

## نرم افزار محاسبه میزان دوز تشعشع دریافتی بیماران در آزمایشات پزشکی هسته ای

دکتر علی شبستانی منفرد<sup>۱</sup>، دکتر مهرانگیز امیری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه فیزیک پزشکی، <sup>۲</sup> گروه پزشکی هسته ای، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بابل

(تاریخ دریافت: ۸۶/۴/۱۱، تاریخ اصلاح: ۸۶/۸/۹، تاریخ پذیرش: ۸۶/۸/۱۶)

### چکیده

**مقدمه:** تزریق مواد رادیواکتیو به بیماران مراجعه کننده به بخش پزشکی هسته ای منجر به پرتوگیری داخلی بیماران میگردد. محاسبه دوز دریافتی بیماران ناشی از پرتوگیری داخلی پیچیده و زمان بر بوده و تهیه یک نرم افزار با کاربری ساده جهت این محاسبات هدف مطالعه حاضر بوده است. **روش بررسی:** اطلاعات مربوط به پارامترهای محاسبه دوز پرتوگیری داخلی (S- Factor) بدست آمده از رفرانس ICRP- International Commission on Radiation Protection و سایر متغیرهای تکنیکی از قبیل اکتیویته تزریقی، ارگان منبع و ارگان هدف و مشخصات ماده رادیواکتیو تزریقی در نرم افزار طراحی شده با استفاده از زبان برنامه نویسی Visual Basic وارد شده و با استفاده از روش MIRD- Medical Internal Radiation Dosimetry دوز تمام بدن، دوز گنادال و دوز جنین (در صورتیکه بیمار باردار تحت آزمایش پزشکی هسته ای قرار گرفته باشد) محاسبه گردید.

**یافته ها:** نرم افزار طراحی شده با سیستم عامل Windows 98, Me, XP قابل اجرا میباشد. در ابتدا نام، سن و جنس بیمار و میزان اکتیویته تزریقی بر حسب mCi وارد سیستم میگردد. با توجه به کاربرد عمده Tc-99m در آزمایشات پزشکی هسته ای، در حال حاضر این رادیویزوتوپ در نرم افزار تعریف شده است اما امکان معرفی سایر رادیویزوتوپها نیز وجود دارد. با وارد نمودن نوع ارگان منبع (ارگانی با بیشترین تمرکز اکتیویته) میزان دوز جذبی تمام بدن، گنادها و در رابطه با زنان در سن بارداری دوز رسیده به جنین نیز توسط نرم افزار محاسبه میگردد. امکان تهیه پرینت و ذخیره اطلاعات و گزارش گیری نتایج نیز وجود دارد.

**نتیجه گیری:** محاسبه دوز دریافتی در آزمایشات پزشکی هسته ای پیچیده و زمان بر بوده و جدا از اینکه انجام آن بصورت دستی احتمال خطا را افزایش میدهد، در حوصله پزشکان متخصص پزشکی هسته ای نیز نمیباشد. گزارشات قبلی در زمینه معرفی نرم افزاری در این زمینه وجود دارد ولیکن اطلاعات پارامترهای دخیل در محاسبه قدیمی بوده و ضمناً از کاربری ساده ای نیز برخوردار نبوده و چون در داخل کشور تدوین نشده اند قابل تغییر توسط متخصصین داخل کشور نیز نمیباشند. نرم افزار حاضر دارای اطلاعات کاملاً جدید و به شکل User Friendly و قابلیت ارتقا و به روز شدن را دارد اما محدودیتهای ذاتی روش دوزیمتری MIRD را نیز داراست.

**واژه های کلیدی:** دوزیمتری، پرتوگیری داخلی، نرم افزار، پزشکی هسته ای

نویسنده مسئول: دکتر علی شبستانی منفرد، بابل، دانشگاه علوم پزشکی بابل، دانشکده پزشکی، گروه فیزیک پزشکی،

E-mail: monfared\_ali@yahoo.com

## مقدمه

با آهنگ یکسانی ارگان هدف [Target organ-(rk)] را تحت تابش قرار میدهد، میتوان دوز موثر رسیده به ارگان هدف ( $D_{rk}$ ) را در هر یک از انواع آزمایشات پزشکی هسته ای از رابطه شماره ۱ محاسبه نمود:

$$D_{rk} = \sum_h A_h * S(rh \rightarrow rk) \quad (\text{رابطه ۱})$$

در رابطه فوق واحد اکتیویته تجمعی ( $\mu\text{Ci-hr}$ ) بوده و  $S$  فاکتور یا ضریب پرتودهی از ارگان منبع به ارگان هدف است که واحد آن ( $\text{rads}/\mu\text{Ci-hr}$ ) میباشد. علامت  $\Sigma$  شرایطی را نشان میدهد که رادیودارو در چند ارگان منبع تجمع یافته و دوز رسیده به ارگان هدف در این شرایط محاسبه خواهد شد.

محاسبه دوز دریافتی بیماران ناشی از پرتوگیری داخلی پیچیده و زمان بر بوده و در حوصله پزشکان متخصص پزشکی هسته ای نیز نمی باشد. نرم افزار محاسبه دوز در پزشکی هسته ای قبلا توسط برخی از محققین معرفی گردیده است. در سال ۱۹۹۶ Stabin اولین نسخه نرم افزار محاسبه دوز بیمار در پزشکی هسته ای را تحت عنوان MIRDOSE معرفی کرد (۹). مبانی فیزیکی و حفاظتی محاسبات و دوزیمتری در پزشکی هسته ای بطور کاملتری در سال ۲۰۰۵ توسط Stabin و Brill ارائه گردید (۱۰) و بدنبال آن در همین سال Stabin و همکارانش نسخه دوم نرم افزار محاسبه دوز بیمار در پزشکی هسته ای را تحت عنوان OLINDA/EXM معرفی نمودند (۱۱). بنابراین تهیه نرم افزار به شکل تجاری امکان پذیر می باشد ولیکن در صورت معرفی فاکتورهای  $S$  جدید یا رادیوداروهای جدید نیاز به ارتقاء و به روز شدن داشته و همواره مستلزم وابستگی دائمی به تهیه کنندگان سورس اولیه نرم افزار است. تهیه معرفی یک نرم افزار با کاربری ساده و امکان ارتقا و به روز شدن در داخل کشور جهت این محاسبات هدف مطالعه حاضر می باشد.

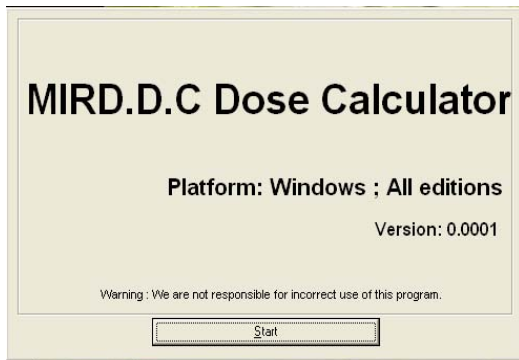
دوز دریافتی توسط بیمار می تواند بعنوان یکی از معیارهای مقایسه بسیاری از آزمایشات پزشکی هسته ای با سایر روشهای تشخیصی همچون رادیوگرافی مطرح گردد. در موارد متعددی، آزمایشات پزشکی هسته ای میتوانند اطلاعات مشابهی در مقایسه با رادیوگرافی معمولی یا فلوروسکوپی البته با میزان دوز تشعشعی بسیار کمتری ارائه دهند (۱). حتی در دوزهای یکسان تشعشع، آسیبهای وارده به بافتهای مختلف بدلیل حساسیت متفاوت بافتهای نسبت به تشعشع یکسان نیست. میزان این حساسیت با فاکتور ضریب حساسیت بافتی ( $Wt$ ) نشان داده میشود که مقدار آن از ۰/۰۱ برای پوست تا ۰/۲ برای گنادها متفاوت است و مجموع آن برای تمام بدن برابر یک می باشد. حاصل ضرب دوز معادل ( $Ht$ ) در ضریب حساسیت بافتی ( $Wt$ ) دوز موثر ( $He$ ) نامیده میشود که از رابطه زیر محاسبه میشود (۲).

$$He (Sv) = \sum Wt * Ht (Sv)$$

به کمک دوز موثر میتوان مقایسه واقعی از میزان ریسک بین تکنیکهای مختلف بدست آورد. به عنوان مثال یک آزمایش بررسی ریفلاکس گاستروازوفازیا با ۳۰۰ میکروکوری  $Tc-99m$  سولفورکولوئید، دوز موثری معادل ۰/۳ mSv بدنبال دارد در صورتیکه این میزان برای آزمون UGI با باریوم معادل ۲/۴ mSv میباشد (۳). اولین گام در حفاظت در برابر تشعشع، برآورد دوز جذبی بیماران است (۴). پرتوگیری بیماران در پزشکی هسته ای از نوع داخلی بوده و جهت محاسبه دوز جذبی بیماران در پزشکی هسته ای روشهای متعددی معرفی شده است (۶و۵).

برای محاسبه دوز ناشی از پرتوگیری داخلی MIRD (Medical Internal Radiation Dosimetry) روشی است که بطور معمول کاربرد دارد (۷و۸). در این روش با فرض اینکه تمام ماده رادیواکتیو تزریقی در ارگان منبع [Source organ-(rh)] با اکتیویته تجمعی ( $A_h$ ) تمرکز یافته و در تمام مدت حضور در بدن

## روش بررسی



شکل ۱ - منوی ورود به نرم افزار



شکل ۲ - وارد نمودن رمز عبور

جهت محاسبه دوزبیمار ناشی از پرتوگیری داخلی در پزشکی هسته ای (دوز موثر رسیده به ارگان هدف ( $D_{rk}$ ) بر اساس رابطه ۱ نیاز به محاسبه اکتیویته تجمعی ( $A_h$ ) و سایر اطلاعات مربوط به پارامترهای محاسبه دوز پرتوگیری داخلی می باشد. این اطلاعات از طریق ورود متغیرهای تکنیکی از قبیل اکتیویته تزریقی، ارگان منبع، ارگان هدف و مشخصات ماده رادیواکتیو تزریقی به نرم افزار مورد استفاده قرار گرفت. ضمناً فاکتور  $S$  بدست آمده از رفرانس ICRP (International Commission on Radiation Protection) (۱۵-)

در جدول پشتیبان نرم افزار ذخیره و به ازای هر محاسبه فراخوانی و استخراج گردید. ابتدا فلوچارت طراحی نرم افزار بر اساس مراحل محاسبه دوز بیماران با روش MIRD و رابطه ۱ تدوین و سپس نرم افزار حاضر با استفاده از زبان برنامه نویسی Visual Basic طراحی گردید. زبان برنامه نویسی Visual Basic از توانایی کافی جهت انجام محاسبات ریاضی ساده، فراخوانی داده ها از بانک اطلاعات و تشکیل جداول ذخیره نتایج در محیط Microsoft Access جهت گزارش گیری برخوردار میباشد. نسخه سورس نرم افزار در محیط Word pad بازنویسی و در چند مرحله با مشاهده خطاهای برنامه اجرایی مورد بازبینی قرار گرفته و تصحیح شد. صحت عملکرد نهایی نرم افزار با روش دستی و منابع استاندارد مقایسه و تایید شد.

## یافته ها

نرم افزار طراحی شده با سیستم عامل ویندوز XP، ۹۸ و Me قابل اجرا میباشد (شکل ۱). جهت اطمینان از امنیت استفاده از نرم افزار رمز عبور در شروع کار نیز پیش بینی شده است (شکل ۲).

سپس نام، سن بیمار بر اساس پیش گزینه های کمتر از یک سال، یک تا سه سال، چهار تا هشت سال، نه تا دوازده سال، دوازده تا پانزده سال و بیش از پانزده سال و همچنین جنس بیمار و وضعیت بارداری بیمار تعیین میشود (شکل ۳ تا ۵).

در مرحله بعد میزان اکتیویته تزریقی بر حسب mCi و نوع ارگان منبع (ارگانی که بیشترین تمرکز رادیو دارو در آن وجود دارد) وارد میگردد. با توجه به کاربرد عمده  $Tc-99m$  در آزمایشات پزشکی هسته ای، در حال حاضر این رادیویزوتوپ در نرم افزار تعریف شده است اما امکان معرفی سایر رادیویزوتوپها نیز وجود دارد (شکل ۶ و ۷).

شکل ۶ و ۷- تعیین میزان اکتیویته تزریقی و ارگان منبع

شکل ۳ و ۵- تعیین مشخصات فردی بیمار

شکل ۸ و ۹- محاسبه دوز و پرینت نتایج نمونه ای از محاسبات

این نرم افزار با استفاده از روشی بنام - MIR D Medical Internal Radiation Dosimetry دوز تمام بدن ، دوز گنادها و دوز جنین را بر اساس سن جنین با پیش گزینه های سه، شش و نه ماهگی با دقت ۸ رقم اعشاری محاسبه مینماید. ضمناً میزان دوز موثر دریافتی بر اساس واحد قراردادی (Background Equivalent Radiation BERT Time) نیز نمایش داده میشود. استفاده از این واحد قراردادی روشی موثر در کاهش ترس از اشعه در میان بیماران است. امکان پرینت نیز از نتایج وجود دارد (شکل ۸ و ۹).

**بحث و نتیجه گیری**

محاسبه دوز دریافتی در آزمایشات پزشکی هسته ای پیچیده و زمان بر بوده و جدا از اینکه انجام آن بصورت دستی احتمال خطا را افزایش میدهد، از حوصله پزشکان متخصص پزشکی هسته ای نیز خارج است. گزارشات قبلی در زمینه معرفی نرم افزاری در این زمینه وجود داشته و این نرم افزارها به شکل تجاری قابل تهیه میباشند. Stabin در سال ۱۹۹۶ اولین نسخه نرم افزار محاسبه دوز بیمار در پزشکی هسته ای را تحت عنوان MIRDose معرفی کرد (۹). ولیکن اطلاعات پارامترهای دخیل در محاسبه قدیمی بود. ساخت رادیو داروهای جدید و گسترش دانش در زمینه بیوکینتیک رادیوایزوتوپ ها در بدن منجر به معرفی نسخه دوم نرم افزار محاسبه دوز تحت عنوان OLINDA/EXM در سال ۲۰۰۵ گردید (۱۰). تغییرات فوق و عدم دسترسی به سورس نرم افزارهای موجود، انگیزه اصلی طراحی نرم افزار حاضر بوده اند زیرا نرم افزارهای خارجی در داخل کشور تدوین نشده اند و بنابر این قابل تغییر توسط متخصصین داخل کشور نیز نمی باشند. از نقاط قوت نرم افزارهای خارجی در مقایسه با نرم افزار حاضر، امکان دوزیمتری سایر رادیوایزوتوپها به غیر از Tc-99m و محاسبه دوز تمامی ارگانهای هدف بطور مجزا می باشد در حالیکه در نرم افزار حاضر دوز تمام بدن محاسبه میگردد و بنابر این در تکمیل آتی نرم افزار موارد فوق بایستی مد نظر قرار گیرند. ضمناً برخی نرم افزارها مانند VARSKIN امکان دوزیمتری خارجی پرتوهای گاما و بتا را نیز به دنبال آلودگی پوست و لباس ها دارند که نرم افزار حاضر فاقد چنین قابلیت می باشد. از طرفی نسخه اجرایی نرم افزار حاضر با نام اختصاری version MIRD D.C. 0.0001 در مقایسه با نرم افزارهای خارجی به فضایی بسیار کم معادل ۳۹۶ کیلوبایت نیاز داشته و از کاربری ساده ای نیز برخوردار می باشد.

نقطه ضعف مشترک نرم افزار حاضر و نرم افزارهای مشابه وجود محدودیتهای ذاتی روش دوزیمتری MIRD است. بعنوان مثال در این روش با فرض اینکه تمام ماده رادیواکتیو تزریقی در ارگان منبع با اکتیویته تجمعی بطور یکنواخت تمرکز یافته و در تمام مدت حضور در بدن با آهنگ یکسانی ارگان هدف را تحت تابش قرار می دهد، دوز موثر رسیده به ارگان هدف محاسبه می گردد در حالیکه در شرایط واقعی در بدن این فرضها صادق نبوده و همین محدودیتهای ذاتی روش دوزیمتری MIRD، دقت محاسبات را از "اندازه گیری" به "تخمین" کاهش می دهد. برخی از نرم افزارهای محاسبه دوز همچون RADAR از روشهای مدل سازی با استفاده از فانتوم ریاضی و کد مربوطه در روش مونت کارلو برای رفع این محدودیت استفاده نموده اند. از نقاط قوت منحصر بفرد نرم افزار حاضر در مقایسه با نرم افزارهای خارجی می توان به امکان محاسبه و نمایش دوز موثر با واحد BERT اشاره نمود. BERT معرف مدت زمانی است که بدن بیمار همان دوز آزمایش پزشکی هسته ای خاص را از پرتوهای زمینه در طبیعت دریافت می کند. محاسبه و نمایش دوز موثر با واحد BERT نگرشی واقع بینانه از دوز دریافتی را ارائه و نقش موثری در درک کاهش ترس از اشعه در بیماران ایفا می نماید (۱۶). به منظور اطمینان از عملکرد صحیح نرم افزار و دقت خروجی، محاسبات آن با روش محاسبه دستی و منابع دوزیمتری استاندارد دوزیمتری رادیونوکلیدها (۱۷) بطور تصادفی مقایسه و تایید شد.

**تشکر و قدردانی**

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی بابل به جهت تامین منابع مالی پروژه تشکر می گردد. همچنین از همکاری صمیمانه آقایان رضائی و دیزبادی و سرکار خانم حیدری قدردانی می گردد.

## منابع

- Bernier T, Nuclear medicine technology and techniques, 3<sup>rd</sup> edition, Baltimore Mosby. 1994; 346.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR 1993 report to the general assembly, with scientific annexes-sources and effects of ionizing radiation. United Nations publication. 1993; No. E.94.IX.2.
- National Council on Radiation Protection and Measurements: Exposure of the population from diagnostic medical radiation. Report 100. Bethesda, MD, 1989.
- Harding K, Thomson WH. Radiological protection and safety in medicine-ICRP 73 [editorial]. Eur J Nucl Med. 1977; 24(10): 1207-1209.
- Mountford PJ. Internal dosimetry developments and limitations. Eur J Nucl Med. 1996;23(5):491-493.
- Simpkin DJ. Radiation interactions and internal dosimetry in nuclear medicine. Radiographics. 1999; 19:155-167.
- Bushberg JT, Seibert JA, Leidholdt EM, Boone JM. The essential physics of medical imaging, In: Radiation Dosimetry. Baltimore, MD, Williams & Wilkins. 2002: 633-653.
- Loevinger R, Budinger T, Watson E. MIRD primer for absorbed dose calculations. New York: Society of Nuclear Medicine; 1988.
- Stabin M. MIRDOSE—the personal computer software for use in internal dose assessment in nuclear medicine. J Nucl Med. 1996; 37:538–546.
- Stabin M, Brill AB. Physics applications in nuclear Medicine: Progress on many fronts. J Nucl Med, 2005; 46(2): 16-20.
- Stabin M, Sparks RB, Crowe E. OLINDA/EXM: The Second-generation personal computer software for internal dose assessment in nuclear medicine. Nucl Med. 2005; 46(6): 1023-1027.
- International Commission on Radiological Protection. Report of Committee II on permissible dose for internal radiation. New York: Pergamon Press; 1959; ICRP Publication 2.
- International Commission on Radiological Protection. Report of the task group on reference man. New York: Pergamon Press; 1975; ICRP Publication 23.
- International Commission on Radiological Protection. Limits for intakes of radio nuclides by workers. New York: Pergamon Press; 1979; ICRP Publication 30.
- International Commission on Radiological Protection. Developmental effects of irradiation on the brain of the embryo and fetus. Stockholm: 1987; ICRP publication 49; Annals of the ICRP Vol. 16/4.
- Shabestani Monfared A, Amiri M, Kameron J. How public fear from radiation in nuclear medicine can be reduced? Iran J Nucl Med. 2003; 11(19): 1-7 (persian).
- Stabin M, Stubbs JB, Toohey RE. Radiation dose estimates for radiopharmaceuticals. Radiation internal dose information center. Oak Ridge institute for science and education. Mail Stop 51, P.O. Box 117, Oak Ridge, TN 37831-0117, April 30, 1996.