

اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونساز

دکتر محمد رضا منظم

استادیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران و مدیر کل دفتر بررسی
آلودگی هوا سازمان حفاظت محیط زیست

mmonazzam@hotmail.com

اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونساز

- نخستین شناخت از اثرات سوء پرتوها چند ماه پس از کشف پرتو ایکس توسط رونتگن گزارش شده و بعد از آن در سال ۱۹۹۲ اولین مورد سرطانزایی پرتو ایکس در یکی از مجلات علمی بچاپ رسید.
- در مورد اثران زیانبار پرتوها بر موجودات زنده دو نوع تفکر شایع است:
- تفکر اول: خطر و عوارض این پرتوها را بسیار کمتر از واقعی در نظر میگیرند (تفکر افراطی)
- تفکر دوم: خطر و عوارض پرتوها را بسیار بیشتر از آنچه که هست در نظر میگیرند (تفکر تفریطی که بیشتر رواج دارد)
- خوشبختانه امروزه خطرات پرتوهای یونساز تا حد زیادی شناخته شده است.
- سلولهای تشکیل دهنده اندامهای مختلف بدن موجود زنده از نظر میزان حساسیت نسبت به پرتوهای یونساز با یکدیگر تفاوت دارند.
- تفاوت حساسیت اعضاء مختلف بدن انسان توسط برگونیه (Bergonie) و تریبوند (Tribondeau) تعیین شد و بصورت قانونی بنام این دو بیان می شود.

تئوري حساسيت سلولي

۱. حساسيت سلولي با قدرت توليدي و تكثر آن نسبت مستقيم دارد. يعني هر چه سلول بيشتتر تقسيم شود آسيب پذير تر است.
 ۲. هر چه ميزان سوخت و ساز (متابوليسم) سلول بيشتتر باشد مقاومت كم تري در برابر پرتوهاي يونساز نشان ميدهد.
 ۳. هر چه فعاليت تقسيم سلول زياد تر و مدت تقسيم آن طولاني تر باشد، سلول حساستر است (سلول بيشتتر و بمدت طولاني تري قابليت تقسيم خود را حفظ كند)
- بافتهاي كه همواره از نظر تقسيم سلولي فعالند ميتوان: بافتهاي خون و لنف ساز، پوشش دستگاه گوارش، دستگاه توليد مثل و..
 - در بين پستانداران انسان جزء حساسترين موجودات در مقابل جذب پرتوهاي يونساز مي باشد.

بافتهای حساس و مقاوم

- بافتهای حساس به پرتو:

– مغز استخوان، سلولهای جنسی، بافتهای لنفاوی، مخاط دستگاه گوارش و گلو، اپی درم پوست و فولیکولها

- بافتهای مقاوم به پرتو:

– استخوانها و بافتهای استخوانی، عضلات و بافتهای عضلانی و بافت عصبی

مراحل تقسیم سلول

- الف: تقسیم میتوزی: شامل :
 - پروفاز
 - متافاز
 - آنافاز
 - تلوفاز
- و پس از گذشتن این چهار مرحله سلول همانند خود تولید میکند
- ب: تقسیم میوزی: که با کاهش کروموزومی همراه است (سلولهای جنسی)

تقسیم بندی اثرات بیولوژیک

۱. اثرات قطعی non stochastic

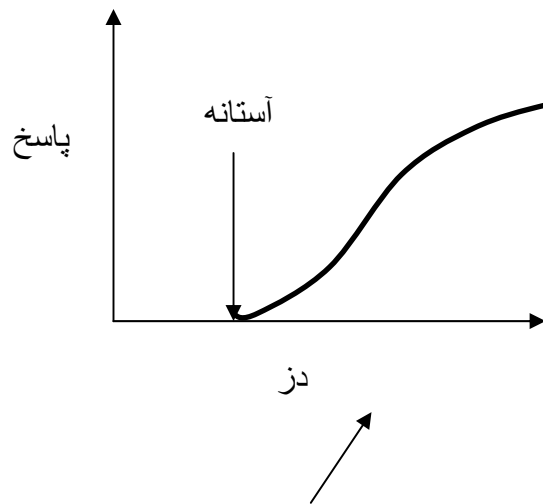
هنگامی که پرتوگیری از یک حد آستانه بیشتر باشد (مثلاً التهاب پوست، تغییرات خونی، آب مرواریدو..)

ویژگیهای این اثرات:

الف: قبل از آنکه یک علامت مشخص ظاهر شود باید مقدار دز از یک دز آستانه معین تجاوز کند

ب: هر چه مقدار دز بیشتر باشد اثر آن بیشتر و نمایان تر است.

منحنی دز-پاسخ (اثرات قطعی)



همانطور که از شکل دیده میشود در مقادیر کمتر از آستانه هیچگونه اثری دیده نمیشود.

تقسیم بندی اثرات بیولوژیک

۲. اثرات قطعی stochastic

این اثرات برای بروزشان معمولاً آستانه دز وجود ندارد (سرطانها، اثرات ژنتیکی و..)

این اثرات بطور تصادفی پدیدار می شوند و حتی ممکن است در افرادی که در معرض تابش پرتو قرار نگرفته اند مشاهده شود.

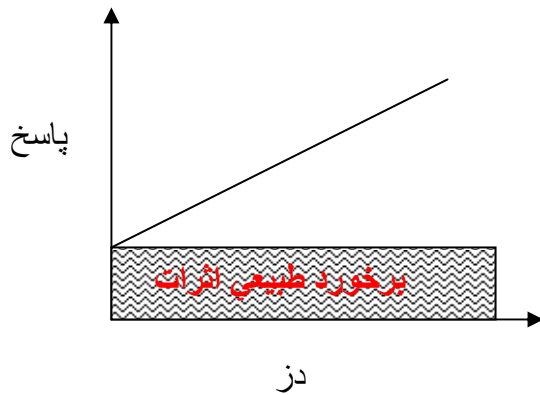
ویژگیهای این اثرات:

الف: آستانه دز برای بروز این اثرات وجود ندارد

ب: احتمال بروز این اثرات با افزایش دز زیاد می گردد

ج: تندی دز ارتباطی به بروز اثرات احتمالی ندارد.

(منحنی دز-پاسخ (اثرات احتمالی



همانگونه که مشاهده می شود رابطه خطی بین دز دریافتی و پاسخ وجود دارد و با مقادیر بسیار کم نیز احتمال اثرات وجود دارد

اثرات پرتو بر سلول

۱. اثرات مستقیم پرتو بر سلول

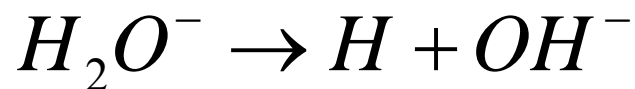
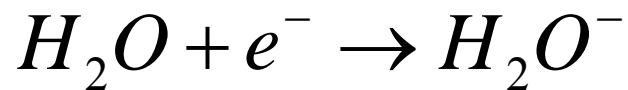
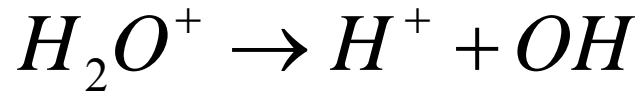
این اثرات عبارتند از:

- ایجاد وقفه در تقسیم سلول
- موتاسیون ژنی
- شکست کروموزومی یا تغییر ترکیب و ساختمان کروموزومهای آسیب دیده که منجر به تولید سلولهای دختر غیر طبیعی بعد از میتوز می گردد.
- مرگ سلولی که علت آن در اثر از دست دادن اعمال اختصاصی و بهم خوردن نسبت ترکیبات داخلی آن و همچنین نداشتن ظرفیت برای مواد تولیدی جدید می باشد.

اثرات پرتو بر سلول

۲. اثرات غیرمستقیم پرتو بر سلول

اثر رادیو شیمیایی يك اثر غیر مستقیم پرتو بر سلول است که موجب تغییرات در اجزاء شیمیایی سلول میشود.



مولکولهای یونیزه شده با عناصر شیمیایی که قبلاً یونیزه شده وارد عمل می شوند.

بیشترین وزن و حج سلول را آب تشکیل میدهد و میتوان بر احتی واکنشهای روبرو را دید:

یونهای H و OH تاثیر چندانی ندارند

ولی رادیکالهای آزاد آنها ممکن است با رادیکالهای مشابه ترکیب و تولید آب اکسیژنه که برای سلول سمی و کشنده است بنمایند.

اثرات زود رس پرتو بر انسان

۱. اثرات پوستی

– سرخی ملایم (Mild Erytema) :

- یک سرخی ملایم در محل آسیب دیده (همچون سوختگی آفتاب)
- معمولاً بعد از دریافت انرژی در حدود ۴ گری ایجاد میشود
- در مدت ۷ روز بر طرف میشود
- علت سرخی ، انساط رگهای خونی محل پرتو دیده است

– تاول مرطوب (Wet Dermatitis) :

- حالت التهاب و سرخی شدید (تاول و وزیکول)
- شبیه به سوختگی درجه دو پوست
- معمولاً بعد از دریافت ۵ گری ایجاد میشود.
- ترمیم کند است حدود ۶ هفته طول می کشد

اثرات زود رس پرتو بر انسان اثرات پوستي (ادامه)



• مرگ سلولي (Necrosis) :

- حالت خيلي شديد و دردناك از آزردگي پوست مي باشد
- با دزي حدود ۱۵ گري يا بيشتربوجود مي آيد
- شبیه سوختگی درجه ۳ پوست
- ترميم بسيار مشكل و طولاني است و ممكن است تا چند سال طول بکشد.

اثرات زود رس پرتو بر انسان

۲. اثرات روی عناصر خونی:

- عناصر مختلف موجود در خون مانند گلبولهای سفید و پلاکها بر حسب دز جذب شده عکس العملهای متفاوتی در مقابل پرتو دارند.
- کاهش گلبول سفید میتواند زمینه را جهت ابتلا به عفونت مساعد کند
- کاهش گلبولهای سفید از دزهای حدود ۰,۲۵ گری به بالا شروع میشود.
- مقاومت گلبولهای قرمز خون نسبت به پرتو بیشتر از گلبولهای سفید است (چون طول عمر آنها از گلبولهای سفید بیشتر و تغییر آنها در خون کند تر است)
- لذا آنمی (کاهش گلبول قرمز) ناشی از پرتوگیری ملایم تر از لوکوپنی (کم شدن گلبولهای سفید) حاصل از پرتوگیری می باشد.
- کم شدن پلاکتهای خون در دزهای بالاتر از ۰,۵ گری ممکن است اتفاق بیافتد و حالت خونریزی پیش بیاورد.
- در دز ۲ گری کاهش فعالیت مغز استخوان و در دز ۴ گری قطع کامل آن گزارش شده است

اثرات زود رس پرتو بر انسان

۳. اثرات روی سلولهای جنسی:

• بیضه ها:

- تمام مراحل تکاملی سلولهای جنسی مردانه در انسان از ابتدا (اسپرماتوگونی) تا انتها (اسپرماتوزوئید) را اسپرماتوژنز میگویند که شامل مراحل:
 - اسپرماتوگونی (با ۴۶ کروموزوم) به اسپرماتوسیت اولیه
 - با تقسیم میوزی به دو اسپرماتوسیت ثانویه (۲۳ کروموزوم)
 - تبدیل به اسپرماتوزوئید (گامت جنسی مردانه) در طی ۷۴+۵ روز
- برخورد پرتو به سلولهای جنسی باعث کاهش تعداد آنها و احتمالاً عقیمی میشود.

اثرات زود رس پرتو بر انسان

اثرات روی سلولهای جنسی (ادامه)

• تخمدانها:

– مراحل رسیدگی ، تکامل سلولهای جنسی زنانه را اووژنز می گویند که از اووگونی شروع و به اوول (گامت جنسی زنانه ختم میشود)

– تخمدانها نسبت به بیضه ها در برابر پرتوها خیلی حساسترند چون سلولهای تناسلی زنانه در بدو تولد در تخمدانها موجود است. و در اثر پرتوگیری احتمال دارد همگی از بین برود

– در بین ۳ تا ۶ گری تخمدانها میتوان عقیمی موقت تا دائم را نسبت به سن در خانمها ایجاد کند

اثرات زود رس پرتو بر انسان

۴. اثرات روی جنین

- دوره فوق العاده حساس (دوره قبل از جایگزینی ، يك هفته اول): در این مرحله تخمک در دیواره رحم است و در صورت دریافت دز بالا (۰,۴ تا ۱,۵ گری) سقط جنین و مرگ جنین اتفاق خواهد افتاد
- دوره حساس (دوره اندام زائی، تا سه ماهگی): در صورت پرتوگیری بالا (حدود ۲ گری به بالا) ناهنجاریهایی همچون کوچکی جمجمه، عقب ماندگی مغزی و فکری، نارسائی های بینائی، کوتاهی قد، آسیبهای اسکلتی، ناموزونی دندانها، آسیبهای کلیوی و سقط جنین بدنبال خواهد داشت.
- دوره اصلی جنینی (از سه ماهگی به بعد) : در این مرحله جنین نسبتاً مقاوم است ولی در عین حال در صورت پرتوگیری بالا می تواند عوارضی همچون میکروسفالی، کوتاهی، عقیم شدن و افزایش احتمال لوسمی و سرطاناتها را بدنبال داشته باشد

اثرات پرتوگيري تمام بدن

علائم پرتوگيري در دزهاي مختلف



| | |
|-------|--|
| () | |
| ' , | |
| ' - , | |
| ' , | |
| ' | |

- در صورتي كه تمام بدن پرتوگيري كند اثرات آن در بافتهاي متفاوت، يكسان نخواهد بود.
- در برخورد پرتو به تمام بدن با دز کمتر از ۰,۲۵ گري ممكن است اثرات كلينيكي مشاهده نشود، فقط با انجام اختصاصي (بررسي هاي كروموزومي) قابل تشخيص است.
- از حدود دز ۱ گري به بالا علائم كلينيكي ديده ميشود.

اثرات پرتوگيري تمام بدن

- پس از پرتوگيري ۴ گري
 - پس از چند ساعت: سردرد، استفراغ ، اسهال و تب
 - پس از چند روز: جوشهاي کوچکدر دهان و گلو و کم شدن تدريجي وزن
 - در طول دومين هفته: هبود نسبي ولي کاهش وزن همچنان ادامه دارد
 - در طول سومين هفته: بروز علائم قبلي با شدت بيشتري همراه با عقيمي
 - در طول چهارمين هفته: به احتمال قوي خواهد مرد
- احتمال مرگ و مير در برخورد اشعه با دز ۵ گري حدود ۵۰% است (LD-50=5 Gy)

اثرات تاخيري

۱. اثرات سوماتيكي: همچون سرطان، آب مرواريد و کوتاه شدن عمر
۲. اثرات ژنتيكي

- سرطانزائي: پرتوهاي يونساز با تاثير روي زنجيره DNA ميتوانند تغييرات در زنجيره هاي متفاوت آن ايجاد نموده و احتمالاً باعث جهش زائي يا موتاسيون شوند.
- پرتوهاي يونساز قادر به القاء سرطان ميشوند.

اثرات تاخيري سوماتيكي

- آب مرواريد:
- عدسي چشم در برابر تابش بسيار حساس است و در برابر تابش پرتوهاي يونساز نيز دچار آب مرواريد ميشود
- يك دز ۱ تا ۳ گري ميتواند در موشها آب مرواريد ايجاد کند
- براي انسان حدود ۱۰ گري پرتوگيري مورد نیاز است
- اگر دز دريافتي بصورت مرحله اي باشد، دز بيشتري لازم است.
- تابشهاي با LET بالا رخداد آب مرواريد را دو برابر مي کند.
- يك دوره كمون يك ساله لازم است
- چشم به نوترون بيشتتر از ساير پرتوها حساس است.

اثرات تاخیری

اثرات ژنتیکی

- عوامل شیمیایی و فیزیکی مختلف (همچون پرتوها) میتوانند ترتیب بازها را در مولکول DNA بر هم زده و در محتوای اطلاعاتی سلولهای بدن بی نظمی ایجاد کند
- در نتیجه ممکن است در سلولهای زایشی نوعی ناهنجاری پدید آید.
- ناهنجاریهای یاد شده میتواند بصورت شکست تک زنجیره و یا شکست دو زنجیره در ساختمان DNA ظاهر شود
- تغییرات و ناهنجاریهای ذکر شده که میتواند در نسل آینده بروز کند به اثرات ژنتیکی موسوم است
- این اثرات اهمیت بسیار زیادی دارند چون:
 - اثرات در نسلی بروز میکند که خود پرتو دریافت نکرده
 - ردیابی اثرات بسیار مشکل است.