



Environmental Diseases Part 2

فلزاتی که باعث آلودگی محیطی میشوند به چند دسته تقسیم میشوند:

۱. lead^۱ ۲. mercury^۲ ۳. Arsenic ۴. cadmium

سرب

عواملی که باعث افزایش سمیت ناشی از سرب میشوند: هوای شهری، خاک، آب، غذاهای مختلف

جذب سرب توسط دستگاه گوارش و ریه ها صورت میگیرد. جذب گوارشی سرب در بزرگسالان، کمتر از ۱۵ درصد و در کودکان بالای ۵۰ درصد تخمین زده شده است و این موضوع بدین معناست که آسیب جدی تر مغزی به کودکان وارد میشود. بیش از ۸۵ درصد سرب جذب شده، در استخوان ها و دندان ها تجمع می یابد. سرب در کودکان در remodelling استخوان و غضروف تداخل ایجاد میکند و باعث افزایش تراکم و radiodensity استخوان میشود.

تأثیرات متابولیک سمی سرب:

۱. تداخل در سنتز heme و ایجاد hypochromic anemia

۲. با جذب کلسیم در استخوان ها رقابت میکند.

۳. تداخل در انتقال عصبی (nerve transmission) و تکامل مغز در کودکان

۴. تداخل در عملکرد پمپ سدیم-پتاسیم و کاهش طول عمر RBC ها و ایجاد hemolytic anemia

۵. آسیب به کلیه

^۱ سرب

^۲ جیوه

مشکلات ناشی از مسمومیت با سرب عبارتند از:

- ✓ مشکلات شنوایی
- ✓ کاهش رشد
- ✓ آسیب مغزی-عصبی
- ✓ اختلالات گوارشی (اختلال در بیرون روی)

تأثیرات مزمن و متعدد سرب روی سلامتی:

۱. آسیب CNS و PNC:

- ❖ بالغین: سردرد، گیجی و کاهش حافظه
- ❖ کودکان: زوال عقل، مشکلات مغزی و encephalopathy

۲. تأثیرات خونی:

- ❖ آنمی
- ❖ منقوط شدن بازوفیلی^۳ گلبول های قرمز
- ❖ تداخل در ساخته شدن heme که باعث ایجاد microcytic hypochromic anemia میشود.

۳. اختلال عصبی-محیطی: در بالغین باعث دمیالینه شدن اعصاب میشود؛ که خود سبب کاهش سرعت انتقال پیام عصبی می گردد.

۴. ایجاد نارسایی کلیوی مزمن

۵. در دستگاه گوارش باعث دردهای شکمی میشود.

۶. در استخوان، به خصوص در کودکان باعث radiodense deposits در اپی فیز میشود.

مورفولوژی مسمومیت با سرب:

بافتهای هدف اصلی برای مسمومیت سرب، مغز استخوان، خون و سیستم عصبی است. بیمار دچار نقص در سنتز هموگلوبین و در نتیجه ایجاد microcytic hypochromic anemia میشود که اغلب همراه با mild hemolytic و سلول های منقوط بازوفیلیک (basophilic stippling) میباشد. آسیب مغزی ناشی از مسمومیت با سرب اغلب در کودکان ایجاد میشود و باعث کاهش IQ و مشکلات رفتاری مثل بیش فعالی و کاهش مهارت ها میگردد. در بزرگسالان باعث آسیب عصب محیطی و درواقع دمیالینه شدن و ایجاد دست و پای آویزان میشود. از جمله مشکلات GI میتوان به دردهای شکمی colicky اشاره کرد.

و مشکلات کلیوی عبارتند از:

- ۱- اختلال عملکرد لوله های کلیه
- ۲- فیبروز بینابینی
- ۳- نارسایی کلیه

³ نقطه نقطه شدن آبی رنگ

تنباکو:

تنباکو، شایع ترین علت خارجی سرطان های ایجاد شده در انسان و مسئول بیش از ۹۰ درصد سرطان های ریه است. عامل اصلی در سرطان، کشیدن سیگار و یا حتی مصرف تنباکو غیردود کردنی مثل snuff^۴، تنباکوی جویدنی و... است. که این مواد مضر باعث بخش مهمی از سرطان های دهانی نیز میشوند. ترک سیگار، شایع ترین عامل پیشگیری از مرگ انسان هاست.

نیکوتین یک آکالوئید موجود در برگ تنباکو است که به صورت مستقیم با بیماری های مربوط به تنباکو در ارتباط نیست؛ اما اعتیادآور است. بدون نیکوتین ترک سیگار بسیار راحت است. نیکوتین به گیرنده های موجود در مغز متصل شده و حین آزاد شدن کاتکول آمین ها^۵، مسئول تاثیرات ناگهانی سیگار کشیدن است. (مثل افزایش ضربان قلب و افزایش فشارخون)

تاثیرات دود کردن تنباکو:

۱. برونشیت مزمن: روی مخاط تنفسی باعث ایجاد التهاب و تولید موکوس میشود.

۲. emphysema^۶: فراخوانی لکوسیت ها به ریه و افزایش تولید الاستاز موضعی و تخریب بافت ریه و در نهایت باعث ایجاد emphysema میشود.

۳. سرطان ریه: هیدروکربن های چندحلقه ای به عنوان کارسینوژن عمل میکنند و باعث ایجاد سرطان ریه و مرگ ناشی از آن میشوند و همچنین خطر سایر کارسینوژن ها را هم زیاد میکنند. خطر ایجاد سرطان ریه در کارگران سیگاری کارخانه آزیست، ۱۰ برابر بیشتر از دیگر کارگران است. و این خطر مرتبط با شدت و مدت میزان exposure است. (یعنی هرچه تعداد بسته های سیگار در سال بیشتر، خطر سرطان بیشتر)

کشیدن تنباکو باعث ایجاد سرطان های مختلفی از جمله سرطان دهان، مری، پانکراس، مثانه و... میشود.

کشیدن سیگار باعث ایجاد بیماری هایی از جمله پیشرفت و تکامل^۷ atherosclerosis می شود.

در این بیماری دیواره شریان ضخیم شده، در نتیجه تهاجم و تجمع سلول های WBC و پرولیفراسیون سلول های عضله صاف باعث تجمع و تشکیل پلاک های چربی می شوند. همچنین کشیدن سیگار باعث ایجاد^۸ myocardial infarction می شود. سیگار کشیدن مادر باعث افزایش خطر سقط های خود به خودی (spontaneous abortions)، تولد جنین نارس و کاهش رشدی درون رحمی^۹ می شود.

نکته: توقف سیگار کشیدن باعث کاهش خطر مرگ ناشی از سرطان ریه می شود.

^۴ ناس

^۵ اپی نفرین، نور اپی نفرین

^۶ به هواگرفتگی یا اتساع و بزرگی عضوی در اثر گاز یا هوا گفته میشود

^۷ تصلب شرایین

^۸ MI سکته قلبی

^۹ IUGR

Passive smoking استنشاق دود سیگار بصورت منفعل یا اکسپوز شدن به دود تنباکو در محیط است که باعث ایجاد بیماری هایی مثل سرطان ریه می شود (که خطر ایجاد سرطان ریه را ۱.۳ برابر افزایش میدهد)

همچنین باعث ایجاد بیماری های atherosclerosis و MI و بیماری های تنفسی و آسم در کودکان می شود.

با اندازه گیری سطح خونی نیکوتین ، افراد passive smoking قابل تشخیص هستند.

Ethanol

مصرف الکل در مقادیر بالا باعث ایجاد صدمات فیزیکی و psychologic می شود. جذب اتانول در معده و روده کوچک صورت می گیرد و بعد از جذب به همه بافت ها و مایعات بدن انتشار پیدا می کند که بستگی به مقدار آن در خون دارد.

کمتر از ۱۰ درصد اتانول بدون تغییر از طریق ادرار ، تنفس و عرق کردن دفع می شود.

اتانول به عنوان منبع انرژی عمل می کند و به صورت غیر مستقیم باعث سوء تغذیه می شود.

اتانول باعث تجمع بیش از حد NADH و کاهش NAD می شود.

اتانول از چه راه هایی می تواند اکسید شود؟

بیشتر در سیتوزول به استالدهید تبدیل می شود که در نهایت استالدهید در میتوکندری به استیک اسید تبدیل می شود.

استالدهید باعث افزایش NADH و کاهش NAD می شود. در اینجا ALDH به معنای آلدهید دهیدروژناز می باشد.

Acute alcoholism (binge drinking)

نوشیدن الکل بسیار سریع و به مقدار بسیار زیاد.

الکلسم حاد اثرات عمده ای بر CNS دارد اما می تواند تاثیراتی هم بر کبد و GI داشته باشد. اگر مصرف الکل قطع شود این صدمات جبران پذیر است. الکل در مقادیر بالا بر CNS اثرات بسیار خطرناکی دارد و باعث ایجاد ضعف و بی حالی ، کما ، ایست تنفسی و در نهایت مرگ می شود .

علائم مسمومیت به الکل : اسهال ، استفراغ ، سخت بیدار شدن و تنفس آهسته و کم عمق است. استفراغ جهت حذف الکل از بدن انجام می شود .

Chronic alcoholism

الکلسم مزمن باعث ایجاد سیروز کبدی می شود و در واقع مکان اصلی برای صدمات مزمن الکل در کبد است.

اثرات الکلسم مزمن بر دستگاه گوارش : خونریزی ، زخم معده ، واریس مری

اثرات الکلیسم مزمن بر CNS :

^{۱۰} cerebral atrophy و ^{۱۱} optic neuropathy

اثرات الکلیسم مزمن بر ^{۱۲} CVS:

کاهش ^{۱۳} HDL ، افزایش فشار خون و کاردیومیوپاتی ^{۱۴} احتقانی (congestive cardiomyopathy)

سه مورد بالا جمعاً باعث افزایش بیماری های عروق کرونر قلبی می شود.

اثرات الکلیسم مزمن بر پانکراس : باعث ایجاد پانکراتیت حاد و مزمن می شود.

Carcinogen (acetaldehyde)

ماده سرطان زای موجود در الکل است و باعث ایجاد سرطان های مختلفی از جمله سرطان دهان ، مری ، کبد و سینه می شود.

Injury by therapeutic drugs (آسیب در اثر سوء مصرف دارو ها)

یک سری واکنش های ناخواسته دارویی یا یک پاسخ سمی یا نامطلوب نسبت به داروی مورد استفاده که در محدوده درمانی جهت پیشگیری ، تشخیص و یا درمان بیماری مصرف شده است. که به عوامل زیر بستگی دارد.

۱. این واکنش ها معمولاً وابسته به مقدار مصرف دارو (dose) هستند.
۲. تفاوت های فردی یا پلی مورفیسم در آنزیم های متابولیزه کننده دارو ، در پاسخ های متنوع نسبت به درمان دارویی و افزایش بروز عوارض جانبی نقش دارد.
۳. مکان های جذب (sites of absorption) ، تجمع و دفع دارو های مختلف در ایجاد عوارض آن ها نقش به سزایی دارد.

عوارض هورمون تراپی مثل تجویز استروژن همراه با پروژسترون :

۱. افزایش ریسک Endometrial carcinoma بعد از ۵ سال مصرف، به حدود ۳ الی ۶ برابر و بعد از ۱۰ سال مصرف، به بیش از ۱۰ برابر معمول میرسد.
۲. افزایش ریسک Breast carcinoma بعد از ۵ الی ۸ سال
۳. افزایش ریسک Thromboembolism (نوع ریوی و وریدی) در روز های اول مصرف هورمون. (این افزایش بیشتر در بیمارانی که risk factor هایی برای این بیماری دارند ، دیده میشود).
۴. افزایش بروز بیماری های cardiovascular شامل کاهش HDL و افزایش ^{۱۵} LDL و همچنین افزایش احتمال بروز بیماری های MI و atherosclerosis که در خانم های غیر سیگاری کمتر از ۴۵ سال و مصرف کننده این داروها دیده شده است.

¹⁰ کوچک شدن

¹¹ درگیری عصب چشم

¹² Cardiovascular system

¹³ چربی خوب خون High density lipoprotein

¹⁴ آسیب ماهیچه قلب

^{۱۶} Oral contraceptives (دارو های ضد بارداری خوراکی)

این دارو ها شامل مقادیری از پروژسترون و همچنین مقادیری از استروژن یا استروئید ها هستند.

مصرف این دارو ها می تواند :

- (۱) باعث ایجاد Breast carcinoma در کسانی که سابقه فامیلی دارند ، شود.
- (۲) موجب کاهش ریسک Endometrial cancer و ovarian cancer و همچنین افزایش ریسک cervical cancer شود.
- (۳) باعث افزایش ریسک thromboembolism ریوی و وریدی به میزان ۳ الی ۶ برابر شود.
- (۴) باعث افزایش فشار خون شود.
- (۵) باعث ایجاد بیماری های قلبی عروقی شود که این مورد به ترکیبات دارو بستگی دارد.
- (۶) باعث افزایش ریسک MI در زنان سیگاری در هر سنی و در زنان غیر سیگاری بالای ۳۵ سال شود. (زنان بالای ۳۵ سال سیگاری ۱۰ برابر بیشتر از غیر سیگاری ها در معرض خطر هستند).
- (۷) باعث افزایش ریسک hepatic adenoma به خصوص در زنان مسنی که بصورت طولانی مدت از oral contraceptives استفاده کرده اند ، میشود.

نکته : ترکیبات جدید دارو های جدید ضد بارداری خوراکی تا به حال موجب ایجاد بیماری های کیسه صفرا نشده اند.

Heroin

هروئین یک اپیوئید اعتیادآور از مشتقات مورفین است که استفاده ی آن بسیار مضرتر و آسیب رسان تر از کوکائین است. مرگ ناگهانی معمولاً مرتبط با overdose، خطری است که همیشه وجود دارد؛ چون درجه خلوص دارو معمولاً نامشخص و از ۲ تا ۹ درصد تخمین زده شده است. مرگ ناگهانی، سالانه در ۱ تا ۳ درصد موارد در آمریکا گزارش شده است.

آسیب های ریوی که هروئین می تواند ایجاد کند، شامل ادم متوسط تا شدید ریوی، سپتی سمی ناشی از آبسه های ریوی، عفونت های فرصت طلب، گرانول های جسم خارجی ناشی از تالک یا سایر مواد همراه هروئین است.^{۱۷}

عفونت ها بیشتر در ۴ ناحیه اتفاق می افتد:

۱. پوست
۲. بافت های زیر پوستی
۳. دریچه های قلبی
۴. کبد و ریه ها

^{۱۵} چربی بد خون Low density lipoprotein

^{۱۶} OCP

^{۱۷} در تعداد قابل توجهی از نمونه های آسیب شناسی ریه معتادین تزریقی گرانولوم جسم خارجی مشاهده می گردد. می توان بعنوان روشی قابل اعتماد برای تشخیص اعتیاد تزریقی از آن استفاده نمود.

درگیری های پوستی شامل ضایعات پوستی است که شایع ترین علامت اعتیاد به هروئین می باشد. تغییرات حاد شامل آبسه ها، سلولیت و زخم هایی که به دلیل تزریقات زیرپوستی ایجاد شده اند و scar در نواحی تزریق یا hypopigmentation روی ورید هایی که معمولا استفاده شده اند، می باشد.

بیماری های کلیوی شایع ند که بیشتر به دو صورت می باشند:

۱. Amyloidosis^{۱۸}

۲. Glomerulosclerosis

هر دو شامل پروتئین اورپای^{۱۹} سنگین و سندروم نفروتیک هستند.

آسیب توسط عوامل فیزیکی

آسیب القا شده توسط عوامل فیزیکی شامل موارد زیر است:

- ۱) ترومای مکانیکال mechanical trauma
- ۲) صدمات حرارتی thermal injury
- ۳) صدمات الکتریکی electrical injury
- ۴) صدمات ایجاد شده توسط اشعه یونیزه injury produced by ionizing radiation

Mechanical Trauma

ترومای مکانیکی انواع مختلفی از آسیب ایجاد میکند که به موارد زیر بستگی دارد:

- ✓ شکل جسم آسیب رسان
 - ✓ میزان انرژی آزاد شده حین اصابت ضربه
 - ✓ بافت ها یا ارگان های تحمل کننده ضربه
- تمام بافت های نرم نسبت به نیروی مکانیکی به صورت مشابه عمل می کنند و الگوی آسیب می تواند به انواع زیر تقسیم شود:

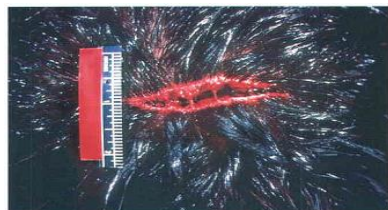
- سایش یا خراشیدگی abrasions
- خون مردگی contusions
- پاره شدگی ها lacerations
- زخم های بریده شده incised wounds
- زخم های سوراخ شده puncture wounds

¹⁸ آمیلوئیدوز نام گروهی از بیماری ها است که با رسوب پروتئین های فیبریلی غیرطبیعی (آمیلوئید) در بافت ها و اعضای سراسر بدن مشخص می شود.

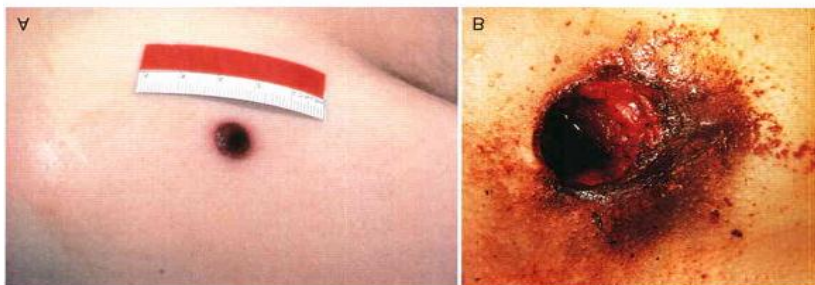
¹⁹ حضور پروتئین در ادرار

Mechanical Trauma_ Morphology

- **خراشیدگی یا Abrasion:** این نوع آسیب پوستی عمدتاً به صورت یک خراش ظاهر می شود که در اپیدرم سطحی به وسیله ساییدگی یا فشار پاره شده است.
- **کوفتگی یا contusion:** این آسیب در اثر یک نیروی غیرنافذ ایجاد می شود که به رگ های خونی کوچک آسیب می رساند و باعث خون ریزی بینابینی و ورود خون به بافت ها می شود.



- **پارگی یا laceration:** پاره شدن نامنظم پوست که در اثر کشیدگی زیاد ایجاد می شود. مشخصه ی یک پارگی این است که نوارهایی از بافت فیبروز و رگ های خونی دیده می شود؛ در صورتی که در بریدگی این دو دیده نمی شوند. لبه های پارگی به صورت نامنظم، دنداندار، خون ریزی دهنده و آسیب دیده هستند.
- **بریدگی یا incised wound:** بریدگی به وسیله ی یک شی برنده و تیز مانند چاقو ایجاد می شود. لبه های بریدگی تمیز و sharp هستند و هیچ نوار بافتی وجود ندارد.
- **زخم های سوراخ شده یا puncture wound:** این زخم ها توسط یه جسم باریک و بلند ایجاد می شوند. زمانی که جسم وارد بافت می شود، اصطلاح penetrating (نافذ بودن) به کار می رود.
- **Perforating wound:** این اصطلاح زمانی به کار برده می شود که جسم از بافت عبور کرده و از یک سمت دیگر خارج شود.
- **Gunshot wound:** زخم های گلوله نوع خاصی از زخم هستند که برای پاتولوژیست های پزشکی قانونی اهمیت دارند؛ به عنوان مثال، درمورد اسلحه های دستی که در فاصله نزدیک نگه داشته می شوند، تغییر رنگ خاکستری مایل به سیاه در اطراف زخم و محل ورود گلوله ایجاد می شود که توسط گرما، دود و رسوبات پودر سوخته شده، همراه گلوله خارج می شوند. اما در فاصله بیشتر از ۴ تا ۵ فوت، همچنین هاله ای وجود ندارد.



تصویر سمت راست: گلوله از فاصله دور_ تصویر سمت چپ: گلوله از فاصله نزدیک

Thermal Injury

اهمیت بالینی آسیب های حرارتی یا سوختگی های حرارتی، به عوامل زیر بستگی دارد.

- ✓ عمق سوختگی
- ✓ درصدی از سطح بدن که گرفتار سوختگی شده است.
- ✓ احتمال آسیب داخلی به علت استنشاق بخار های داغ و سمی
- ✓ سرعت و کفایت درمان به خصوص اداره کردن آب و الکترولیت ها و پیشگیری یا کنترل عفونت های زخم

Hyperthermia

هایپرترمی، exposure طولانی مدت با درجه حرارت بالا است که می تواند باعث موارد زیر شود:

- (۱) Heat cramp یا گرفتگی عضلانی ناشی از گرما: به دلیل از دست رفتن الکترولیت اتفاق می افتد و پدیده ای دردناک است؛ اما، به راحتی با مصرف مایعات درمان می شود.
- (۲) Heat exhaustion یا خستگی مفرط ناشی از گرما: شایع ترین سندروم گرمایی است و شروعی ناگهانی دارد. همراه با ضعف شدید و افت فشار است؛ اما، بعد از یک دوره ی کوتاه مدت افت فشار و تب شدید، تعادل مجددا و خود به خود برقرار می شود. جدی است اما به ارگانی آسیب وارد نمی کند.
- (۳) Heat stroke یا گرمazedگی: با درجه حرارت و رطوبت بالا ارتباط دارد و مکانیسم های تنظیم دمای بدن مختل می شود. در تعریفی که از گرمazedگی وجود دارد، درجه حرارت قسمت مرکزی بدن بالا رفته و به بالای ۴۰ درجه سانتی گراد می رسد و سبب اختلال در عملکرد چندین ارگان می شود. میزان مرگ و میر ناشی از گرمazedگی بالای ۵۰ درصد گزارش شده است.

Electrical injury

صدمات الکتریکی اغلب کشنده اند و می توانند در اثر تماس با جریان های ولتاژ پایین در خانه و محل کار و یا جریان های با ولتاژ بالا توسط خطوط highpower ایجاد شوند.

صدمات شامل سوختگی (burn) و فیبریلاسیون بطنی (ventricular fibrillation) یا failure سیستم قلبی است. نوع آسیب به شدت جریان (آمپر)، طول مدت جریان و مسیر عبور جریان از بدن بستگی دارد.

Injury produced by ionizing radiation

پرتوتابی یا radiation، انرژی است که به شکل امواج یا ذرات پرسرعت انتقال می یابد و می تواند به دو نوع پرتو یونیزه (ionizing) و غیر یونیزه (non_ionizing) تقسیم شود.

Non_ionizin: این پرتو می تواند باعث چرخش و ارتعاش اتم ها در مولکول ها شود اما نمی تواند سبب جابه جایی الکترون ها از اتم ها شود. پرتو های غیر یونیزه شامل UV، مادون قرمز، microwave و امواج صوتی هستند.

Ionizing radiation

این پرتوها دارای انرژی کافی جهت بیرون کردن الکترون ها به صورت کامل هستند؛ این پرتوها شامل اشعه های X، γ و α می باشند. پرتوهای یونیزان باعث آسیب به DNA، RNA و پروتئین می شوند، رادیکال های آزاد تولید می کنند و در صورت overexposure باعث deformity، سرطان و مشکلات دیگر می شوند.

صدمات ایجاد شده توسط پرتوهای یونیزان

این پرتوها کاربردهای medical دارند و از جهاتی برای ما ضروری می باشند اما مانند شمشیر دولبه عمل می کنند.

موارد استفاده‌ی آن‌ها شامل : ۱- استفاده در درمان سرطان، ۲- تصاویر رادیوگرافی تشخیصی و ۳- رادیوایزوتوپ‌های درمانی یا تشخیصی می‌باشد.

اگرچه این پرتوها ممکن است (mutagenic جهش‌زا)، (carcinogenic سرطان‌زا) و یا (teratogenic باعث ایجاد تراتوم در بافت‌های مختلف) باشند.

انتقال خطی انرژی (LET)

به مقدار از دست رفتن انرژی به ازای واحد فاصله‌ی طی شده توسط اشعه گفته می‌شود. واحد آن $\text{eV}/\mu\text{m}$ است. بر این اساس اشعه‌ی آلفا به صورت سطحی و ایکس و گاما به صورت عمقی تر نفوذ می‌کنند. ترتیب انتقال انرژی خطی در اشعه‌های یونیزان به صورت مقابل است : آلفا < بتا < ایکس و گاما. بنابراین بیشترین میزان از دست دادن انرژی مربوط به پرتو آلفا بوده و به صورت سطحی نفوذ می‌کند اما پرتوهای ایکس و گاما تقریباً به یک میزان در اجسام نفوذ کرده ، نفوذ عمقی دارند و بیشترین نفوذ را در بین این پرتوها به خود اختصاص می‌دهند.

اثرات بیولوژیک پرتوها به متغیرهای زیر بستگی دارد:

۱- میزان حساسیت بافت‌های در حال تزايد یا proliferation هرچه سرعت تقسیم سلولی بالاتر باشد، میزان حساسیت بافت هم بیشتر است. مانند:

بافت‌های دارای turnover بالا B.M (bone marrow): یا مغز استخوان، lymphoid (بافت‌های لنفوئیدی) و GI (mucosa مخاط دستگاه گوارش)

بافت‌های دارای turnover متوسط: مانند کبد و اندوتلیوم.

بافت‌هایی که تقسیم نمی‌شوند: شامل مغز (نورون‌ها) و ماهیچه‌ی قلبی. (myocardium)

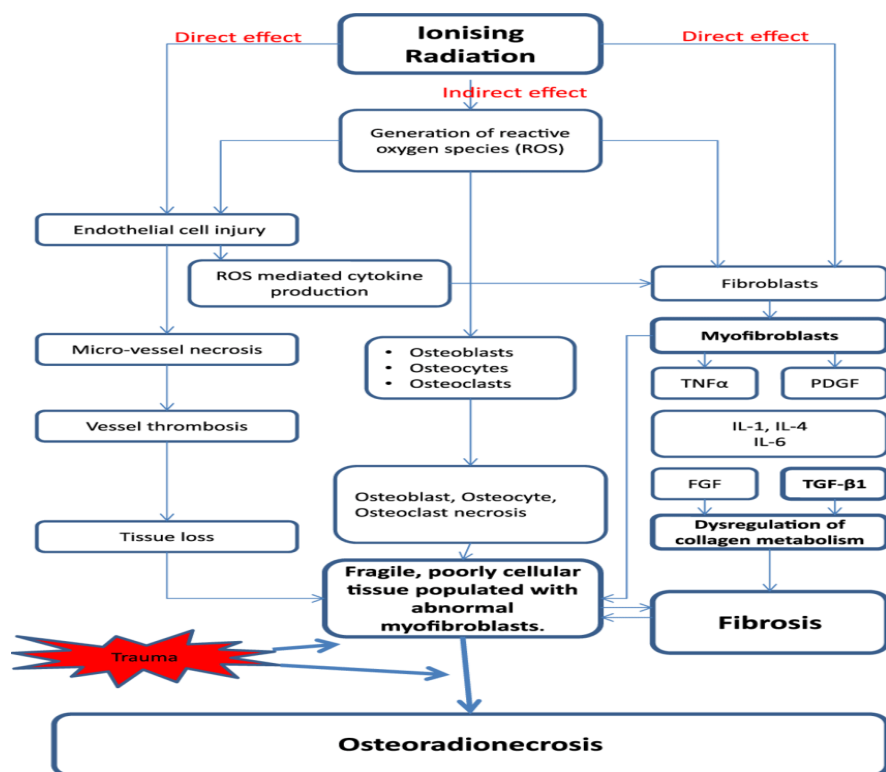
۲- آسیب‌های عروقی (vascular damage): آسیب به اندوتلیالهایی که به صورت moderate sensitivity به پرتوایی هستند، ممکن است باعث باریک شدن عروق خونی، انسداد آن‌ها، فیبروز و chronic ischemic atrophy در بافت شود.

تأثیرات تاخیری در بافت‌هایی با درجه‌ی پایین proliferation سلولی مثل مغز، کبد، کلیه، عضلات و بافت‌های زیرجلدی باعث ایجاد مرگ سلولی، آتروفی و فیبروز می‌شوند. این تغییرات مرتبط با آسیب عروقی و آزاد شدن واسطه‌های التهابی هستند.

۳- rate of delivery میزان رهایی اشعه‌ی یونیزان ؛

به طوری که اگر این دوزها را به دوزهای کوچک‌تر تقسیم کنیم، بافت فرصت ترمیم پیدا می‌کند. مثلاً تأثیرات بیولوژیک را می‌توان با شکستن $45-60\text{Gy}$ به دوزهای $1.8-2\text{Gy}$ برای درمان breast cancer تغییر داد.

۴ oxygen و size of location-عوارض بیولوژیک می‌توانند تحت تأثیر میزان اکسیژن و سایز محل ضایعه و بافت هم قرار گیرند.



در این شکل نموداری را مشاهده می‌کنیم که تأثیرات اشعه‌های یونیزان روی DNA و ادامه‌ی تأثیرات به صورت direct و indirect (که مهم‌تر است) را نشان می‌دهد. تأثیرات افزایشی یا enhancement و aberrant یا نابه‌جا هم در این تصویر مشاهده می‌شوند.

تأثیرات پرتوتابی بر روی ارگان‌ها

Hematopoietic system:

حساس‌ترین ارگان است که اشعه‌ی یونیزان در این بافت ۱- باعث shrinkage یا چروک شدن بافت لنفوئید و کاهش لنفوسیت‌ها می‌شود.

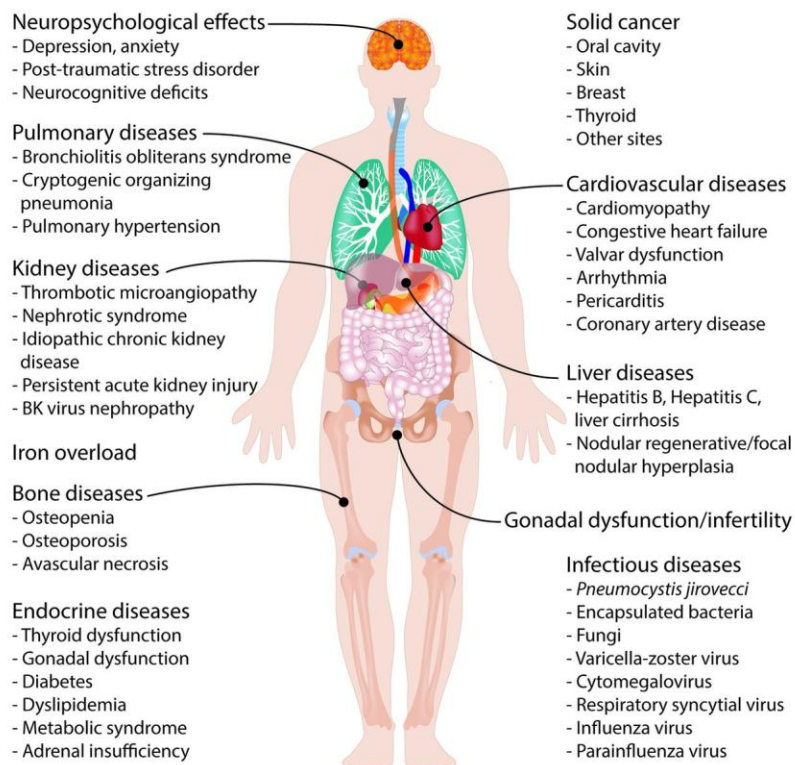
۲- دوز بسیار بالای اشعه stem cell های مغز استخوان را می‌کشد و باعث ایجاد aplastic anemia می‌شود.

۳- در دوز پایین‌تر یا غیرکشنده (sublethal) لنفوسیت‌ها پس از هفته‌ها تا ماه‌ها دوباره ترمیم شده و بهبود پیدا می‌کنند. گرانولوسیت‌ها پس از ۲-۳ ماه و پلاکت‌ها به صورت روزانه recover یا ترمیم می‌شوند RBC. ها کم می‌شوند و anemia بعد از ۲ تا ۳ هفته ایجاد می‌شود و گاهی برای ماه‌ها باقی می‌ماند.

سایر ارگان‌های حساس نیز تحت تأثیر پرتوتابی قرار می‌گیرند و افزایش خطر^{۲۰} neoplasm در دوزهای غیرکشنده وجود دارد.

^{۲۰} بدخیمی

تبعات آسیب‌های پرتوتابی به صورت اولیه در ساعات اولیه تا هفته‌ها بعد ایجاد می‌شود و تغییرات تأخیری ماه‌ها تا سال‌ها بعد ظهور می‌یابند. این تبعات بر اساس دوز پرتوتابی و نوع exposure فرق دارند و این شکل تبعات روی ارگان‌های مختلف را نشان می‌دهد.



نکته: اشعه با دوزهای مختلف در زمان‌های متفاوت می‌تواند تأثیرات مختلفی را در ارگان‌های خاص ایجاد کند.