

• مقاله مروری

مقدمه‌ای بر عناصر آلوده کننده رادیواکتیو و روش‌های رفع آلودگی

*رضا ریاضی^۱، دکتر علی عقیقی^۲

چکیده

در هنگام وقوع حوادث هسته‌ای از طریق جنگ‌ها یا صدمات وارده به تاسیسات هسته‌ای مهمترین اقدام در وهله نخست نجات جان مصدومین حادثه و پس از آن رفع آلودگی افراد درگیر می‌باشد. در متن زیر در ابتدا مقدمه‌ای بر مهمترین عناصر رادیواکتیو از جنبه آلودگی‌های هسته‌ای و سپس خلاصه‌ای از آنچه که بایستی به صورت اقدامات اولیه پزشکی در مورد افراد آلوده انجام پذیرد، عنوان شده است.

تشعشع باعث ایجاد آسیب‌های بیولوژیکی به بافت‌های بدن از طریق روش‌های مستقیم و غیرمستقیم می‌شود. بعد از برخورد پرتوهای یونیزان با اتم‌های مواد مقداری و یا تمام انرژی آن انتقال یافته و ایجاد تحریک و یونیزاسیون در محل می‌کند. یونیزاسیون ایجاد شده می‌تواند به طور مستقیم باعث ایجاد آسیب به ساختارها و مولکول‌های حساس سلول‌های بدن گردد که به عنوان اثر مستقیم تشعشع شناخته می‌شود

کلمات کلیدی: ماده رادیواکتیو، عناصر آلوده کننده، رفع آلودگی

مجله علمی ابن سینا / اداره بهداشت و درمان نهجا (سال یازدهم، شماره دوم، زمستان ۱۳۸۷، مسلسل ۳۰)

۱. کارشناس ارشد فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران. تلفن: ۳۹۹۵۴۹۹۰ (مؤلف مسؤول)
۲. پزشک عمومی، مرکز فیزیولوژی هوایی و طب رزمی ابهدا نهجا

مقدمه

لایه شاخی پوست و ایجاد سوختگی بتا می‌شود که شبیه به سوختگی‌های حرارتی است. بیشترین آسیب ناشی از پرتوهای گاما در اثر استنشاق و بلع این ذرات حاصل می‌شود.

ید رادیواکتیو (ید ۱۳۱، ۱۳۲، ۱۳۴، ۱۳۵) یک تابش کننده بتا می‌باشد که حاصل شکافت هسته می‌باشد و در میله‌های سوخت راکتور و یا بعد از انفجارهای هسته‌ای دیده می‌شود. آلودگی ید رادیواکتیو می‌تواند به دنبال صدمه به راکتورها ایجاد بشود. مهمترین اندامی که در اثر الودگی به ید صدمه می‌بیند غده تیروئید می‌باشد. بدنال حادثه چرنوبیل آمار کارسینومای تیروئید در کودکان منطقه تحت تابش افزایش کامل محسوسی را داشته است.

استرانسیوم-۹۰ یکی از محصولات مستقیم شکافت اورانیوم می‌باشد. استرانسیوم ۹۰ به همراه محصولات حاصل از استحاله آن همگی تابش کننده بتا و گاما می‌باشند و می‌توانند باعث ایجاد خطر پرتودهی در مواقعی که در مقادیر زیاد وجود دارند بشوند. استرانسیوم براحتی از طریق دستگاه تنفسی و گوارشی جذب شده و درمکان‌هایی از بدن که تراکم کلسیم در آنجا زیاد می‌باشد مثل استخوان‌ها تجمع پیدا می‌کند.

تابش کننده‌های آلفا

آمریکیم و پلوتونیم

ذرات آلفا بسیار سنگین و دارای بار الکتریکی زیادی می‌باشند از این رو نمی‌توانند تا عمق زیادی در مواد نفوذ کنند به عنوان مثال این ذرات براحتی توسط لایه‌ای از سلول‌های مرده سطح پوست و یا توسط لباس جذب می‌شوند. این ذرات اگرچه از نظر ایجاد خطر تابش خارجی به بدن چندان حائز اهمیت نمی‌باشند، اما در صورت جذب آن توسط بدن به علت بار الکتریکی زیادی که دارند باعث ایجاد یونیزاسیون فشرده در محل جذبشان شده و صدمات سلولی بسیار زیادی را ایجاد می‌کنند.

امریکیم ۲۴۱ یکی از محصولات استحاله پلوتونیم می‌باشد

عوامل رادیواکتیو:

سابع کننده‌های گاما

اورانیوم

پرتوهای گاما تابش‌های بدون بار شبیه به پرتوهای ایکس هستند که تنها در منشا تولید (هسته برخلاف لایه‌های الکترونی) با هم تفاوت دارند. این پرتوها با انرژی بسیار بالایی که دارند می‌توانند براحتی از مواد با ضخامت بالا عبور کرده و ایجاد یونیزاسیون بکنند. به این ترتیب با عبور پرتوهای گاما از بدن انسان باعث ایجاد تابش شدیدی به کل یا قسمتی از بدن می‌شوند.

اورانیوم در طبیعت به صورت سه ایزوتوپ قرار دارد که اورانیوم ۲۳۸ با نیمه عمر ۴/۵ میلیارد سال فراوان‌ترین ایزوتوپ (۹۹٪) و پایدارترین آنها می‌باشد. ایزوتوپ‌های دیگر اورانیوم ۲۳۵ با نیمه عمر ۷۰۰ میلیون سال و اورانیوم ۲۳۴ با نیمه عمر ۲۵ میلیون سال هستند.

استنشاق ترکیبات اورانیوم در داخل بدن متابولیزه شده و از طریق ادرار دفع می‌شود. وجود ۱۰۰ میکروگرم در دسی لیتر اورانیوم در ادرار به همراه دریافت تابش زیاد می‌تواند باعث ایجاد نقص در عملکرد سیستم کلیوی بشود. میزان جذب اورانیوم به حالت شیمیایی آن بستگی دارد به طوری که نمک قابل حل در آب آن دارای جذب بالایی است در حالی که فلز آن جذب بسیار کمی دارد.

ید رادیواکتیو و استرانسیوم

ذرات بتا که اساساً حاصل ریزش‌های اتمی یا استحاله اتم‌های سنگین هستند، ذرات بسیار سبک و باردار هستند که می‌توانند تا عمق نسبتاً کوتاهی در داخل بافت نفوذ کنند. در هنگام تابش‌های بالای پرتوهای بتا به بدن باعث صدمه دیدن

که جزء تابش کننده‌های آلفا نیز می‌باشد. بیشترین تهدیدی که از جانب آلودگی امریکیم وجود دارد به علت مسمومیت فلزی آن می‌باشد. همچنین در هنگام قرارگیری در معرض مقادیر زیادی از آن خطر تابش‌گیری کلی بدن نیز وجود دارد. در هنگام استنشاق آن حدود ۷۵٪ آن به طور کامل جذب شده و ۱۰٪ از آن بدون آنکه جذب شود در داخل ریه باقی می‌ماند. جذب امریکیم از طریق گوارشی بسیار ناچیز می‌باشد اما بالعکس به مقدار بسیار زیادی از طریق جراحات پوستی جذب بدن می‌شود. دفع آن نیز به صورت کلیوی و کبدی می‌باشد. پلوتونیم ۲۳۸/۲۳۹ یکی از محصولات شکافت هسته اورانیم در راکتور می‌باشد. این عنصر اولین ماده حاصل از شکافت در تاسیسات هسته‌ای و سلاح‌های اتمی می‌باشد. تابش‌های حاصله از شکافت پلوتونیم به صورت ذرات آلفا می‌باشد که هسته‌های رادیواکتیو امریکیم نیز آلوده می‌باشد. بیشترین آسیبی که از جانب این عنصر افراد تابش دیده را تهدید می‌کند در اثر استنشاق آن می‌باشد. جذب آن از طریق گوارش به حالت شیمیایی آن بستگی دارد به طوری که در حالت جامد جذب وجود ندارد. وجود آن در نمونه‌های مدفوع بعد از ۲۴ ساعت و در نمونه‌های ادراری بعد از ۲ هفته قابل مشاهده می‌باشد. جذب پلوتونیم از طریق زخم‌ها بسیار متفاوت می‌باشد. این ماده رادیواکتیو امکان دارد براحتی از روی پوست قابل شسته شدن باشد [۲۰۱].

عوامل خطر

اثر مستقیم از طریق برخورد مستقیم پرتوهای یونیزان با اتم‌ها و مولکول‌های حساس سلول ایجاد می‌شود. آسیب‌های ناشی از برخورد مستقیم به صورت برگشت ناپذیر بوده و باعث مرگ یا عدم کارایی دائمی سلول می‌شود. تغییر در عملکرد سلول مثل تغییر در حرکت سلول، تأخیر در انجام میتوز، اختلال در رشد سلول و تغییر در نفوذ پذیری غشاء سلول معمولاً در دوزهای پایین‌تری نسبت به آنهایی که باعث مرگ سلول می‌شوند اتفاق می‌افتد. تأثیر غیر مستقیم تشعشع که به طور

غیرمستقیم باعث آسیب به سلول می‌شود در اثر برخورد پرتوهای یونیزان با مولکول آب و در نتیجه ایجاد مولکول بسیار سمی و ناپایدار هایپراکسید بوجود می‌آید. در اثر برخورد مولکول هایپراکسید با مولکول‌ها و ساختارهای زیر سلولی حساس صدمات غیرقابل بازگشتی به سلول ایجاد می‌شود. به‌طور کل طبق قانون برگونیه و تربیاندو سلول‌های که داری آهنگ بالاتری از تقسیمات میتوزی هستند مثل سیستم خونساز و گوارشی به پرتو حساس‌تر می‌باشند. دوز متوسط کشنده انسان (LD 50/60) (دوزی که باعث مرگ ۵۰ درصد از افراد تابش دیده در عرض ۶۰ روز می‌شود) بدون انجام هرگونه اقدامات پزشکی در حدود ۳/۵ گری برآورد شده است. با این وجود با توجه به پیشرفت‌های علم پزشکی و روش‌های درمانی تقریباً تمامی آسیب‌های پرتو در صورت درمان سریع و به موقع قابل درمان می‌باشند.

از دید آماری القای تومور و سرطان‌زایی مهمترین اثر ایجاد شده پرتو در درازمدت می‌باشد. این مطلب در اثر بررسی آماری از افرادی که به میزان بیش از ۱۰۰ رم تابش دیده‌اند به اثبات رسیده است. همچنین مطالعات دیگری نشان داده است که دریافت تابش بیش از ۱۰ رم باعث افزایش خطر مرگ در اثر سرطان به میزان ۰/۸٪ درصد در طول دوران زندگی فرد تابش دیده می‌شود. بنابراین در بین ۵۰۰۰ فرد تابش دیده با چنین میزانی از تشعشع حدود ۴۰ نفر از آنها به احتمال زیاد در آینده دچار بیماری سرطان خواهند شد. دوره زمانی که از زمان تابش تا بروز سرطان اتفاقی وجود دارد با توجه به نوع سرطان القا شده توسط تشعشع در انسان می‌تواند چندین سال بطول بینجامد. از دیگر اثرات پرتو برروی انسان و بافت‌های زنده کاتاراکت، کاهش قدرت تولید مثل و ایجاد ضایعات ژنتیکی در نسل‌های بعدی (Tetragenesis) می‌باشد. کاتاراکت می‌تواند از ۶ ماه تا چند سال بعد از تابش‌گیری اتفاق بیافتد. میزان دوز آستانه برای ایجاد کاتاراکت‌زایی در حدود ۲۰۰ رم برای پرتوهای با دوز ریت بالای گاما و حدود ۱۵۰۰ رم برای دوز ریت‌های پایین می‌باشد. اگرچه بیضه‌ها و تخمدان‌ها اعضای بسیار حساس به تشعشع

پرتو مثل خونریزی از بینی و تهوع است اندیکاسیون دارد. استفاده از چنین درمان‌هایی باعث کاهش آسیب به فرد تابش دیده شده و از ناتوان شدن بیش از اندازه آن جلوگیری می‌کند. البته باید در نظر داشت که این داروها رادیوپروتکتور نبوده و تأثیری در میزان آسیب‌های ناشی از پرتو بروی بیمار نخواهند داشت. در مواقعی که آسیب به مغز استخوان حائز اهمیت باشد به طوری که ساپرسیون مغز قرمز استخوان را در بر داشته باشد، جلوگیری از عفونت بیمار بایستی درمان را تحت شعاع قرار بدهد. درمان‌های پروفیلاکسی با استفاده از آنتی‌بیوتیک در بیمارانی که در نمونه خون آنها کاهش چشمگیر نوتروفیل‌ها بدون هیچ گونه علامتی از وجود تب دیده شده است بایستی لحاظ بشود. در صورت ادامه یافتن روند کاهش گلبول‌های سفید (مخصوصاً نوتروفیل‌ها) خطر ایجاد عفونت ثانویه مثل عفونت‌های قارچی ته‌اجمی افزایش یافته و در چنین حالتی استفاده از داروهایی که باعث تحریک سیستم خونساز بدن بشوند در صورتی که در عرض ۷۲ ساعت از زمان تابش‌گیری تجویز گردد، بسیار با ارزش می‌باشد.

این نکته را بایستی در نظر داشت که در هنگام درمان تمامی بیماران تابش دیده، تعویض مایعات بدن و جلوگیری از عفونت حتی در مورد بیمارانی که دارای سندرم گاسترواینستینال برگشت‌پذیر بوده‌اند، ضروری می‌باشد.

ملاحظات عمومی

ذرات استنشاق شده با اندازه کوچکتر از ۵ میکرون در نهایت در لته‌ها بدام خواهند افتاد، در حالی که ذرات بزرگتر توسط سیستم بزاقی از بدن زدوده خواهند شد. ذراتی که قابل حل در آب هستند می‌توانند مستقیماً وارد سیستم خونی و لنفاوی بدن شده در حالی که ذرات غیر قابل حل در آب قبل از اینکه توسط ریه‌ها از بدن دفع شوند به طور دائم به بافت‌های اطراف پرتو دهی خواهند کرد. به این ترتیب تجمع این ذرات در داخل آلئولارهای ریوی تا قبل از دفع کامل التهاب موضعی در پاسخ به پرتوهای تابیده شده ایجاد می‌کند که در نهایت می‌تواند منجر

هستند اما تأثیرات تابش بر روی آنها به صورت کوتاه‌مدت می‌باشد. تابش بیشتر از ۱۲ رم به کل بدن می‌تواند باعث ایجاد آزواسپرمیای (فقدان اسپرم) موقتی بشود که ممکن است از چندین ماه تا چند سال ادامه داشته باشد. ولی در هر صورت باروری طبیعی برگشت‌پذیر خواهد بود.

در مورد جنین به‌طور کل اثرات پرتو به چهار اثر کلی تقسیم می‌شود: تأخیر در رشد، اختلالات شدید مادرزادی (شامل خطا در متابولیسم)، مرگ جنینی یا مرگ نئوناتال و سرطانزایی. بیشترین میزان دائمی کندی در رشد در اثر تابش‌گیری در دوران جنینی بوقوع می‌پیوندد. بیشترین میزان شیوع اختلالات عملکردی و مادرزادی در اثر تابش‌گیری جنین در دوران اندامزایی (سه‌ماهه دوم و سوم بارداری) اتفاق می‌افتد. با این وجود اختلالاتی غیر از آنهایی که مربوط به سیستم عصبی مرکزی می‌شود در انسان کمتر دیده می‌شود.

رفع آلودگی

اغلب مواد آلوده کننده شامل تابش کننده‌های گاما و آلفا می‌باشند. ذکر این نکته بسیار حائز اهمیت می‌باشد که امکان اینکه یک فرد آنقدر آلوده باشد که باعث ایجاد خطر پرتوگیری برای بخش پزشکی بشود وجود ندارد. به همین دلیل نبایستی اقدامات پزشکی در مورد فرد آلوده را بدلیل احتمال پرتوگیری به تأخیر انداخت. در بیشتر مواقع جداسازی پوشش فرد از قبیل البسه و پوشاک می‌تواند تا حدود ۹۰٪ از میزان آلودگی بکاهد. آلودگی‌های ایجاد شده برای پوست و مو همیشه در اثر ذرات ریز می‌باشد که می‌توان با شستشو آن را رفع کرد. در صورت امکان لباس‌های فرد آلوده و همچنین موادی که در اثر شستن از وی جدا می‌شود بایستی از بین برده بشوند.

درمان

سندرم حاد تشعشع

در طی بروز علائم اولیه سندرم حاد تشعشع درمان‌های حمایتی و استفاده از داروهایی آنتی‌امتیکی که باعث کاهش اثرات

دارد. در این موارد از عوامل کی لیت بایستی استفاده کرد. به عنوان مثال کلسیم ادیتیت (EDTA) در مواردی که احتمال مسمومیت با سرب وجود دارد با در نظر گرفتن شرایط کلیوی بیمار مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین DTPA یکی از مؤثرترین داروهایی است که در زمینه درمان مسمومیت‌های فلزی ناشی از مواد رادیواکتیو چند ظرفیتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دیمرکاپل می‌تواند کی لیت‌های پایداری با جیوه، سرب، آرسنیک، طلا، بیسموت، کروم و نیکل ایجاد کرده و از این رو به عنوان دارویی برای درمانی آلودگی‌های داخلی این عناصر بکار می‌رود. پنسیلامین یکی دیگر از این دست داروها می‌باشد که می‌تواند در موارد آلودگی با مس، آهن، جیوه، سرب، طلا و دیگر عناصر سنگین مورد استفاده قرار گیرد [۶۵].

درمان‌های اختصاصی

امریکیم-۲۴۱: تجویز EDTA و DTPA در عرض ۲۴ تا ۴۸ ساعت اولیه بعد از تابش گیری و استنشاق مؤثر می‌باشد. پلوتونیم-۲۳۸/۲۳۹: تجویز یک گرم کلسیم دی‌تی‌پی‌ای به صورت اسپری و یا از طریق تزریق داخل وریدی در عرض ۲۴ ساعت اولیه آلودگی به همراه یک گرم ترکیب روی دی‌تی‌پی‌ای همزمان با مونیتورینگ سطح ماده رادیواکتیو در ادرار.

استرانسیم-۹۰: بلافاصله بعد از بلع ماده رادیواکتیو تجویز فسفات آلومینیم خوراکی می‌تواند جذب ماده رادیواکتیو را تا ۸۵٪ کاهش دهد. تجویز استرانسیم غیر رادیواکتیو می‌تواند به‌طور رقابتی از متابولیسم استرانسیم رادیواکتیو جلوگیری کرده و میزان دفع آن را افزایش دهد. همچنین دوزهای بالا از کلسیم و اسیدی‌سازی ادرار توسط کلرید آلومینیم می‌تواند دفع ماده رادیواکتیو را افزایش دهد.

اورانیم-۲۳۴/۲۳۵/۲۳۸: بیکربنات سدیم باعث کاهش سمیت یون‌های موجود در ادرار می‌شود. دیورتیک‌های لوله‌ای نیز می‌توانند بسیار کمک کننده باشند. بررسی‌های آزمایشگاهی شامل تجزیه ادرار، بررسی میزان اورانیم در ادرار ۲۴ ساعته، سرم کراتینین بیلی روبین، بتا ۲ میکروگلوبین، کلیرانس کراتینین و

به فیروز و یا زخم‌های ریوی گردد. جذب مواد رادیواکتیو بلع شده بستگی به میزان قابل حل بودن در آب و همچنین ترکیب شیمیایی آنها دارد. به‌عنوان مثال ید رادیواکتیو به سرعت جذب خواهد شد در حالی که جذب پلوتونیم و استرانسیم به کندی بوده و یا اصلاً جذب نمی‌شوند. بیشترین آسیب از رادیونوکلیدهایی که بدون تغییر از سیستم گوارشی عبور کرده و از طریق مدفوع دفع می‌شوند به قسمت تحتانی سیستم گوارشی وارد می‌شود. شستشوی سریع معده و تجویز داروهای امتیک می‌تواند به خالی شدن سریع معده کمک کند در حالی که استفاده از داروهای ملین و انما روده بزرگ میزان ماده رادیواکتیو احتباس شده در کولون را کاهش می‌دهد. همچنین استفاده از رزین‌های تعویض یونی میزان جذب رادیونوکلیدهای بلع و استنشاق شده را کاهش می‌دهد.

پوست انسان به‌طور طبیعی نسبت به بیشتر رادیونوکلیدها غیرقابل نفوذ می‌باشد اما زخم‌ها و سوختگی‌ها باعث کاهش این خاصیت پوست شده و به بسیاری از ذرات آلوده اجازه عبور از اولین سد محافظتی بدن را می‌دهند. از طرفی مایعاتی که در زخم‌ها وجود دارند باعث مخفی ماندن ذرات ضعیف بتا و آلفا از دید دکتورها می‌شوند. به دلایل گفته شده بایستی تمامی زخم‌ها با دقت زیاد شسته و خشک بشوند [۳ و ۴].

بعد از اینکه مواد رادیواکتیو جذب بدن شدند می‌توانند از غشاء مویرگی به صورت فعال و غیر فعال عبور کرده و در سرتاسر بدن توزیع شوند. فاکتورهایی که برروی آهنگ توزیع ماده رادیواکتیو مؤثر هستند شامل موارد زیر می‌باشد: میزان متابولیسم ارگان مربوطه، نحوه انتقال شیمیایی و میزان علاقه عنصر رادیونوکلید به ترکیب شدن با عناصری که به وفور در آن اندام وجود دارد. برخی از اندام‌ها مثل کبد، کلیه، بافت چربی و استخوان به علت دارا بودن مقادیر زیادی از پروتئین و چربی، بیشترین ظرفیت برای ترکیب شدن با عناصر رادیواکتیو و لذا آهنگ توزیع رادیواکتیو بالایی دارند.

مسمومیت فلزی ناشی از مواد رادیواکتیو یکی از تهدیدهای بالقوه‌ای است که به نوع رادیوایزوتوپ مورد استفاده بستگی

بررسی عملکرد کبد بایستی انجام گیرد.

درباره ارتباط میزان پرتوگیری از طریق ید رادیواکتیو و ایجاد سرطان تیروئید در کودکان، مقدار دوز تجویزی یدید پتاسیم برحسب سن، میزان پرتوگیری تیروئید و حاملگی و وضعیت شیردهی متغیر می‌باشد. اثرات جلوگیری کنندگی پتاسیم تنها به مدت ۲۴ ساعت ادامه خواهد داشت از این رو به منظور درمان پروفیلاکتیک بایستی به‌طور روزانه دوز معینی از آن تا اطمینان به از بین رفتن کامل خطر پرتوگیری از استنشاق و بلع ید رادیواکتیو ادامه داشته باشد.

درمان با یدید پتاسیم

ید رادیواکتیو یکی از محصولات شکافت هسته و عاملی است که می‌تواند به‌طور بالقوه باعث ایجاد سرطان تیروئید باشد. یدید پتاسیم اگر در زمان مناسب و به میزان مناسب تجویز شود می‌تواند برداشت تیروئیدی ید رادیواکتیو و در نتیجه ایجاد سرطان و هرگونه خطرات ناشی از جذب آن را به حداقل برساند. بعد از بررسی دقیق اطلاعات به‌دست آمده از حادثه چرنوبیل

References

1. Tymen H(2000). Contamination and decontamination of rat and human skin with plutonium and uranium, studied with a franzs chamber.int j Radiat boil, 76(10), 1417-1424
2. NCRP(1989). Management of persons accidentally contaminated with radionucleides.
3. Mettler Fred A(1990). Management of skin and wound contamination in medical management of radiation accidents. First edition.CRC Press, P. 200-206.
4. REAC/TS. Guidance for hospital medical management in: Guidance for radiation accident management. <http://www.ornl.gov/reacts/emergency.htm>.
5. IAEA(1978). Manual on Early medical treatment of possible Radiation injury. Safty series no.47. recommendation,
6. IAEA(1988). Medical handling of Accidentally Exposed Individuals safty series NO.88 Recommendations.

Introduction to contaminating radioactive elements and methods of decontamination

*Riazi R¹, Aghighi A²

Abstract

In the event of a nuclear disaster, in war or malfunctions in nuclear infrastructures, the first priority is to save the lives of those involved, and after that their bodies have to be decontaminated. In this article the radioactive elements with most radioactive contamination are introduced followed by a summery of the medical procedures advised for such cases.

Radioactive radiation can cause direct and indirect biological damage to the body tissue. During the exposure of body tissue to ionization radiation, energy is transferred causing ionization and stimulation in tissue. This ionization can cause direct damage to sensitive cells in the body which is considered as a direct cause of radioactive radiation to the body.

Keywords: Radioactive elements, Decontamination, Biological damage

1.MSc in Medical physics, Tehran
Medical university

2.MD. Be'sat hospital of IRIAF