۱۳۵۹، " سرشماری عمومی نفوس ومسکن کل کشور، آبان ماه ۱۳۵۵ "، سازمان برنامه وبودجه شماره ۱۸۶، ۱ .

۱۰. مرکز آمارایران ۱۳۵۷، آمارگیری رشدجمعیت ایران (۱۳۵۵ــ۱۳۵۲) ، سازمان برنامه وبودجـــه شماره ۷۷۷، ۹۸ــ۷۶.

GENETICALLY SIGNIFICANT DOSE FROM DIAGNOSTIC RADIOLOGY PROCEDURES IN THE ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN*

M. Sohrabpour

Gamma Irradiation Center

N.P. Saheli, P. Zarsav and D. Reza Esmaeeli

Nuclear Research Center

Atomic Energy Organization of Iran,

P.O. Box 11365-8486, Tehran, Iran

Abstract- Genetically significant dose from diagnostic radiology procedures has been estimated for the Iranian population. Two surveys based on mailing of questionnaires have been conducted from which age and sex distribution of radiology patients as well as average values of X-ray equipment operating parameters in the country have been obtained. Dosimetry was performed on patients and on an equivalent-man Rando phantom. Child-expectancy factors were estimated from the census results of fertility and mortality rates. The GSD value for the diagnostic procedures to the Iranian population was estimated to be 9.25 mrem/yr (92.5 μSv/yr) in 1980.

This work has been partly based, with permission, on an original article which appeared in the Journal of Health physics Vol.54, No.1, 1983.