

## طَبَّ کار ۴

(فروردین ۱۴۰۴)

# بیماریهای ناشی از عوامل زیان آور فیزیکی محیط کار

مدرس:  
سمیه فرهنگ  
دکتری بهداشت حرفه ای و ایمنی کار

# عوامل و استرس‌های محیطی

عوامل و استرس‌های مختلف محیطی که می‌توانند موجب بیماری و اختلال در سلامتی کارگران شوند

✓ **فیزیکی** (صدا، ارتعاش، استرس حرارتی، پرتوها، **روشنایی**)

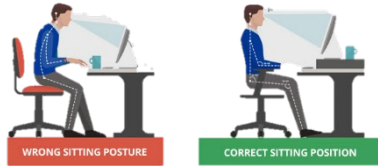


✓ **شیمیایی** (انواع مواد شیمیایی، سمی و آفت کش ها)



✓ **بیولوژیکی** (ویروس ها، باکتریها، قارچها، انگل ها)

✓ **روانشناختی** (مخاطرات ناشی از ناتوانی فرد در تطابق با محیط روانشناختی کار)



✓ **ارگونومی** (وضعیت نامناسب بدنی در زمان کار با ابزارها و ماشین آلات و ...)

✓ **ایمنی** (وقوع حوادث و ایجاد جراحت ناشی از عدم رعایت نکات ایمنی کار با ابزارها و ماشین آلات

ناایمن و ...)



|                                  |                          |
|----------------------------------|--------------------------|
| ✓ مفاهیم                         | X علل پزشکی              |
| ✓ مواجهه های شغلی                | X آزمایشات و معاینات     |
| ✓ عوارض و بیماریهای مرتبط با کار | X تشخیص                  |
| ✓ پایش و حدود مجاز مواجهه        | X روش های درمان          |
| ✓ پیشگیری                        | X پیش آگهی بیماری و .... |



# ارتعاش

# ارتعاش در محیط کار

منظور از ارتعاش حرکت نوسانی است که یک جسم حول نقطه تعادل خود انجام می‌دهد. صدا و ارتعاش هر دو از جنس امواج مکانیکی بوده و قابل تبدیل به یکدیگر می‌باشند. ارتعاش برخی مواقع تشدید کننده صدا و حتی علت ایجاد، یا منبع تولید صدا نیز می‌تواند باشد. انتشار موج صوتی در مجاورت اجسام می‌تواند باعث ارتعاش آنها گردد.

تجهیزات و وسایل کاری که به طور فراگیر مورد استفاده کارگران بوده و مولد ارتعاش هستند شامل: ابزارهای الکتریکی چرخان، انواع موتورهای درونسوز و ابزارهای پنوماتیک و وسایل نقلیه و نیز دستگاه‌های که قسمت‌های متحرک دارند مانند آسیاب و میکسر.

ارتعاش ماشین آلات + ارتعاش انسانی (تمام بدن و دست و بازو)



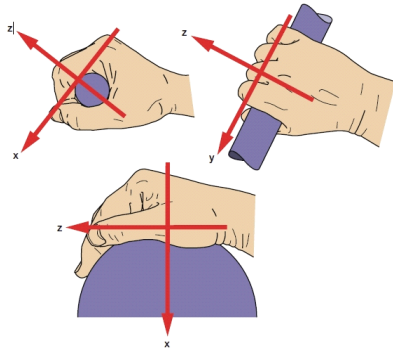
# انواع ارتعاش انسانی

ارتعاش وارد شده بر انسان شامل دو مبحث مهم و اساسی است:

ارتعاش تمام بدن (WBV) و

ارتعاش دست و بازو (HAV).

یکی از عوامل مهم در بررسی حرکت ارتعاشی، جهت ورود آن به بدن می باشد. واکنش های فیزیولوژیک انسان به ارتعاش تمام بدن و حساسیت ناشی از آن، شدیداً به جهت ورود نیروی ارتعاشی به بدن یا اعضا بستگی دارد.



- جهت X از کف به پشت دست

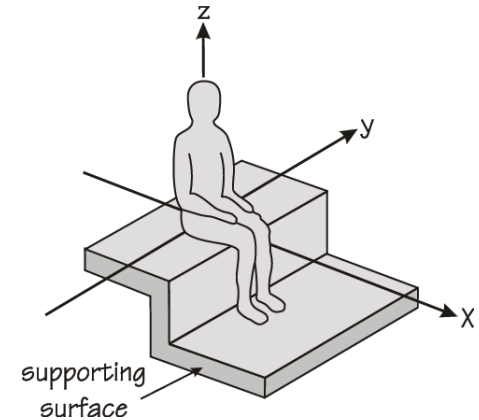
- جهت Y در جهت پهنای دست، از انگشت کوچک به سمت انگشت شست

- جهت Z در امتداد طول دست (از نوک انگشتان به سمت بازو)

جهت X از پشت به سینه

جهت Y از شانه به شانه

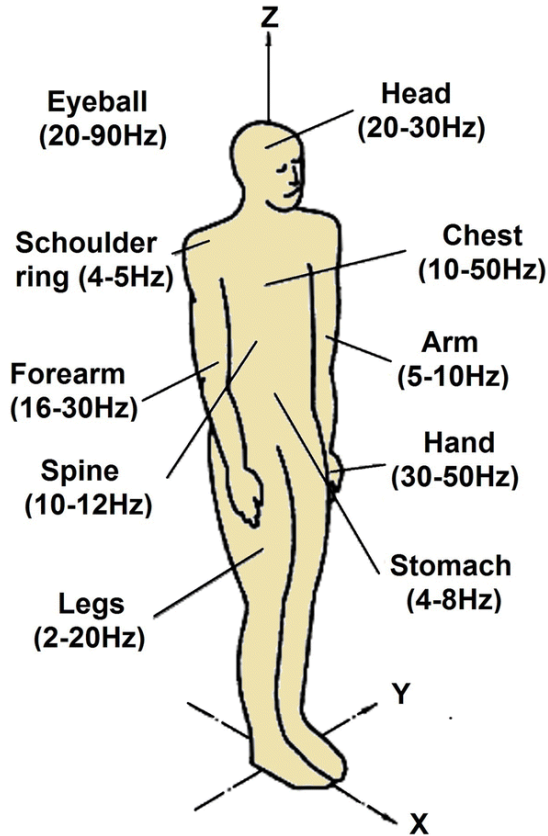
جهت Z در امتداد طول بدن (از پا به سر)



## ارتعاش تمام بدن

هر قسمت از بدن انسان دارای فرکانس (جرم، فنریت و میرایی) منحصر به فرد خودش است. در نتیجه هر قسمت از بدن جداگانه با توجه به فرکانس خود ممکن است دچار پدیده تشدید شود.

ارتعاش تمام بدن به ساختارهای آناتومیکی حمایتی، مخصوصا پاها در زمان ایستاده بودن و به باسن و کمر در زمان نشسته بودن منتقل می‌گردد. ارتعاش‌هایی با فرکانس پایین که سبب ارتعاش تمام بدن می‌شوند. پتانسیل ایجاد رزونانس و ایجاد اثر بر روی سیستم اسکلتی عضلانی را دارند.



مدل ارتعاش مکانیکی در انسان

## منابع ارتعاش تمام بدن

| فعالیت     | منبع                                                  |
|------------|-------------------------------------------------------|
| انبارداری  | لیفتراک                                               |
| ساخت و ساز | جرثقیل، بولدوزر، ماشین‌های جاده، تراکتور، بیل مکانیکی |
| کشاورزی    | تراکتور                                               |
| حمل و نقل  | متروها، اتوبوس‌ها، قطارها، هلی کوپترها و تراکتورها    |
| ساختمان‌ها | ارتعاش مترو و ریل و سیستم تهویه                       |

## اثرات ارتعاش تمام بدن بر سلامت

✓ موثرترین فرکانسی که سبب ارتعاش عمودی تمام بدن و از ناحیه پا یا باسن وارد بدن می شود دارای محدوده ای بین ۴ تا ۸ هرتز خواهد بود.

✓ ارتعاش هایی که دارای محدوده فرکانسی بین ۲.۵ تا ۵ هرتز می باشند سبب ایجاد پدیده تشدید



در مهره های گردن و ناحیه کمر می شوند و این تشدید سبب تقویت آن تا ۲۴۰٪ می شود.

✓ در بین فرکانس های ۴ تا ۶ هرتز پدیده رزونانس در تنه ممکن است دو برابر شود.



✓ ارتعاش با محدوده فرکانسی ۲۰ تا ۳۰ هرتز سبب ایجاد رزونانس شدیدی

در بین نواحی سر و شانه ها می گردد و تا ۳۵۰٪ تقویت می گردد.



## اثرات ارتعاش تمام بدن بر سلامت

در بدن انسان این عوامل می‌توانند سبب ایجاد **استرس‌های مزمن** و گاهی حتی منجر به **صدمات دائمی به اندام‌های تحت تاثیر یا دیگر اندام‌ها** شوند. بیشترین توجه به اثرات زیان بار ناشی از **WBV** در بین نیروهای کار به **کمردرد** در

**بین رانندگان وسایل نقلیه** نسبت داده می‌شود.

در حالیکه تغییرات زودگذر **سایکوموتور**،

**فیزیولوژیک** یا **عملکرد روانی** فرد به WBV

نسبت داده می‌شود، **بزرگترین نگرانی** در مورد

**درد مزمن قسمت‌های پایین کمر** می‌باشد.

بیشترین تاکید برای **ارزیابی ریسک** و **درمان** به نشستن بر

روی صندلی لیفتراک، ماشین‌های ساختمان سازی و خودروهای

مخصوص **جاده‌های خاکی** اطلاق می‌شود.



مواجهه مزمن با ارتعاش تمام بدن:

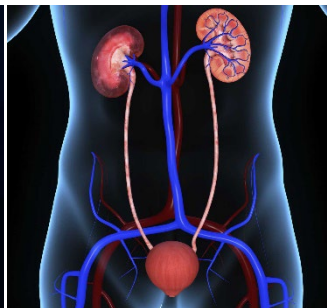
اختلالات اسکلتی-عضلانی، اختلالات گوارشی، سیستم‌های تناسلی-ادراری،

هموروئیدها، فشار خون بالا، اختلالات کلیوی، ناتوانی جنسی و ناباروری در مردان و زنان.

مواجهه حاد و مزمن:

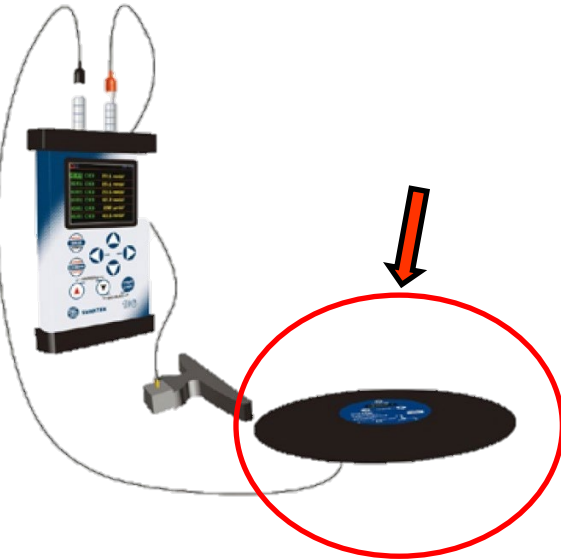
سرگیجه، کاهش تمرکز، اختلال در بینایی و تعادل، و حالت تهوع

ارتعاش به عنوان یک استرس فیزیکی می‌تواند ترشح هورمون‌های محرک را زیاد کرده و باعث تحریک عصبی گردد. افزایش فشار خون و نبض نیز به همین دلیل است.



## حد مجاز مواجهه شغلی با ارتعاش تمام بدن

| مدت مجاز مواجهه<br>(دقیقه) | حد مجاز شتاب مؤثر<br>معادل - برآیند سه<br>جهت ( $m/s^2$ ) |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------|
| ۹۶۰                        | ۱/۸                                                       |
| ۴۸۰                        | ۲                                                         |
| ۲۴۰                        | ۲/۸                                                       |
| ۱۲۰                        | ۴                                                         |
| ۶۰                         | ۵/۵                                                       |
| ۳۰                         | ۸                                                         |
| ۱۵                         | ۱۲                                                        |
| ۷/۵                        | ۱۷                                                        |



| Expected Daily Exposure<br>Duration<br>(hours) | TLV<br>( $ms^{-2} rms$ ) |
|------------------------------------------------|--------------------------|
| 0.17                                           | 6.00                     |
| 0.50                                           | 3.46                     |
| 1.00                                           | 2.45                     |
| 2.0                                            | 1.73                     |
| 4.0                                            | 1.22                     |
| 8.0                                            | 0.87                     |
| 12.00                                          | 0.71                     |
| 16.00                                          | 0.61                     |
| 24.00                                          | 0.50                     |

$$TLV = \frac{2.45}{\sqrt{T}}$$



## پیشگیری

جهت کنترل WBV بیشتر باید بر روی **اندازه‌گیری میزان ارتعاش** و مقایسه آن با مقادیر استاندارد و **ارائه راهکارهای کنترلی** توجه کرد تا انجام معاینات و ارزیابی‌های پزشکی.

به عنوان مثال در وسایل حمل و نقل از **صندلی‌های جاذب ارتعاش** استفاده می‌شود تا میزان **ارتعاشات عمودی** را کاهش دهند. اگرچه **طراحی‌هایی** که از قبل در بدنه و سیستم تعلیق و کمک فنرهای خودرو استقرار یافته‌اند، موثرتر خواهند بود. در محیط‌های صنعتی نیز نصب **تجهیزات ضد ارتعاش** بر روی ماشین آلات، **کنترل از راه دور** و ایزوله کردن از جمله اقدامات حفاظتی در برابر ارتعاش هستند.

Elimination

Substitution

Engineering Controls

Administrative Controls

PPE



# اثرات مواجهه با ارتعاش دست و بازو

مواجهه با ارتعاش دست و بازو می تواند باعث اختلالات عملکردی نورولوژیک و شریانی اندام های فوقانی شود. آسیب ناشی از ارتعاش سگمنتال در **فرکانس های ۵ تا ۱۵۰۰ هرتز** ایجاد می شود، اما معمولاً این سندرم در **فرکانس های ۱۲۵ تا ۳۰۰ هرتز** رخ می دهد.



| فعالیت                                     | منبع                                                |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| استفاده از ابزار<br>یا ماشین آلات<br>مرتعش | تراش، فرز، پرس، مته، سنگ سنباده،<br>آچار، اره و ... |

## سندرم ارتعاش دست و بازو (اختلال نورولوژی و شریانی)



نوعی فرم دوم از **سندرم رینود** (کاهش چشمگیر جریان خون در رگ‌های دست/ انقباض شریان‌های تأمین‌کننده خون‌رسانی انگشتان) است، یک آسیب صنعتی که با استفاده مداوم از **ماشین‌های دستی لرزشی** (مانند مته اسفالت) ایجاد می‌شود. در اوایل بیماری محل درگیری در **انتهای تحتانی یک انگشت** است که به تدریج به **سایر انگشتان** هم سرایت می‌کند. با پیشرفت بیماری **قسمت‌های میانی و ریشه** انگشتان هم درگیر می‌شود. **درگیری انگشت شست** بعد از انگشتان دیگر رخ می‌دهد. در اوایل بیماری **حملات با دمای محیط (سرما)** در ارتباط هستند.



عوارض عروقی پس از ۲ تا ۳ سال ظاهر می‌شود. ابتدا **سفیدی کف دست** در اثر کمی جریان خون به وجود آمده و کم کم سفیدی دست جای خود را به **کبودی** می‌دهد. انگشت‌ها و دست‌ها رفته رفته **ناتوان** گردیده و لاغری **ماه‌پچه‌ها** روز به روز تشدید می‌شود.

# اثرات مواجهه با ارتعاش دست و بازو

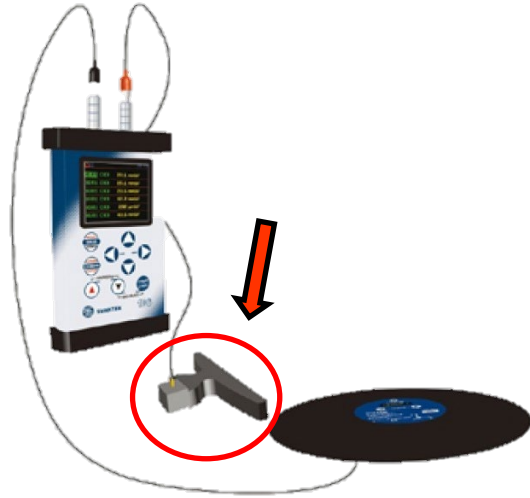
## ضایعات مفصلی و نوروپاتی محیطی

ضایعات و عوارض مفصلی **مچ - ارنج و شانه** که با درد و تورم ظاهر می شود. **ماهیه‌ها** رفته رفته لاغر گشته و **عصب های تونل کوبیتال و کارپال** دست آزار می بینند.



- درد در مچ دست که ممکن است به سمت بازو یا شانه انتشار یابد.
- احساس سوزن سوزن شدن یا بی حسی در انگشتان شست، اشاره و میانه.
- ضعف در قدرت گرفتن اشیاء یا انجام کارهای دقیق.
- احساس سنگینی یا کمرنگی در دست.

# حد مجاز مواجهه شغلی با ارتعاش دست



| مدت زمان مواجهه روزانه با ارتعاش (ساعت) | حد مواجهه شغلی (OEL) |
|-----------------------------------------|----------------------|
| ۰/۲۵ (۱۵ دقیقه)                         | ۲۸/۲۸                |
| ۰/۵ (۳۰ دقیقه)                          | ۲۰                   |
| ۱                                       | ۱۴/۱۴                |
| ۲                                       | ۱۰                   |
| ۴                                       | ۷/۰۷                 |
| ۶                                       | ۵/۷۷                 |
| ۸                                       | ۵                    |

**Vibration Exposure**  
**Time (hrs)** **TLV**

|               |       |
|---------------|-------|
| 0.25 (15 min) | 28.28 |
| 1.0           | 14.14 |
| 2             | 10.0  |
| 4             | 7.07  |
| 6             | 5.77  |
| 8             | 5.0   |

$$\text{TLV at Time } T_v \text{ (hrs): } a_{hv(TLV)} = 5.0 \left( \frac{8}{T_v} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Time Duration } T_v \text{ (hrs) to reach TLV: } T_v = \frac{200}{a^2 /_{hv(TLV)}}$$

## پیشگیری

برای مواردی که دچار **بیماری اثبات شده** و دارای علائمی همچون **احساس لرزش غیر عادی**، اختلال در درک و افزایش درد هستند، مدیریت باید نسبت به **قطع مواجهه آن‌ها و تغییر شغل آن‌ها** اقدام نماید.

**طراحی ابزار** به نحوی که **برای کنترل آن به کمترین فشار** نیاز باشد، می‌تواند سبب کاهش مواجهه افراد با ارتعاش گردد. **افراد** که با وسایل مرتعش کار می‌کنند باید از **خطرات ارتعاش دست و بازو آگاه** شده و به آن‌ها **آموزش** داده شود تا هرگونه **تغییر مرتبط** را فوراً گزارش نمایند.

**تمامی افرادی که دچار بیماری رینود** هستند چه علت بیماری شغلی باشد یا نباشد، باید از **دستکش‌های حفاظت کننده در برابر سرما** استفاده نمایند تا از تشدید بیماری

جلوگیری شود. هرچند استفاده از **دستکش‌های ضد ارتعاش** نیز مفید می‌باشد.





# استرس حرارتی

((استرس گرمائی و استرس سرمائی))

وبینار طب کار ۴؛ دکتر فرهنگ؛ فروردین ۱۴۰۴

# استرس گرمایی



مخاطرات مرتبط با کار در شرایط جوی نامناسب (استرس های حرارتی شامل استرس گرمائی و استرس سرمائی) در محیط های کاری سرپوشیده و روباز می تواند سبب آسیب و صدمه ، بیماری و حتی مرگ شاغلین شود. علاوه بر اثرات مستقیم استرس حرارتی بر سلامتی شاغلین و پیامدهای روانی، اجتماعی و اقتصادی آن ، اثرات غیرمستقیم استرس های حرارتی که با کاهش عملکرد جسمی و ذهنی، افت تولید، خطاهای انسانی، حوادث و زیان های اقتصادی همراه است، سبب گردیده که موضوع ارزیابی و مدیریت ریسک مواجهه با استرس های گرمایی به یکی از مباحث جدی، مهم و ضروری در بهداشت حرفه ای تبدیل شود.

کارگران شاغل در محیط های روباز، آتش نشان ها، کارگران نانوائی، کشاورزان، کارگران ساختمانی، معدنکاران، کارگران اتاق بویلر و .... در معرض استرس گرمائی هستند.

## استرس گرمایی

هنگامی که مجموعه اثرات عوامل محیطی (دمای هوا، دمای تابشی، رطوبت و سرعت جریان هوا)، لباس و فعالیت انسان سبب **افزایش دمای بدن** شود، استرس گرمائی رخ می دهد.



هر جا استرس (تنش) گرمایی وجود دارد استرس (واتنش) گرمایی (واکنش بدن نسبت به گرما) شکل می گیرد که می تواند باعث واکنش های فیزیولوژیکی مانند افزایش دما پوست، تعریق، افزایش ضربان قلب و بالا رفتن دمای عمقی بدن شود.



هموستازیس عبارتست از حفظ محیط داخلی ثابت در بدن که نه تنها کنترل دمای بدن بلکه کنترل تعادل آب خون، سطح قند و اوره خون را شامل می شود.

بدن انسان در ناحیه باریکی از دمای عمقی عمل می کند. دمای عمقی بدن در ردیف  $36/8 - 37/2^{\circ}\text{C}$  است.

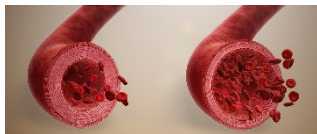
برای حفظ تعادل دمای داخلی، هر گونه اثر گرما بر بدن اعم از دریافت گرما از محیط خارج یا تولید گرمای حاصل از انجام کار توسط فرد باید از طریق اتلاف مقدار گرمائی معادل گرمای دریافتی، بالانس شود.

اگر این امر صورت نگیرد، گرما در بدن انباشته شده و فرد استرین (واتنش) گرمائی را تجربه خواهد

# مکانیسم های کاهنده دما در صورت گرم شدن بدن

زمانی که دمای بدن بیش از حد بالا رود ، دستگاه کنترل دمای بدن از مکانیسم مهم برای کاهش گرمای بدن سود می برد:

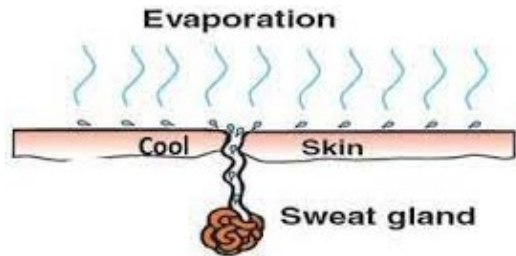
- **اتساع عروق خونی پوست:** عروق خونی پوست تقریباً در تمام مناطق بدن به شدت متسع می شوند. این امر ناشی از **مهار مراکز سمپاتیکی هیپوتالاموس خلفی** است که **عروق را منقبض می کنند**. **اتساع کامل عروق** می تواند میزان **انتقال گرما به پوست را تا ۸ برابر افزایش دهد**.



- **تعریق:** وقتی دمای مرکز بدن از حد بحرانی (۳۷.۶ سانتیگراد) فراتر می رود ، میزان **دفع تبخیری گرما** با شیبی تند افزایش می یابد، **افزایش بیشتر دمای بدن به میزان ۱ سانتیگراد** **تعریق را به حدی زیاد می کند** که می تواند **۱۰ برابر میزان پایه تولید گرما را بردارد**.



- **کاهش تولید گرما:** مکانیسم های **مولد گرمای اضافی** همچون **لرزش و گرمای شیمیایی** (افزایش فوری میزان متابولیسم سلولی) **قویاً مهار می شوند**.



موثرترین راه **تنظیم دمای بدن** از طریق **تبخیر عرق** صورت می گیرد.

**تبخیر عرق در فرایند خنک سازی بدن** تا **سهیم مهمی** دارد .

اگر مایعات از دست رفته از بدن، جبران نگردد، **ظرفیت فیزیکی کار فرد**

**خستگی و تغییرات سایکولوژیکی** می شود.

- کم آبی معادل ۱-۲ درصد وزن بدن باعث ۶-۷ درصد کاهش در **میزان کار فیزیکی** می شود.

- کم آبی معادل ۲-۴ درصد وزن بدن **بترتیب ۲۲ و ۵۰ درصد کاهش در میزان کار** در محیط های با

**گرمای متوسط و شدید** را به همراه دارد.

- **عملکرد ذهنی افراد** در کم آبی معادل ۲ درصد، شروع به کاهش

می کند و سپس متناسب با کم آبی بیشتر، عملکرد ذهنی نیز

افت بیشتری می کند.



سازش **فرآیند فیزیولوژیکی** پیچیده ای است که طی زمان، بدن خود را با محیط **حرارتی** تنظیم می کند.

سازش با گرما به حالتی اطلاق می شود که فرد به **علت اصلاح در دفع گرما** از طریق افزایش خفیف در دمای عمقی بدن، توانائی انجام کار بیشتری را در گرما می یابد. فرآیند سازش سبب **کارائی بیشتر بدن در کنترل دمای داخلی** می شود.

مزایای برقراری سازش عبارتست از :

- تولید عرق بیشتر با مقدار الکترولیت (سدیم، پتاسیم و ...) کمتر
- دمای پوست و رکتال پائین تر نسبت به روزهای ابتدایی شروع مواجهه با گرما
- فشار خون بهتر و ثابت تر همراه با میزان نبض کمتر



Timeline of Response



سازش با گرما به آرامی در طول هفته ها فعالیت مداوم در شرایط استرس گرمائی بدست می آید.

اعتقاد کلی بر آن است که سازش با گرما سریع تر از، از دست رفتن سازش حاصل می شود. هر چند که مدت زمان لازم برای از دست رفتن سازش مشخص نیست اما Donoghue, Brake و Bates (1998) اظهار می دارند که ۲۱-۷ روز دوری از محیط های گرم می تواند سبب از دست رفتن سازش شود.

در صورت عدم مواجهه با گرما و یا مواجهه خفیف، سازش مجدداً طی ۷-۴ روز بدست خواهد آمد.

بنابراین، برنامه ایجاد تطابق به دو صورت قابل اجرا خواهد بود:

الف- برای کارگران جدید: فرد در روز اول کاری می بایست حداکثر تا ۲۰٪ از کل نوبت کاری با گرما مواجهه یابد و در روزهای بعد نیز در هر روز حداکثر میزان مواجهه افزوده شده نباید بیشتر از ۲۰٪ کل زمان نوبت کار فرد باشد.

ب- برای کارگرانی که سابقه مواجهه با گرما را داشته اند: میزان مواجهه با گرما در روز اول نباید بیش از ۵۰٪، در روز دوم بیش از ۶۰٪، در روز سوم ۸۰٪ و نهایتاً در روز چهارم ۱۰۰٪ از کل زمان نوبت کار فرد باشد.

## از جمله عوامل موثر بر سازش

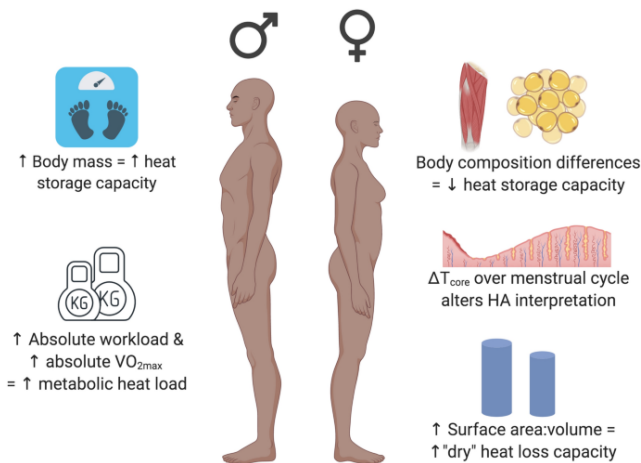
- سن: افراد بیش از ۴۵ سال نسبت به افراد کم سن تر **تحمل گرمایی کمتری** دارند.
- جنسیت: زنان نسبت به مردان **تحمل گرمایی کمتری** برای محیطهای گرمایی دارند زیرا زنان در شرایط مساوی با مردان **گرمای درونی بیشتری** تولید می کنند.
- چاقی: افراد چاق **توانایی کمتری** برای کار در محیطهای گرم دارند.
- مصرف برخی داروها همچون داروهای قلبی، آرام بخش ها، هیوسین ها و بعضی آنتی بیوتیک ها از **تطابق فرد با محیط گرم می کاهند.**

- **تغذیه:** سازش افرادی که در **رژیم غذایی خود نمک** استفاده می کنند **بهتر است.**

- **ابعاد بدن:** کسانی که **جثه کوچکتری** دارند سازش آنها با محیط

**کمتر است.**

وبینار طب کار ۴؛ دکتر فرهنگ؛ فروردین ۱۴۰۴



## اثرات سلامتی استرس گرمایی

مواجهه گرما به دو صورت حاد و مزمن هست که **مواجهه حاد** می تواند منجر به افزایش دمای عمقی بدن شده و مستقیماً منجر به بیماری های ناشی از گرما نظیر راش های خفیف گرمایی، کرامپ های عضلانی، خستگی گرمایی تا شوک های گرمایی تهدید کننده سلامت شود و تأثیر **مواجهه مزمن با گرما** در محیط های کاری نیز شامل بیماری های قلبی - عروقی، تأثیر بر سلامت روان، بیماری های مزمن کلیوی و مشکلات ناباروری هست.



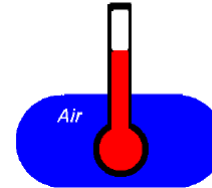
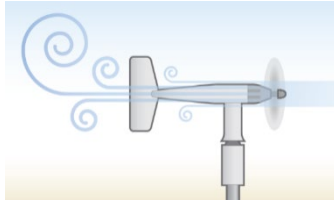
## اثرات سلامتی استرس گرمایی

گرما همچنین بدلیل دست های عرق کرده و خیس، عینک های ایمنی مه گرفته و گیجی سبب افزایش ریسک صدمات و حوادث در کارگران می شود.



## عوامل تعیین کننده استرس گرمایی

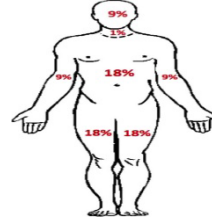
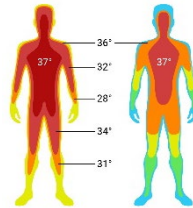
دمای هوا (خشک، تر و تابشی)، فشار بخار آب (رطوبت)، سرعت جریان هوا



## عوامل تعیین کننده استرین گرمایی

سازگاری با گرما، تولید گرمای حاصل از متابولیسم (سطح فعالیت فیزیکی)، سطح بدن، لباس،

دمای بدن، مدت مواجهه، رطوبت پوست



## HEAT EXHAUSTION

### خستگی گرمایی چیست؟

زمانی که دمای محیط اطراف بالاتر از دمای بدن باشد و بدن نتواند گرمای داخلی خود را دفع کند و به دلیل رطوبت زیاد هوا، تبخیر عرق محدود شود، بدن، حرارتی بیش از حد تولید می کند که به «خستگی گرمایی» می انجامد.

در این شرایط فرد به مقدار زیادی آب بدن خود را از دست می دهد، رنگ پوستش پریده، مرطوب و سرد می شود و سرگیجه، سردرد، افت فشار خون، تهوع و اسهال به سراغش می آید.



## کرامپ گرمائی

کرامپ های گرمایی، **گرفتگی های متعدد و غیرارادی عضلات** در اثر گرمای هوا هستند که به طور شایع گریبانگیر افراد پر تحرک و فعال خواهد بود، مثل افرادی که در **هوای گرم و مرطوب** به ورزش یا **انجام کارهای بدنی سنگین** می پردازند.

این گرفتگی عضلات معمولاً با **دهیدراتاسیون و کاهش آب بدن** در ارتباط هستند. کرامپ های گرمایی معمولاً **عضلات بزرگ بدن** را درگیر می کنند که در هوای گرم، فشار زیادی بر آنها وارد می شود. این کرامپ ها بیشتر از همه **عضلات پاها (مخصوصاً عضله پشت ران)، عضلات شکم، کمر و بازوها** را درگیر می کنند.



### علائم

اگر فردی علائم و نشانه هایی مثل **ضعف، تهوع و استفراغ، سردرد و سرگیجه** را به همراه **درد و گرفتگی عضلات بدن** تجربه کند.

# شوگ گرمایی

شوگ گرمایی را شدید ترین وضعیت در مواجهه با گرما دانست که میزان مرگ و میر آن بالاتر از ۵۰ درصد است .

جدی ترین تنش حرارتی، شوگ گرمایی است که علائم آن شامل بالا رفتن دمای بدن، ضربان قلب سریع، قرمز شدن پوست، تنفس سریع و هذیان گفتن و کاهش هوشیاری یا تشنج است.



این شاخص از سوی سازمان بین المللی استاندارد (ISO) و انجمن متخصصین بهداشت صنعتی امریکا (ACGIH) بعنوان شاخص توصیه شده برای ارزیابی مواجهه های شغلی با گرما توصیه شده است.

شاخص تر – گوی سان (WBGT) براساس روابط زیر برای محیط های کاری سرپوشیده و روباز محاسبه می شود:

$$\text{WBGT} = 0.7t_{nw} + 0.3t_g \quad \text{محیط های سرپوشیده}$$

$$\text{WBGT} = 0.7t_{nw} + 0.2t_g + 0.1t_a \quad \text{محیط های روباز}$$



## حد مجاز مواجهه شغلی برای مواجهه با استرس گرمایی با شاخص دمای تر گوی سان WBGT

| چرخه کار - استراحت |  | کار سبک         |         | کار متوسط       |         | کار سنگین       |         | کار خیلی سنگین  |         |
|--------------------|--|-----------------|---------|-----------------|---------|-----------------|---------|-----------------|---------|
|                    |  | حد مراقبت (عمل) | حد مجاز | حد مراقبت (عمل) | حد مجاز | حد مراقبت (عمل) | حد مجاز | حد مراقبت (عمل) | حد مجاز |
| کار ۷۵٪ الی ۱۰۰٪   |  | ۲۸              | ۳۱      | ۲۵              | ۲۸      | -               | -       | -               | -       |
| کار ۵۰٪ الی ۷۵٪    |  | ۲۸/۵            | ۳۱      | ۲۶              | ۲۹      | ۲۴              | ۲۷/۵    | -               | -       |
| کار ۲۵٪ الی ۵۰٪    |  | ۲۹/۵            | ۳۲      | ۲۷              | ۳۰      | ۲۵/۵            | ۲۹      | ۲۴/۵            | ۲۸      |
| کار صفر الی ۲۵٪    |  | ۳۰              | ۳۲/۵    | ۲۹              | ۳۱/۵    | ۲۸/۰            | ۳۰/۵    | ۲۷              | ۳۰      |

**سازش یافته/نیافته**  
**سطح فعالیت فیزیکی**  
**الگوی کار - استراحت**  
**اثر لباس**

| نوع لباس                                      | مقداری که باید به شاخص WBGT اندازه گیری شده اضافه شود |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| لباس کار معمولی (پیراهن آستین بلند و شلوار)   | صفر                                                   |
| لباس کار یکسره و نفوذپذیر                     | ۰/۵                                                   |
| لباس کار سنگین (دولایه بافته شده)             | ۳                                                     |
| لباس یکسره پلی پروپیلنی (تنفس پذیر)           | ۰/۵                                                   |
| لباس کار یکسره پلی اولفینی (تنفس پذیری پایین) | ۱                                                     |
| لباس کار یکسره ضد گاز و بخار (نفوذناپذیر)     | ۱۱                                                    |

|                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| متابولیسم پایه: معادل ۷۰ وات (۴۰ وات بر مترمربع) برای یک مرد استاندارد است.                                                                                                                         |
| متابولیسم استراحت: معادل ۱۱۵ وات (۶۵ وات بر مترمربع) برای یک مرد استاندارد است.                                                                                                                     |
| کار سبک: شامل متابولیسم حداکثر ۱۸۰ وات (۱۰۰ وات بر مترمربع) یا ضربان قلب کمتر از ۹۰ ضربه در دقیقه شامل مشاغل دستی و بازویی سبک در هنگام کار با ماشین های کنترلی در حالت های نشسته و یا ایستاده است. |
| کار متوسط: شامل متابولیسم ۲۹۵ وات (۱۶۵ وات بر مترمربع) یا ضربان قلب بین ۹۰ تا ۱۱۰ ضربه در دقیقه مانند راه رفتن ضمن بلند کردن و هل دادن بار متوسط است.                                               |
| کار سنگین: شامل متابولیسم حداکثر ۴۱۵ وات (۲۳۰ وات بر مترمربع) یا ضربان قلب بین ۱۱۰ تا ۱۳۰ ضربه در دقیقه مانند کلنگ زدن و بیل زدن است.                                                               |
| کار خیلی سنگین: شامل متابولیسم حداکثر ۵۲۰ وات (۲۹۰ وات بر مترمربع) یا ضربان قلب بین ۱۳۰ تا ۱۵۰ ضربه در دقیقه مانند کار در معدن است.                                                                 |

در حد یا بالاتر از حدود مجاز و حد مراقبت



انجام پایش فیزیولوژیکی فشار گرمایی



مقایسه با حدود مجاز استاندارد فشار گرمایی



پایش فشار گرمایی و علائم و نشانه‌های اختلالات مرتبط با گرما، یک وظیفه مهم در بهداشت کار است، به‌ویژه زمانی که لباس کار مورد استفاده، دفع گرما را به‌طور قابل توجهی کاهش دهد. بنابراین باهدف مراقبت از افراد، وجود هر کدام از موارد زیر، نشانگر نیاز به انجام اقدامات کنترلی است و در سطح فردی باید مواجهه با گرما قطع شود و اجازه بهبود در شاخص‌های فشار گرمایی به فرد داده شود:

|   |                                                                                                                             |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱ | پایداری ضربان قلب (چند دقیقه) به میزان ۱۸۰ منهای سن افراد (سن - ۱۸۰) ضربه در دقیقه                                          |
| ۲ | دمای مرکزی بدن بیشتر از ۳۸/۵ درجه سانتی گراد برای تطابق یافته‌ها با گرما و بیشتر از ۳۸ درجه برای غیر تطابق یافته‌ها با گرما |
| ۳ | در زمان انجام کار، ضربان قلب بعد از ۱ دقیقه استراحت، بیشتر از ۱۲۰ ضربه در دقیقه باشد                                        |
| ۴ | وجود علائم ناگهانی خستگی شدید و سردرد و تهوع و استفراغ                                                                      |
| ۵ | در این شرایط ریسک اختلالات مرتبط با گرما بیشتر است:                                                                         |
|   | تعریق مستمر و فراوان در بیشتر از یک ساعت                                                                                    |
|   | از دست دادن وزن به مقدار ۱/۵ درصد وزن بدن در پایان نوبت کاری                                                                |
|   | دفع ادراری سدیم ۲۴ ساعته کمتر از ۵۰ میلی مول                                                                                |

# پیشگیری از بیماری‌های ناشی از استرس گرمایی

Elimination

Substitution

Engineering Controls

Administrative Controls

PPE

پیشگیری از بیماری‌های ناشی از استرس‌های گرمایی شامل ترکیبی از **کنترل‌های محیطی و مدیریتی** می‌باشد. استفاده از **وسایل فردی** نقش مستقیم حفاظتی برای این خطر ندارد، اما به دلیل نقش کمک‌کننده‌ای که در کنترل خطرات دارد می‌تواند مورد بحث قرار گیرد.

## کنترل‌های محیطی

زمانی که امکان داشته باشد، باید کنترل مستقیمی بر روی **دما، رطوبت، سرعت جریان هوا و منابع تابش‌های حرارتی** انجام شود. در بعضی موارد این کنترل‌ها می‌تواند با دیگر ابزارهای کنترلی مهندسی ترکیب شوند، مانند ایجاد **سیستم تهویه** برای کارگران معادن زیر زمینی. زمانی که دما قابل کنترل نیست می‌توان از دیگر پارامترهای موثر بر دمای محیط استفاده کرد مانند: استفاده کردن از **جریان هوای سریع و کاهش رطوبت یا حفاظ گذاری**

**منابع** تولید کننده گرما.



## کنترل‌های مدیریتی

انجام کنترل بر روی شرایط محیطی بخصوص در مشاغلی که کارها در محیط‌های آزاد انجام می‌شود در بیشتر مواقع غیر ممکن است. در نتیجه می‌توان از کنترل‌های مدیریتی استفاده کرد. کنترل‌های مدیریتی دارای ۴ جز اصلی به قرار زیر می‌باشند:

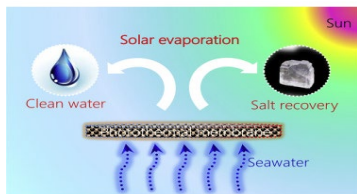
✓ **ایجاد تطابق** (کارگران تازه- استخدام و همچنین کارگرانی که برای مدت بیش از ۱ هفته از کار غیبت داشته‌اند، نیاز به تطابق دوباره با شرایط قبل شروع دوباره کار دارند)

✓ **برنامه‌ریزی کاری** (با توجه به میزان بار کاری، وقفه‌های استراحتی کافی جهت کاهش بار گرمایی بدن و جبران آب و نمک از دست رفته در نظر گرفته می‌شود. بیشتر بیماری‌های ناشی از گرما به علت نبود وقفه‌های استراحتی مناسب ایجاد می‌شوند)

✓ **جبران آب و نمک از دست رفته** (زمانی که فرد در طول یک شیفت کاری بیش از ۱ تا ۲ لیتر آب از دست دهد، علاوه بر آب باید نمک نیز از طریق قرص‌های نمک یا نمک محلول در آب یا نوشیدنی‌های دارای نمک تامین گردد)

✓ **نظارت** (استفاده از پرسشنامه‌ها و معاینات دوره‌ای اطلاعات بیشتری در مورد موثر بودن یا کافی بودن سیستم‌های کنترلی ارائه می‌دهد. همچنین افراد حساس

نسبت به گرما را نیز مشخص می‌کند)



Workers in heat <2 hours and involved in moderate work activities should drink 1 cup (8 oz.) of **water every 15–20 minutes**, but during prolonged sweating lasting several hours, they should drink **sports drinks** containing balanced electrolytes.



This **physiologic monitoring** must be conducted on a **time schedule** based upon metabolic heat production and  $t_{adb}$ . The suggested frequency of physiologic monitoring for **moderate work** varies from once **every two hours** at  $t_{adb}$  of 24°C (75°F) to **every 15 minutes** for moderate work at  $t_{adb}$  of 32°C (90°F).



$$t_{adb} = (t_a + t_{mr})/2$$

## وسایل حفاظت فردی

استفاده کردن از وسایل حفاظت فردی جهت کنترل کردن دیگر خطرات سبب افزایش ریسک استرس گرمایی می‌شود. لباس‌های محافظ ممکن است سبب افزایش ریسک‌های گرمایی شوند. مواجهه مستقیم سطح پوست با هوای آزاد، تبخیر عرق و حذف گرما از بدن را تقویت می‌کند. زمانی که پوست جهت جلوگیری از گرم شدن به وسیله تابش‌های حرارتی پوشانده می‌گردد باید لباس از نوعی باشد که جریان هوا در آن به خوبی برقرار شود. استفاده از لباس‌هایی که در آن‌ها، هوا و یا مایعات خنک جریان دارد و یا در لایه‌ای در درون آن‌ها یخ ریخته شده است و یا استفاده از لباس‌ها یا پیش‌بندهای منعکس کننده حرارت تابشی، توصیه می‌شود.



# استرس سرمایی



دمای عمقی بدن در ردیف  $37/2^{\circ}\text{C}$  -  $36/8$  است.

$36/8$  تا  $35$  مکانیسم‌های خیرانی دمای بدن عموماً قادر به جبران دمای از دست داده شده از بدن به محیط هستند.

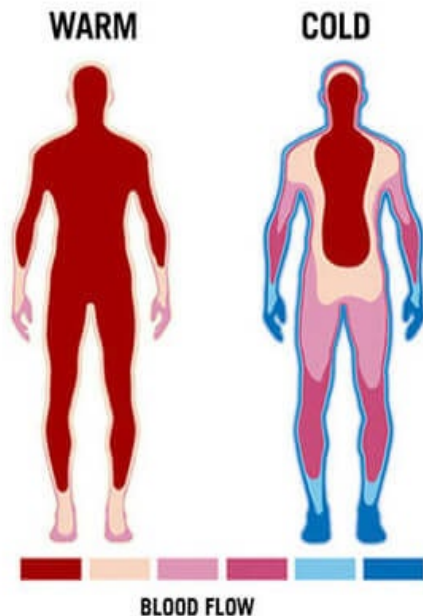
**شروع سرمازدگی: دمای مرکزی بدن به کمتر از  $35$  درجه سانتی‌گراد**

دو جنبه سیستمیک و موضعی از **استرس سرمایی** باید بررسی شوند.

**استرس سرمایی سیستمیک** زمانی رخ می‌دهد که میزان گرمای از دست داده شده از بدن بیش از

گرمای تولیدی باشد. به عنوان مثال انجام فعالیت‌های کاری در **محیط سرد**، انجام کار در سردخانه و غوطه

**ور شدن بدن در آب مانند غواصان** سبب ایجاد این بیماری می‌شوند.



مواجهه موضعی با سرما معمولاً در اندام‌هایی که **دور از هسته مرکزی**

**بدن هستند** رخ می‌دهد. این حالت بیشتر در کارگرانی که در محیط‌های باز

بدون استفاده از دستکش به کار مشغول هستند، رخ می‌دهد. با کاهش دمای

موضعی، مقاومت عروق محیطی افزایش می‌یابد. با **کاهش طولانی یا شدید دما**،

**نکروز عروقی و ترومبوز رخ می‌دهد.**

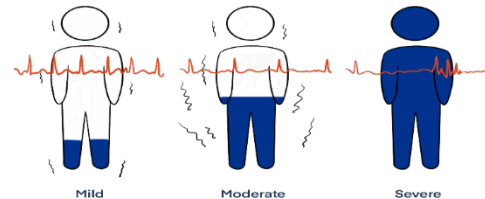
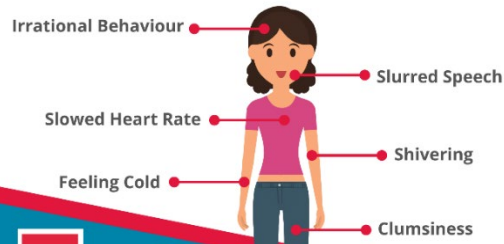
**یخ زدگی (Frostbite)** در نتیجه تماس با **سرمای شدید** رخ می‌دهد که در ابتدا **سبب سفید شدن** قسمت‌های مواجهه یافته پوست با سرما بخصوص در اندام‌هایی که دورتر از هسته مرکزی بدن هستند به وجود می‌آید.



این تغییر پوستی همراه با **اختلال در حس لامسه و درد ناحیه آسیب دیده** همراه است. با ادامه مواجهه، پوست یخ بسته و **ظاهر سفید و مومی شکل** به خود می‌گیرد و بی‌حس می‌شود. **پس از گرم کردن** ناحیه آسیب دیده، میزان وسعت ناحیه پس از چند روز همراه با ظاهر اولیه **مایل به آبی** مشخص می‌شود، سپس **قرمزی، ادم و تاول** نیز نمایان می‌گردند.

هیپوترمی (سرمازدگی) زمانی رخ می‌دهد که دمای مرکزی بدن به کمتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد برسد. به طور کلی هیپوترمی زمانی رخ می‌دهد که مکانیسم‌های جبرانی دمای بدن قادر به جبران دمای از دست داده شده از بدن به محیط نباشند. هیپوترمی ثانویه زمانی رخ می‌دهد که مکانیسم‌های جبرانی گرما در بدن به دلیل بیماری‌های زمینه‌ای از کار بیفتند. چنین وضعیتی ممکن است با مکانیسم تنظیم دمای هیپوتالاموس، لرز، توزیع مجدد خون و توانایی ترک محیط دخالت داشته باشد. هیپوترمی به احتمال زیاد در کودکان و افراد مسن که مکانیسم‌های احساس کاهش دما و انقباض عروق محیطی شان دچار اختلال است، رخ می‌دهد.

### HYPOTHERMIA EARLY WARNING SIGNS

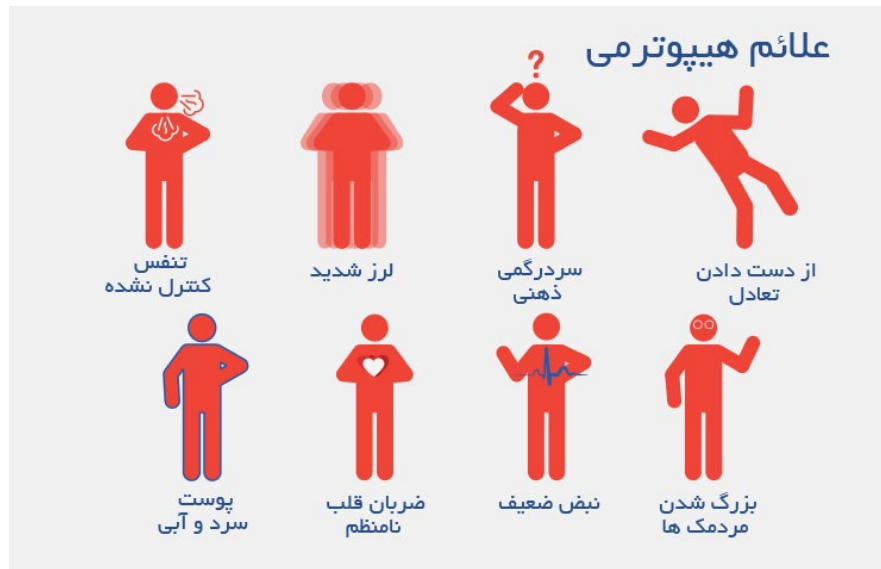


✓ داروهایی که مرکز حواس را دچار تغییر می کنند (مانند الکل) یا دیگر داروها که بر روی سیستم اعصاب مرکزی اثر دارند (مانند باربیتوراتها و فنوتیازینها) ممکن است بر روی واکنش بدن نسبت به سرما اثرات بازدارنده داشته باشند و فرد را مستعد به سرمازدگی کنند.

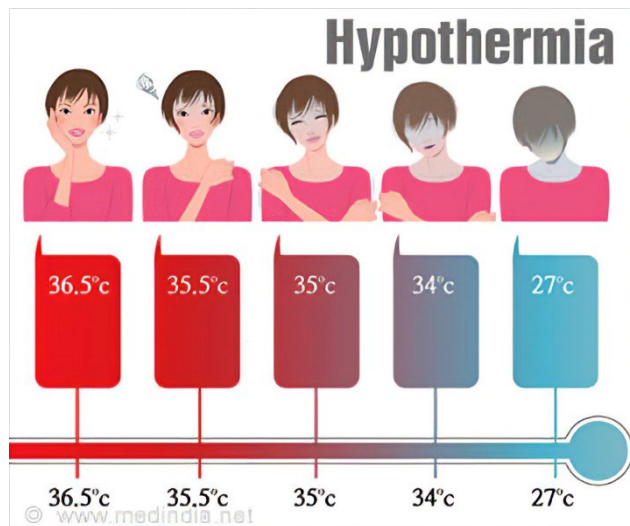
✓ شانس ابتلا به هیپوترمی به وسیله کم کاری تیروئید، کم کاری هیپوفیز، دیابت، عفونت و جراحتهای سر افزایش می یابد.



در هیپوترمی ملایم دمای عمقی بدن به ۳۲ تا ۳۵ درجه سانتی گراد می رسد. بیماران اغلب رنگ پریده، سرد و دارای کمترین میزان جریان خون به عروق پوستی می باشند. بیماران ممکن است دچار لرز شوند و درجات مختلفی از تغییرات ذهنی را نشان دهند. این بیماران ممکن است دچار تاکی کاردی، تاکی پنه، ادرار سرد که به وسیله افزایش برون ده قلب و در نتیجه افزایش میزان پرفیوژن کلیه ها رخ می دهد، شوند.



در هیپوترمی متوسط، دمای مرکزی بدن دارای رنجی بین ۳۲ - ۲۸ درجه سانتی گراد می باشد. **علائم شدیدتر** هستند و ممکن است شامل اختلال در وضعیت ذهنی، سفت شدن عضلات همراه با نبود رفلکس و گشاد شدن مردمک چشم شود. لرزش فرد متوقف می شود و فشار خون، ضربان قلب و نرخ تنفس کاهش می یابد. آریتمی قلبی نیز شایع است.



در هیپوترمی شدید دمای بدن به کمتر از ۲۸ درجه سانتی گراد می رسد و سبب می گردد بیمار مرده به نظر برسد. فشار خون بیمار قابل اندازه گیری نمی باشد، همچنین نرخ تنفس بسیار آهسته است، مردمک های چشم بیمار گشاد و فاقد رفلکس هستند و بیمار در کما می باشد. آریتمی دهلیزی ممکن وجود داشته باشد و فیبریلاسیون بطنی حتی با تکان دادن آهسته بیمار نیز ممکن است رخ دهد.

Elimination

Substitution

Engineering Controls

Administrative Controls

PPE

## پیشگیری

به طور کلی، **کنترل شرایط محیطی** در محیط‌هایی که فرد با استرس‌های سرمایی در تماس است (مانند فردی که در سردخانه شاغل است)، **غیر ممکن** است.

جراحات ناشی از سرما می‌توانند به وسیله توسعه و استفاده از **برنامه‌های مدیریتی** پیشگیری شوند. برنامه‌ها ممکن است شامل **انجام کار در زمان‌های گرم‌تر روز**، **استخدام کارگران بیشتر برای انجام کارهای طولانی مدت**، **نظارت بر کارگرانی** که در معرض استرس‌های سرمایی قرار دارند، **آموزش افرادی** که در معرض هوای سرد قرار دارند، **پیشگیری، کنترل علائم و وسایل حفاظت فردی** باشند.



تا ۴۰٪ از گرمای بدن در اثر مواجهه **سر** با هوای سرد از دست می‌رود. زمانی که دمای محیط **کار پایین‌تر از ۱۲- درجه سانتیگراد** باشد، کارگران باید **تحت نظارت پیوسته** حفاظتی باشند. به کارگرانی که به تازگی استخدام شده‌اند باید فرصت **تطبیق** داده شود. این افراد **نباید در طول چند روز اول کار به طور تمام وقت** به کار مشغول باشند.

استفاده از لباس‌های حفاظتی مهمترین راه حل برای کنترل استرس‌های سرمایی می‌باشد.

لباس محافظ باید حداقل دارای ۳ لایه باشد:

✓ لایه خارجی باید از جنس گرتکس یا نایلون (ضدآب، ضد باد و با قابلیت

عبوردهی هوا) باشد جلوی باد را بگیرد و اجازه مقداری تهویه را بدهد.

✓ لایه میانی باید از جنس کرک یا پشم باشد تا عرق را جذب نموده و خاصیت

عایقی بالایی داشته باشد.

✓ لایه داخلی نیز باید از جنس کتان یا الیاف مصنوعی باشد تا اجازه تهویه را بدهد.





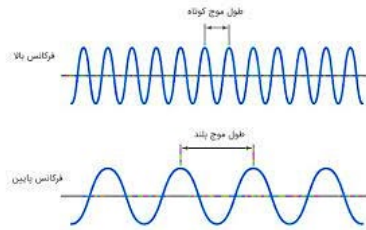
# پرتوها

(یونیزان و غیر یونیزان)

# پرتوهای ذره ای

- پرتوها می توانند به شکل امواج الکترومغناطیس و یا ذره ای در محیط منتشر شده و انرژی خود را منتقل نماید.
- اگر ذرات موجود در ساختار اتم مانند الکترون ها، پروتون ها و یا نوترون ها و .. از ساختمان اتم خارج شوند، پرتو ذره ای را به وجود می آورند.
- پرتوهای ذره ای خود به دو دسته تقسیم می شوند:
  - پرتوهای ذره ای بارددار: ذرات در حال حرکت و یا منتشر شده از اتم که حاوی بار الکتریکی هستند مثل الکترون، پروتون، پرتو آلفا، پرتو بتا منفی (نگاترون)، پرتو بتای مثبت (پوزیترون).
  - پرتوهای ذره ای بدون بار: ذرات در حال حرکت و یا منتشر شده از اتم که دارای بار الکتریکی نمی باشند همچون نوترون.

# پرتوهای الکترومغناطیس

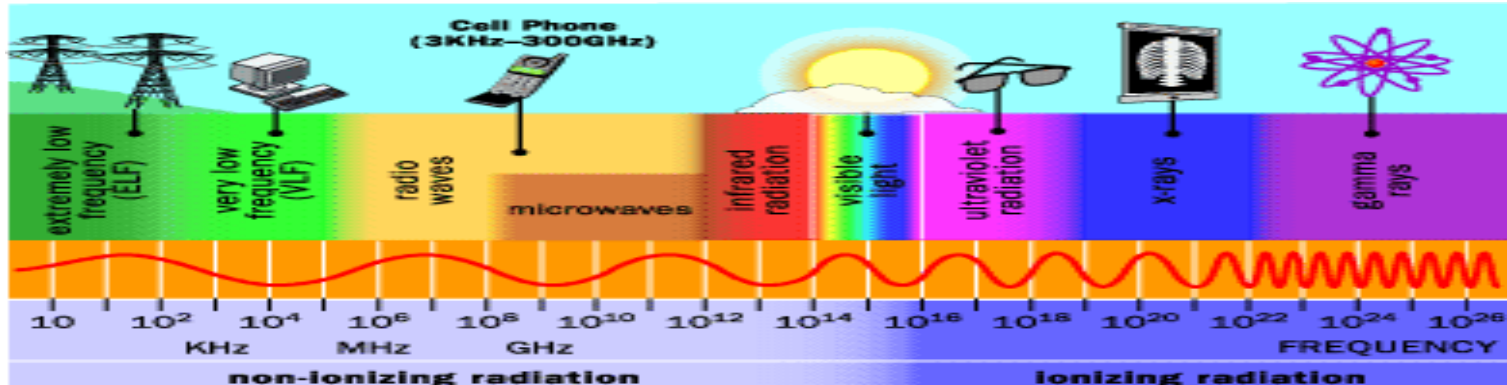


• پرتوهای الکترومغناطیسی به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- پرتوهای یونساز مانند پرتو گاما و پرتو ایکس

۲- پرتوهای غیر یونساز مانند IR، UV و ...

هرچه **طول موج کمتر** شود **فرکانس بیشتر** و **انرژی بالاتر** خواهد بود و بنابراین **مخاطرات مواجهه** با آن نیز بیشتر خواهد بود.

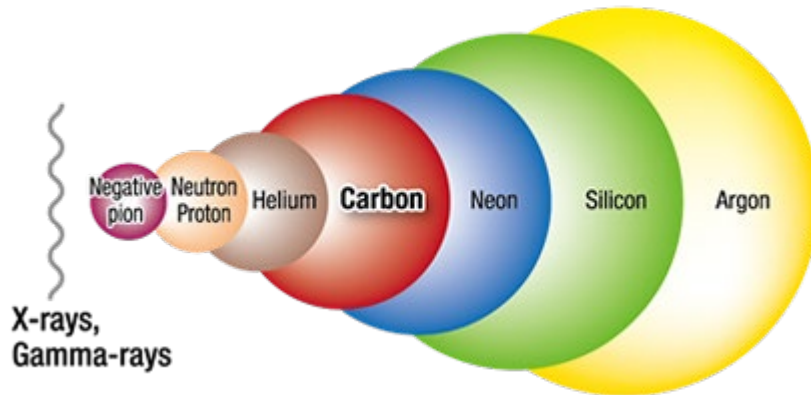


# پرتوهای یونیزان

پرتوهای یونیزان سبب خارج شدن الکترون از ساختار اتم می‌شوند ولی پرتوهای غیر یونیزان سبب خارج شدن الکترون از ساختار اتم نمی‌شوند و تنها سبب ارتعاش مولکول‌ها می‌شوند.

پرتوهای یونیزه کننده دو نوع می‌باشند، اولین نوع از امواج الکترومغناطیس و دومین از ذرات پر انرژی تشکیل شده است که انرژی لازم جهت شکستن پیوندهای اتمی در ماده جاذب (بافت‌های بیولوژیک) را دارا می‌باشند.

پرتوهای الکترومغناطیس یونیزان شامل امواج X و گاما، و ذرات یونیزان نیز شامل الکترون‌ها، پروتون‌ها، نوترون‌ها، ذرات آلفا یا دیگر ذرات زیر اتمی می‌باشند.



$$E = h \times c / \lambda$$

$$c = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$h$ : ثابت پلانک  $6.62 \times 10^{-34}$

$c$ : سرعت پرتو  $3 \times 10^8$

$\lambda$ : طول موج

$E$ : انرژی پرتو

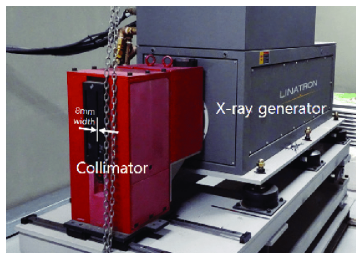
$$E = h\nu$$

frequency of radiation, sometimes written as  $f$  giving expression  $E = hf$ .  
Quantum energy of a photon.  
 $h = \text{Planck's constant} = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Joule} \cdot \text{sec} = 4.136 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$

افراد معمولاً در اثر مواجهه با پرتوهای تولید شده از منابع طبیعی یا مصنوعی پرتو دریافت می‌کنند.

**منابع طبیعی** اصلی تولید کننده پرتوهای یونیزان شامل: ۱- **اشعه‌های کیهانی** که از فضا سرچشمه می‌گیرند، ۲- **اشعه ناشی از زمین** که شامل رادیوم، توریم، اورانیوم و دیگر عناصر موجود در پوسته زمین می‌باشد، ۳- پرتوگیری از داخل، که ناشی از **پتاسیم ۴۰**، **کربن ۱۴** و **دیگر ایزوتوپ‌های پرتوزا** که در **داخل بافت‌های بدن** یافت می‌شوند.

**منابع مصنوعی** اصلی که سبب پرتوگیری انسان می‌شوند شامل: دستگاه‌های تولیدکننده  $X$ ، شتاب دهنده‌های ذرات، راکتورهای هسته‌ای و بسیاری از منابع دیگر است.



### Medical imaging:

Low risk: mammography and dental x-rays

Higher risk: x-ray, CT, and nuclear imaging

میزان **دز متوسط دریافتی سالانه** ناشی از **منابع طبیعی** تولید کننده پرتوهای یونیزه کننده در حدود ۸۰٪ میزان دز متوسط سالانه می‌باشد.

پرتوهای ذره‌ای باردار شامل آلفا، بتا منفی (نگاترون)، بتا مثبت (پوزیترون) و پروتون و ذره‌ای بدون بار شامل نوترون می‌باشد.

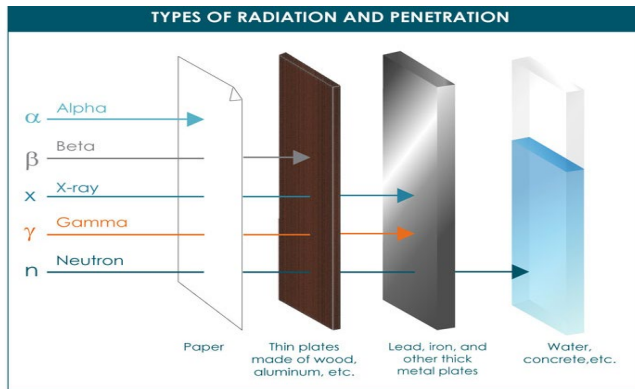
### ذره آلفا

### ذره بتا

1. ذره آلفا دارای دو پروتون و دو نوترون است که در واقع هسته هلیوم He است.
2. دارای جرم نسبتاً بالا می‌باشد.
3. به وسیله هسته‌های سنگین پرتوزا ساطع می‌شوند.
4. دارای دو بار الکتریکی مثبت می‌باشند.
5. انرژی بالایی دارند.
6. پرتویی تک انرژی هستند.
7. قدرت یونش ویژه بالایی دارند.
8. برد ذرات آلفا در محیط کم است و در ماده مسیر کوتاهی را طی می‌کنند (برد آن در هوا حدود چند سانتی‌متر است).
1. دارای یک واحد بار الکتریکی است.
2. از هسته‌های سبک پرتوزا (پتاسیم) ساطع می‌شوند.
3. ذرات بتا تک انرژی نیستند و دارای طیف پیوسته انرژی هستند.
4. میزان انرژی آن از آلفا کمتر است.
5. میزان انرژی یونش ویژه کمتری نسبت به آلفا دارند.
6. جرم آن برابر با جرم الکترون است.
7. برد و قدرت نفوذ آن از آلفا بیشتر است (به وسیله چند سانتی‌متر آلومینیوم قابل جذب است).
8. پرتو بتا الکترونی‌هایی با بار الکتریکی منفی و مثبت می‌باشند که الکترون با بارالکتریکی منفی را نگاترون و الکترون با بارالکتریکی مثبت را پوزیترون گویند.

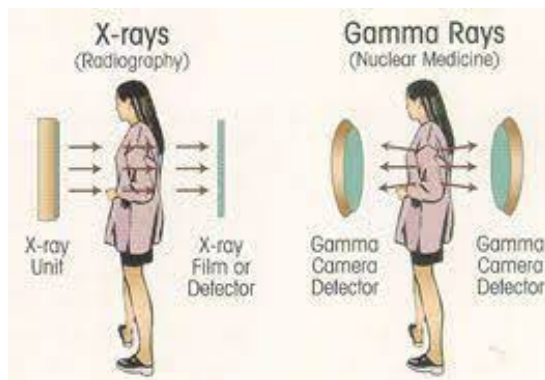
### ذره نوترون

1. قدرت نفوذ بالایی در ماده دارند.
  2. ذره نوترون در محیط بیرون از هسته، ناپایدار و رادیواکتیو است و با نیمه عمر ۱۲ دقیقه فروپاشی می‌شود.
  3. نوترون عمل یونسازی را غیر مستقیم انجام می‌دهد، بدین صورت که با فروپاشی نوترون، پروتون نگاترون تولید می‌شود که این دو ذره در محیط یونسازی انجام می‌دهند.
- ذرات بتا گونه‌ای از الکترون یا پوزیترون‌های پرانرژی و پرسرعت هستند که توسط برخی هسته‌های واپاشی شونده مانند پتاسیم ۴۰ انتشار می‌یابند.



## پرتوهای ایکس و گاما

1. این دو پرتو فاقد جرم و بار الکتریکی هستند.
2. پرتوهای ایکس و گاما از جنس امواج الکترومغناطیسی می باشند. بنابراین دو پرتو از نظر ماهیت شبیه هم می باشند اما از نظر منشأ تولید باهم فرق دارند.
3. پرتو ایکس در اثر تغییراتی که در مدارهای الکترونی اتم رخ می دهد، ایجاد می شود و پرتو گاما از فعل و انفعالاتی که در داخل هسته رخ می دهد، ایجاد می گردد.
4. انرژی و قدرت نفوذ پرتو گاما از ایکس بیشتر است و هر دو یونساز می باشند.



## پرتودهی (Exposure)

کمیتی است که برای اندازه گیری میزان پرتوهای ایکس و گاما در هوا به کار برده می شود. واحد قدیم آن رونتگن می باشد. یک رونتگن عبارت است از آن مقدار از تابش پرتو ایکس و گاما که بتواند در شرایط متعارفی  $2.58 \times 10^{-4}$  کولن بار الکتریکی هم علامت در یک کیلوگرم هوا تولید نماید. واحد جدید آن کولن بر کیلوگرم می باشد.

## دز جذبی

دز جذبی کمیتی است که انرژی جذب شده از کلیه پرتوها در واحد جرم هر ماده را اندازه گیری می کند. واحد قدیم آن راد و واحد جدید آن گری می باشد.  $1\text{GY} = 100\text{Rad}$

## دز معادل

کمیتی است که اثرات بیولوژیکی ناشی از جذب انواع پرتوها در بافت را منظور می کند. واحد قدیم آن رم و واحد جدید آن سیورت نام دارد.  $1\text{SV} = 100\text{Rem}$

## دز موثر

کمیتی است که علاوه بر اینکه نقش پرتوهای مختلف را در بروز اثرات بیولوژیکی منظور می دارد، نقش پرتو گیری بافت های مختلف بدن را نیز در نظر می گیرد. واحدهای دز موثر همانند دز معادل می باشند.

# آسیب‌های ناشی از پرتوگیری حاد

## (اثرات زودرس پرتوهای یونیزان)

**بافت‌هایی که در آن سلول‌ها به سرعت** در حال تکثیر هستند، **بیشتر دچار جراحت** ناشی از پرتو می‌شوند. **جلوگیری از تقسیم میتوز و اختلالات سیتولوژیک** (دانش تشخیص بیماری‌ها از طریق سلول‌ها) ممکن است بلافاصله پس از پرتوگیری حاد در بافت‌های با سرعت تکثیر بالا قابل تشخیص باشد.

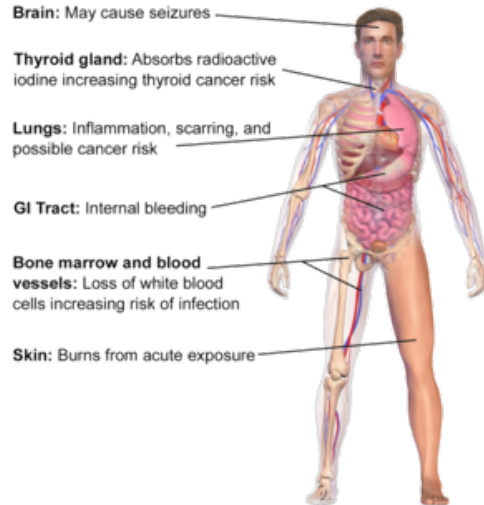
پرتوگیری **تمام یا قسمتی از بدن** به میزان بیش از **۱۰۰ راد** (واحد دز جذبی: کمیتی است که انرژی جذب شده از کلیه پرتوها در واحد جرم هر ماده را اندازه‌گیری می‌کند) به **عارضه شدیدی** منجر می‌شود که **سندرم حاد تشعشعی** نامیده می‌شود.

**نسوج دارای تغییرات سریع سلولی** مثل **نسوج گوارشی، نسوج خون‌ساز و تولید مثل** نسبت به اثرات اشعه

## آسیب‌های ناشی از پرتوگیری تمام بدن

پرتوگیری شدید تمام بدن یا قسمت اعظم بدن ممکن است سبب **صدمه همزمان** به **چندین ارگان حیاتی بدن** شود، همانند **سیستم خون‌ساز، دستگاه گوارش، سیستم‌های اعصاب و قلب** شود. این سندروم به وسیله یکسری تظاهرات که می‌توان آن‌ها را با یک ترتیب زمانی گروه‌بندی کرد، مشخص می‌شود که این مراحل به ترتیب شامل **دوره کمون، دوره بیماری آشکار و در نهایت دوره بازیابی** برای بازماندگان می‌باشد.

**مدت زمان و شدت پدیده‌های مرتبط** به بزرگی و شدت مواجهه بستگی دارد.



Selected Risks from Radiation Sickness

✓ رادیولوژیست‌ها ✓ پرتو درمانگران ✓ کارکنان نظامی

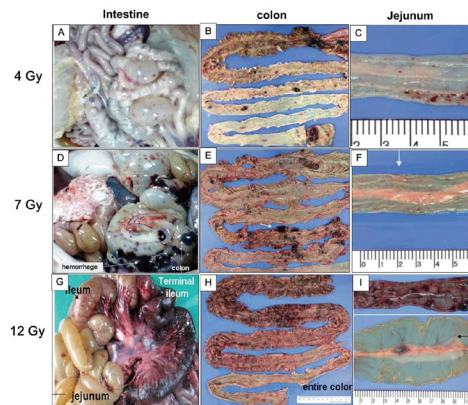
✓ کارکنان نیروگاه‌های هسته‌ای ✓ تولیدکنندگان مواد رادیواکتیو

✓ فیزیک‌دانان و محققان ✓ کارکنان در صنایع نفت و گاز (حفاری)

### آسیب‌های ناشی از پرتوگیری تمام بدن

بدون توجه به اینکه در نهایت کدام نوع از سندروم‌ها سبب ایجاد مشکلات بالینی می‌شوند؛ **علائم اولیه پرتوگیری تمام بدن** که شامل **بی‌اشتهایی، تهوع، استفراغ و اسهال** در اثر تماس با دزهای بالا می‌باشند، چند ساعت پس از مواجهه با تابش روی می‌دهد. در فرم هماتولوژی، **دپرسیون (نارسایی) مغز استخوان** همراه با **نقص در تولید سلول‌های هماتولوژیک** در اثر تماس با دز  $1 \text{ Gy}$  (گری واحد دیگر دوز جذبی) و بیشتر روی می‌دهد.

**مواجهه با مقادیر بالاتر** یعنی چیزی در حدود  $10 \text{ Gy}$  یا بیشتر سبب ایجاد عوارض گوارشی منجر به عدم تولید کافی سلول‌های تولید کننده مخاط گوارشی می‌گردد. **پس از پایان هفته اول بعد از مواجهه**، عوارضی همچون **سوء تغذیه، کم آب شدن بدن، اختلالات الکترولیتی و گوارشی، عفونت و خون‌ریزی** بطور فزاینده‌ای مشخص می‌شوند.



مواجهه با مقادیر بالاتر پرتو یعنی **دزهایی بالاتر از  $20 \text{ Gy}$**  سبب ایجاد **پاسخ عصبی - عروقی** بعد از یک دوره کمون می‌شوند و عوارضی همچون **آتاکسی (ناهماهنگی یا بی‌نظمی حرکات عضلات)، خواب آلودگی، بی‌قراری، تشنج همراه با افت فشار خون، کاهش دمای بدن و مرگ** در طول چند ساعت یا ۱ تا ۲ روز می‌شود.

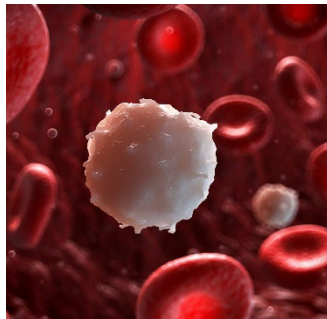
**اریتما** (سرخ شدن پوست) معمولاً پس از چند دقیقه یا چند ساعت پس از مواجهه با پرتو رخ می‌دهد، که بستگی به دز پرتو، انرژی و اندازه ناحیه در معرض تابش دارد. بعد از مواجهه سریع با دز **۶ سیورت** (واحد دز معادل : کمیتی است که اثرات بیولوژیکی ناشی از جذب انواع پرتوها در بافت را منظور می‌کند) یا بیشتر، اریتما معمولاً در طی چند ساعت بوجود می‌آید و برای چند ساعت باقی می‌ماند و **پس از ۲ تا ۴ هفته** یک یا چند **موج عمیق‌تر و طولانی‌تر از اریتما و ریزش مو** رخ می‌دهد.

پرتوگیری حاد با دز **SV ۱۰-۲۰** ممکن است سبب جراحت بافت پوششی یا اپیتلیوم همراه با **پوسته پوسته شدن و نکروز شدن** (بافت‌مردگی) پوست در طول ۲ تا ۴ هفته شود.



مواجهه سریع تمام بدن با دز  $2SV-3$  سبب **مرگ لنفوسیت‌های بالغ** (سلول‌های بنیادی خون‌ساز) به حدی می‌شود که سبب ایجاد **لنفوپنی** شدید (پایین رفتن تعداد لنفوسیت‌های در گردش خون) حداقل در طی ۴۸ ساعت گردد. همچنین سبب آسیب به سلول **هماتوپوئیتیک** می‌گردد که آن نیز سبب **کاهش تعداد گرانولوسیت‌ها و پلاکت‌ها** در طی ۳ تا ۵ هفته می‌گردد. مواجهه با دزهای بالاتر از  $3SV-5$  و عدم درمان آن سبب ایجاد **عفونت‌های کشنده، خون‌ریزی** در طول دوره آسیب‌پذیری، **آپلازی** (تشکیل نشدن یا فقدان یک اندام یا قسمتی از یک اندام یا یک بافت) تقریباً فوری بافت لنفاوی، **لنفوپنی** و **کاهش پاسخ ایمنی** می‌گردد.

### Blood cells



Erythrocyte



Platelets



Leukocyte



Monocyte



Eosinophil



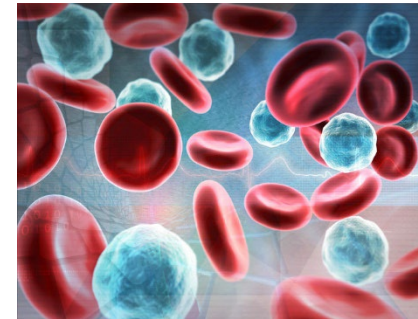
Basophil

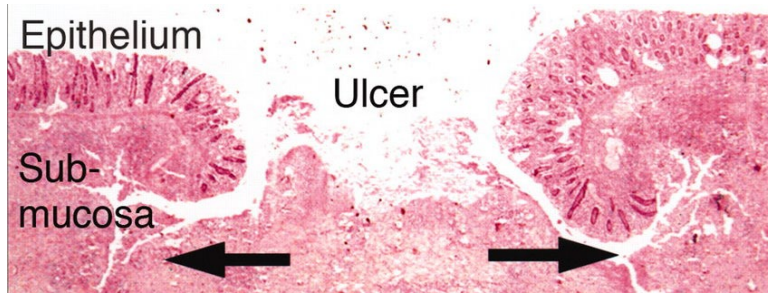


Neutrophil



Lymphocyte

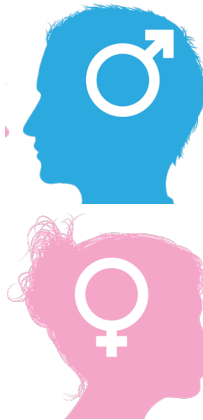
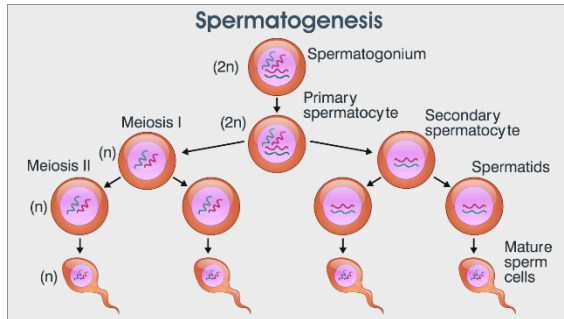




## دستگاه گوارش

سلول‌های بنیادی مخاط روده در اثر پرتوگیری حاد با دز **SV** ۱۰ به تعداد کافی جهت ایجاد **زخم اپیتلیوم** پوشاننده کشته می‌شوند. اگر **منطقه بزرگی** از مخاط روده تاثیر پذیرند، جراحی ممکن است سبب **مرگ**، **سندروم اسهال خونی** در طی ۱-۲ هفته گردد.

## گنادها



مواجهه حاد هر دو **بیضه** با دز **SV ۰.۱۵** سبب **مرگ تعداد کافی** از **اسپرματοژنرها** جهت دیس کردن اسپرم‌ها برای ماه‌ها می‌گردد و معمولاً بعد از ۶ هفته از آغاز مواجهه رخ می‌دهد. دزهای بالاتر از **SV ۲** سبب **عقیمی طولانی مدت یا دائمی** می‌گردد.

مواجهه حاد هر دو **تخمندانها** با دز **SV ۱.۵-۲** به طور مشابه می‌تواند سبب **عقیمی موقت** و دزهای **SV ۲-۳** سبب **عقیمی دائمی** می‌گردد، که بستگی به سن زن در هنگام مواجهه دارد.

## پرتوگیری حاد

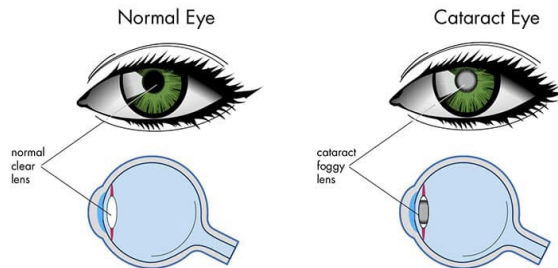
### دستگاه تنفسی

دستگاه تنفسی می‌تواند به طور قابل توجهی در برابر پرتوگیری موضعی از خود مقاومت نشان دهد. زمانی تمام یا اکثر نواحی ریه به طور شدیدی دچار پرتوگیری شوند، در طول ۶-۱ ماه سبب ایجاد **پنومونی** ( ذات الریه ) **کشنده** می‌شود. دز کشنده برای ۵۰٪ از جمعیت نظری برای این واکنش تقریباً برابر با **۸-۱۰ Gy** برای پرتو گاما در اثر یک مواجهه مختصر رخ می‌دهد. افرادی که از مرحله **التهاب شدید ریوی** نجات می‌یابند ممکن است بعداً در اثر **فیروز ریوی** (ایجاد زخم و ضخیم شدن) یا نارسایی قلبی ریوی از پای درآیند. مکانیسم آسیب شناسی زخم‌ها شامل سری واکنش‌های پیچیده‌ای است که ظاهراً سبب ایجاد **صدمه به سلول‌های آلوئولی و عروق ریوی** می‌شوند.



### عدسی چشم

تابش پرتو به عدسی چشم سبب **کدر شدن** آن می‌گردد. آستانه ایجاد **آب مروارید** چشم در اثر مواجهه مختصر عدسی چشم برابر با دز **SV** ۲-۳ و در اثر مواجهه در طول چند ماه برابر با دز **SV ۵.۵-۱۴** می‌باشد. با پرتوگیری ۱۰۰۰ راد، همه افراد تابش دیده مبتلا به کاتاراکت می‌شوند.



# اثرات مزمن (اثرات دیررس پرتوهای یونیزان)

به اثرات دراز مدتی مانند بیماری‌های بدخیم، آسیب موضعی بافت، کاهش طول عمر، آسیب ژنتیکی و اثرات بالقوه بر جنین اطلاق می‌شود. اثرات دیررس ممکن است در نتیجه یک پرتوگیری حاد در گذشته، پرتوگیری با مقدار زیاد و یا پرتوگیری با دز کم در طول سال‌های متمادی ظاهر شود.

## اثرات تشعشع بر روی سرطان

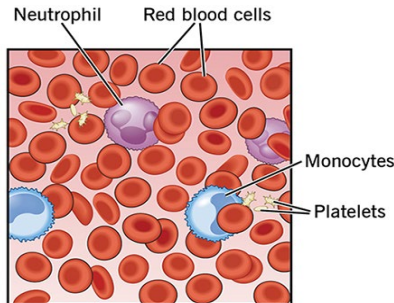
پرتوکاران از اولین افرادی بودند که اثرات سرطان‌زایی پرتوگیری را مشخص کردند. نمونه‌هایی از تاریخچه آن به شرح زیر می‌باشند: ۱- سرطان پوست در رادیولوژیست‌های اولیه و کسانی که پرتو X کار می‌کردند، ۲- لوسمی در رادیولوژیست‌های اولیه. ۳- سارکوم (بافت همبند مانند غضروف و ماهیچه و استخوان) استخوان و سرطان سینوس جمجمه در افرادی که عقربه ساعت‌ها را رنگ آمیزی (رنگ‌های حاوی رادیوم) می‌کردند، ۴- سرطان ریه در افرادی که در معدن اورانیوم و دیگر سنگ‌های سخت زیر زمینی مشغول بکار بودند

رادیو درمانیت غالباً هنگام درمان با اشعه یونیزان رخ می‌دهد. پوست افراد مبتلا خشک، صاف، براق، نازک، خارش دار و حساس است و نشانه‌های تلانژکتازی (عروق های خونی شبکه ای مانند)، آتروفی (تحلیل رفتگی) و پیگمانتاسیون (اختلالات رنگدانه ای) منتشر وجود دارد. ناخن‌ها صاف و شکننده هستند. نئوپلاسم‌های (رشد غیرطبیعی سلول‌ها) ایجاد شده به وسیله پرتو چندین سال یا شاید چندین دهه برای توسعه نیاز به زمان دارند، همچنین نئوپلاسم‌های ایجاد شده ناشی از پرتو با دیگر نئوپلاسم‌های ایجاد شده به وسیله عوامل محیطی، کاری یا سبک زندگی تفاوتی ندارند.

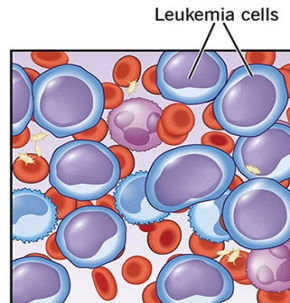


علاوه بر این، بروز سرطان‌های ناشی از پرتو پس از **پرتوگیری با دزهای نسبتاً بالایی** ( $>0.5\text{Gy}$ ) رخ می‌دهد و با توجه به نوع نئوپلاسم، سن و جنس فرد ممکن است متفاوت باشد. تردیدی نیست که پرتوهای یونیزان قادر به ایجاد **لوسمی** می‌باشند. در بین بیماری‌های بدخیم، لوسمی دارای کوتاه‌ترین دوره‌ی نهفته است. اثبات القای سرطان‌های دیگر در کنار لوسمی در نتیجه پرتوگیری مشکل است.

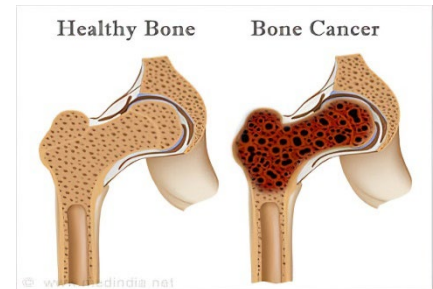
در هر صورت، دخالت پرتوهای یونیزان در ایجاد **سرطان‌های استخوان، تیروئید، کبد، ریه و گلیومای بدخیم** ثابت شده است. اثرات دیگر پرتوگیری با مقدار زیاد شامل **پیری زودرس، کوتاه شدن طول عمر، اختلالات تراتوژنیک** (از قبیل نقص CNS، عقب ماندگی ذهنی و میکروسفالی) و **اختلالات تولید مثلی و تناسلی** می‌باشد.



Normal Blood



Leukemia



### آسیب چشمی

#### اشعه X

اشعه X از طریق آزاد کردن یون‌ها به نسوج نفوذ می‌کند. عمق نفوذ و آسیب به طول موج اشعه و انرژی ساطع شده بستگی دارد. بررسی ضایعات در یک مورد ، **سوختگی** تاخیری به دنبال **نکروز و اولسراسیون** ( زخمی شدن) و در نهایت **درماتیت** (التهاب) **پلک‌ها** با تغییرات بدخیمی بوده است. **کاتاراکت** ممکن است به علت تماس با مقدار کم اشعه X در صورتی که به اندازه کافی طولانی مدت باشد، ایجاد شود.

#### نوترون

نوترون‌ها و ذرات بتا ممکن است به **عدسی‌ها صدمه زده و باعث کاتاراکت** شوند.



## برخی از حدود دوز شغلی توصیه شده

| حد دوز                  | DOE                            | NRC                            | OSHA                                         | NCRP(1993)                  | ICRP(1991)                                                                                                                |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| شغلی                    | ۵۰ میلی سیورت (دز داخل و خارج) | ۵۰ میلی سیورت (دز داخل و خارج) | ۱۲/۵ میلی سیورت به ازای هر فصل برای تمام بدن | ۵۰ میلی سیورت               | ۲۰ میلی سیورت به طور متوسطه در بیش از ۵ سال (۱۰۰ میلی سیورت در ۵ سال) البته دز موثر در سال نباید بیش از ۵۰ میلی سیورت شود |
| لنز چشمی                | ۱۵۰ میلی سیورت                 | ۱۵۰ میلی سیورت                 | ۱۲/۵ میلی سیورت به ازای هر فصل               | ۱۵۰ میلی سیورت              | ۱۵۰ میلی سیورت                                                                                                            |
| دست و بازوها، پا و زانو | ۵۰۰ میلی سیورت                 | ۵۰۰ میلی سیورت                 | ۱۸۷/۵ میلی سیورت به ازای هر فصل              | ۵۰۰ میلی سیورت              | ۵۰۰ میلی سیورت                                                                                                            |
| پوست                    | ۵۰۰ میلی سیورت                 | ۵۰۰ میلی سیورت                 | ۷۵ میلی سیورت به ازای هر فصل                 | ۵۰۰ میلی سیورت              | ۵۰۰ میلی سیورت                                                                                                            |
| تجمعی                   | ۵۰۰ میلی سیورت                 | ۵۰۰ میلی سیورت                 | ۵۰ (سن بر حسب سال - ۱۸) میلی سیورت           | ۱۰ میلی سیورت سن بر حسب سال | ۱۰۰ میلی سیورت به ازای ۵ سال                                                                                              |

International  
Commission on  
Radiological  
Protection

National Council on Radiation  
Protection  
Occupational Safety and  
Health Administration

Norwegian Refugee Council

U.S. Department of Energy

## پرتوها

از آنجا که دفتر حفاظت در برابر اشعه سازمان انرژی اتمی وظیفه تعیین حدود پرتوگیری شغلی در فعالیت های کاری با پرتوهای یونساز و غیر یونساز را بر عهده دارند و این حدود بعنوان بخشی از مقررات ملی محسوب می گردد. برای آگاهی از آخرین استانداردهای بروز به سایت دفتر امور حفاظت در برابر اشعه مراجعه نمایید. بدین منظور می توانید از پیوندهای زیر استفاده نمایید:



۱ - استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۶۷ - تجدید نظر دوم:

پرتوهای غیر یونساز - حدود پرتوگیری

۲ - استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۶۱۰ ، حدود پرتوگیری از

تابش های لیزری در محدوده طول موج

های ۱۸۰ نانومتر تا ۱۰۰۰ میکرون است.

۳- ضوابط کار در میدان مغناطیسی مستقیم یا میدان های

الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس فوق العاده کم



## پیشگیری

- ✓ هدف اصلی برنامه‌های حفاظت از پرتو جلوگیری از بروز جراحتهای ناشی از پرتو می‌باشد. لذا، تمام مواجهات غیر ضروری با پرتو باید تا حد امکان کاهش یابد. همچنین افرادی که به دلیل شغلشان با پرتو در تماس هستند، باید تا جایی از نظر منطقی قابل قبول است در کمترین میزان تماس با پرتو باشند (ALARA).
- ✓ میزان محدود کردن دز تماسی با پرتو که در پرتوکاران و افرادی عادی جامعه اعمال می‌شود، سبب پیشگیری از تمام اثرات جهش‌زایی، سرطان‌زایی و تراتوژنیک (آسیب جدی به رشد و تکوین جنین یا رویان) پرتو نمی‌شود، زیرا حد آستانه‌ای برای این اثرات وجود ندارد، اما میزان ریسک این خطرات نیز باید در حد قابل قبول حفظ شود. افرادی که در محیط کار خود در معرض پرتوها قرار دارند، پرتوکار نامیده می‌شوند.
- ✓ جوانان کوچکتر از ۱۸ سال نباید با مواد پرتوزا کار کنند.
- ✓ کاهش میزان تماس غیر ضروری افراد با پرتو نیازمند طراحی دقیق محیط کار، تجهیزات و رویه‌های کاری، آموزش و نظارت بر کار کارکنان و اجرا برنامه حفاظت از پرتو که شامل نظارت سیستماتیک و کنترل کارکنان به وسیله فیزیکدانان سلامت می‌باشد.

## پیشگیری

- ✓ برنامه حفاظت از پرتو همچنین باید دارای طرح‌هایی جهت مقابله با حوادث پرتویی نیز باشد.
- ✓ افرادی که قرار است پرتوگیری شغلی داشته باشند، باید تحت معاینات پزشکی و سلامتی نظیر شمارش کامل خون، (تست سرعت رسوب گلبول قرمز) ESR، انعقاد خون، معاینه چشم، معاینه پوست و گرافی قفسه صدری قرار گیرند. در ضمن آزمایش‌های پزشکی کارکنان باید حداقل سالی یکبار و افرادی که در منطقه تابش کار می‌کنند هر ۶ ماه یکبار تمدید گردند.
- ✓ در محیط‌های تابش پرتو (به ویژه اشعه ایکس تشخیصی)، افراد همیشه باید هم دزیمتر همراه داشته باشند و هم پرتوگیری زمینه آن‌ها در پرونده شان ثبت شده باشد، زیرا پیوسته احتمال دارد که بر اثر غفلت یا بی‌توجهی یکباره دز زیادی دریافت کنند.
- ✓ کارگران در معرض خطر باید از پوشش‌های حفاظتی مخصوص استفاده نموده و بدون آن‌ها با مواد رادیواکتیو روبه‌رو نشوند. کارگران برای حفاظت خود می‌توانند از پیش بندهای سربی مناسب با مقدار اشعه، دستکش‌های مخصوص و عینک‌های شیشه‌ای مناسب استفاده نمایند. در محیط‌های کاری دارای مواد رادیواکتیو خوردن، نوشیدن و سیگار کشیدن ممنوع است.

# پیشگیری

برای حفاظت افراد در برابر پرتوگیری خارجی و کاهش خطرات آن از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

✓ کاهش زمان مواجهه

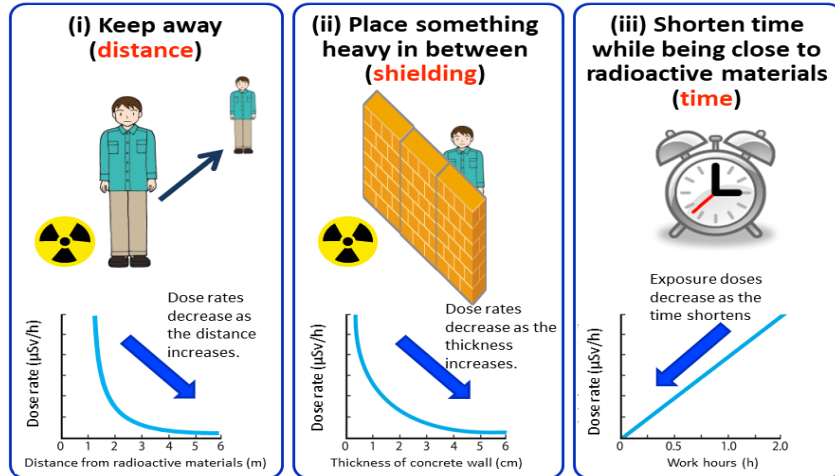
✓ ایجاد حفاظ مناسب بین منبع پرتو و افراد،

(مانند بتن، سرب، استیل، مرمَر و ...)

✓ افزایش فاصله بین منبع پرتو و افراد که دز دریافتی

رابطه مستقیم با عکس مجذور فاصله از منبع دارد.

## Dose Reduction Three Principles of Reduction of External Exposure

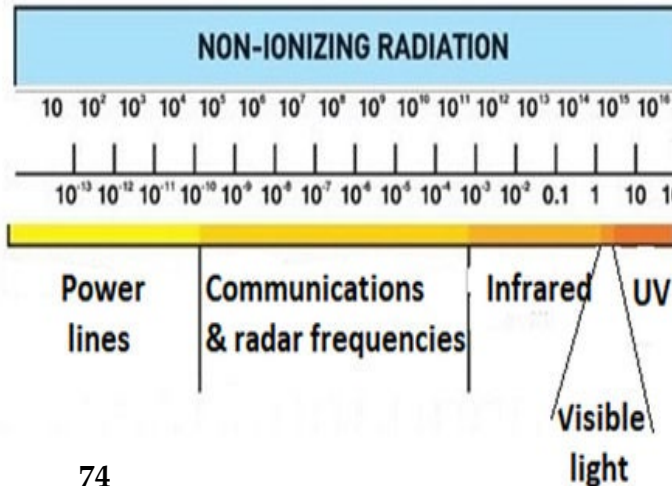


# پرتوهای غیر یونیزان

پرتوهای غیر یونیزان واژه‌ای کلی برای فرکانس‌های مختلف از طیف امواج الکترومغناطیسی می‌باشد که فاقد انرژی برای یونیزه کردن مولکول‌ها در سلول‌های زنده هستند.

تمام پرتوهای غیر یونیزان که از نوع الکترومغناطیس هستند، به وسیله فرکانس یا طول موجشان تقسیم بندی می‌شوند. همه افراد همه روزه با پرتوهای غیر یونیزان در تماس‌اند که به‌طور طبیعی یا مصنوعی رخ می‌دهد.

این مواجهه ممکن است برای افراد مضر یا مفید باشد. همانند امواج یونیزان، امواج غیر یونیزان به جز پرتو مرئی (  $400\text{--}760\text{ nm}$  ) نیز برای ما قابل درک نیستند.



اما برخلاف پرتوهای یونیزه کننده، ممکن است این پرتوها سبب ایجاد گرما یا تحریک الکتریکی شوند.

این امواج دارای اشکال مختلفی از جمله سیگنال‌های رادیویی و تلویزیونی، رادارها، امواج پیچر و تلفن‌های همراه، امواج ماکروویو، نورمرئی، مادون قرمز،

ماوراء بنفش و لیزرها می‌باشند.

## پرتوهای غیریونیزان

**خطراتی** که معمولاً در اثر مواجهه با این امواج به آنها نسبت داده می‌شوند عبارتند از:

- ۱- جریان‌هایی در بدن در اثر تماس با منابع دارای انرژی یا بدون تماس ایجاد می‌شود (**تحریک الکتریکی**).
- ۲- افزایش دمای عمقی بدن،
- ۳- افزایش دمای سطحی بدن.

**نحوه تعامل** این اثرات با بدن به چندین فاکتور بستگی دارد:

- ✓ **اعضایی که دارای آب بالاتری هستند مانند عضلات، انرژی بیشتری** از این امواج (EMF) نسبت به نسوج کم آب بدن **جذب** می‌کنند.
- ✓ **میزان جذب** زمانی بیشتر است که: **میدان الکتریکی موازی با بدن** باشد و **میدان مغناطیسی عمود** بر سطح مقطع عرضی بدن باشد.
- ✓ **عمق نفوذ انرژی** EMF با **افزایش فرکانس** یا کاهش طول موج **کاهش** می‌یابد.

3 Hz to 3 kHz

## امواج با فرکانس کم و بی نهایت کم (Extremely low frequency)

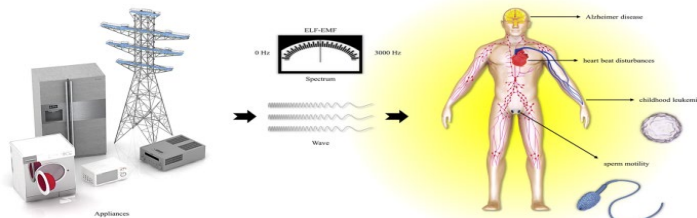
تولید، انتقال و مصرف الکتریسیته همواره با این امواج در ارتباط است. زمانی که طول موج بسیار بلند باشد، افراد مورد مواجهه تنها با یک طول موج احاطه می‌شوند.

✓ آژانس بین المللی تحقیقات در مورد سرطان (IARC) اطلاعاتی در مورد خاصیت سرطان‌زایی امواج ELF را بررسی کرده است. نتیجه این بررسی گویای دو برابر شدن لوسمی در دوران کودکی افرادی بود که ساکن نواحی نزدیک به خطوط انتقال برق بودند و میزان میدان مغناطیسی در آن نواحی بیش از ۴ mG بوده است.

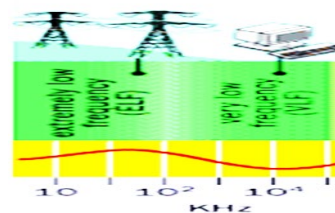
✓ مواجهه با ELF با افزایش ریسک ابتلا به بیماری‌های عصبی-روانی نیز در ارتباط است.

✓ به طور خلاصه نتیجه چندین مطالعه انجام شده گویای این است که هیچ رابطه یا امکانی بین ELF و سرطان مغز یا لوسمی وجود ندارد.

در گستره فرکانس ۳۰۰Hz تا ۳KHz (شامل باند فرکانس صوتی (VF) و باند فرکانس خیلی کم (VLF) از ۳KHz تا ۳۰KHz است.



۳ هرتز تا ۳۰۰ هرتز



طول موج امواج ELF می‌تواند بین ۱۰ کیلومتر تا ۱۰۰ کیلومتر متغیر باشد. به همین دلیل این امواج می‌توانند به راحتی از موانع و زمین عبور کنند.

## پیشگیری

میزان شدت امواج EMF با افزایش فاصله از منبع به شدت کاهش می یابد. همچنین میدان های الکتریکی به راحتی قابل حفاظ گذاری هستند اما میدان مغناطیسی قدرت نفوذ بالاتری دارند. اگرچه وسایل الکتریکی در زمان روشن بودن میدان مغناطیسی ایجاد می کنند اما میدان های الکتریکی تا زمان کشیدن وسیله از دوشاخه وجود خواهند داشت. استراتژی کلی، اجتناب محتاطانه از خطر است و اشاره به این دارد که باید با حداقل هزینه اقدامات لازم جهت کاهش مواجهه حتی در غیاب

شواهد روشن انجام شود.



روش اندازه گیری شدت میدان مغناطیسی اطراف خطوط انتقال نیرو



وبینار طب کار ۴؛ دکتر فرهنگ؛ فروردین ۱۴۰۴



روش اندازه گیری شدت میدان الکتریکی اطراف خطوط انتقال نیرو

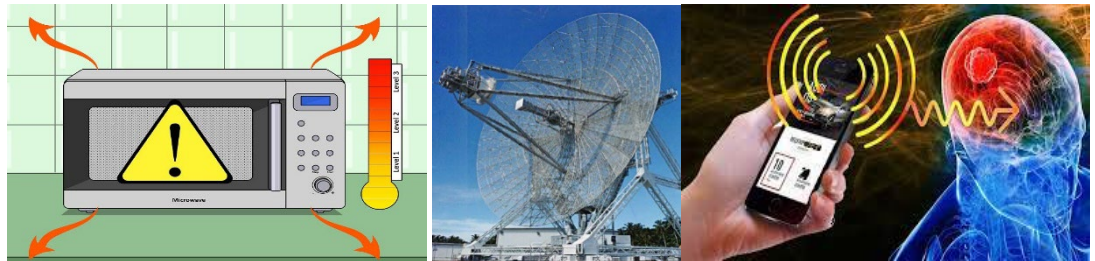
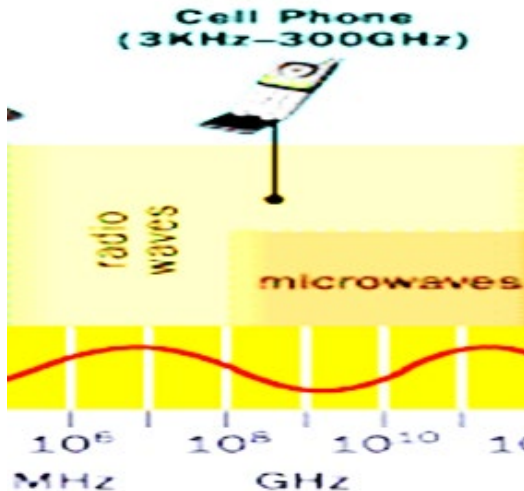
# امواج رادیو فرکانس و مایکروویو

این باندها معمولاً شامل محدوده فرکانسی بین ۳ کیلوهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز و طول موجی بین ۱ میلی‌متر تا ۳ کیلومتر می‌باشند.

میزان انرژی جذب شده ناشی از پرتوهای RF به فرکانس منبع و ابعاد قسمتی از بدن که تحت مواجهه قرار دارد بستگی دارد.

بیشتر نگرانی‌ها در مورد امواج رادیو فرکانس بر روی مواجهه با مایکروویو متمرکز شده است که به وسیله رادارها، وسایل ارتباط از راه دور، و اجاق‌های مایکروویو تولید می‌شود.

در ضمن یکی از منابع گسترده امواج RF تلفن‌های همراه است.



مواجهه شغل، و عموم، با منابع رایج تولید امواج رادیوفرکانس، و مایکروویو

| منابع تولید امواج |     |                                          |
|-------------------|-----|------------------------------------------|
| RF/MW             | ELF |                                          |
|                   | 00  | گرمایش القایی                            |
| 00                |     | عمل جراحی و فیزیوتراپی                   |
| 00                |     | گرمایش دی الکتریک                        |
|                   | 00  | جوشکاری قوس الکتریکی                     |
|                   | 00  | جوشکاری نقطه‌ای                          |
| 00                |     | واکنش‌های الکتروشیمیایی                  |
|                   | 00  | واکنش‌های الکترولیز                      |
| 00                |     | اجاق‌های مایکروویو صنعتی                 |
| 00                | 00  | تصویربرداری تشدید مغناطیسی               |
|                   | 0   | وسایل نقلیه الکتریکی (قطار، مترو)        |
| 0                 |     | سامانه‌های رادار                         |
| 0                 | 0   | امواج رادیویی و تلویزیونی                |
| 00                |     | ایستگاه‌های تلفن همراه                   |
| 00                |     | شبکه‌های محلی بی‌سیم                     |
| 0                 |     | تلفن‌های بی‌سیم                          |
| 00                |     | بلوتوث                                   |
|                   | 00  | شبکه‌های انتقال و توزیع نیروی الکتریسیته |
|                   | 0   | لوازم الکتریکی                           |
|                   | 00  | آهنرباهای صنعتی بزرگ (جرثقیل‌ها)         |

✓ مهمترین **تفاوت بین مواجهه RF و ELF**، آن است که مواجهه با RF مخصوصا در طول موج مایکروویو ممکن است، **سبب ایجاد**



**اثرات گرمایی شود.**

✓ برخلاف دیگر منابع ایجاد گرما، درجه و میزان توزیع گرما کمتر قابل پیش بینی خواهد بود.

✓ بسیار خوب شناخته شده است که **امواج RF** سبب ایجاد گرما در یافت‌های عمقی بدن بدون ایجاد گرما در بافت‌های سطحی

(پوست) و سبب ایجاد سوختگی‌های شدید بافتی می‌شوند.

✓ از عوارض مواجهه با **امواج مایکروویو** می‌توان به ایجاد اریتما، احساس گرمای حاد، فشار خون بالا و مشکلات روانی که برای

چندین ماه باقی می‌مانند، اشاره کرد.

✓ **امواج مایکروویو** سبب ایجاد کاتاراکت در حیوانات آزمایشگاهی شده است و به ندرت سبب ایجاد کاتاراکت در انسان می‌شوند.

✓ نتیجه یک مطالعه‌ی کوهورتی که اخیرا بر روی ۴۰۵۸۱ نفر از سربازان با تجربه کره‌ای که با امواج رادار مواجهه شدید داشته‌اند،

انجام شده است، گویای این است که هیچ مدرکی مبنی بر افزایش ریسک ابتلا به سرطان، سرطان بیضه یا مرگ و میر کلی وجود

ندارد.

## پرتوهای غیر یونیزان - امواج رادیو فرکانس و مایکروویو

### پیشگیری

در مکان‌هایی که امکان مواجهه افراد با مقادیر بالای امواج RF وجود دارد و سبب ایجاد اثرات گرمایی شدید می‌شوند، باید از **علائم هشدار دهنده و لباس‌های حفاظتی** (فولاد ضد زنگ، نقره، یا پلیمرهای خاص) و **حفاظ گذاری** (شیشه‌ها با پوشش‌های رسانا حاوی ذرات فلزی، بتن مسلح، شیلدهای پلیمری، فولاد ضد زنگ) استفاده گردد. همچنین استفاده از توصیه‌های NIOSH برای **استفاده ایمن از رادارهای ترافیکی** توصیه می‌گردد. OSHA میزان مواجهه با  $10 \text{ mW/cm}^2$  را برای حفاظت در برابر اثرات گرمایی مشخص کرده است. اگرچه ACGIH میزان جذب ویژه (SAR) کلی بدن را کمتر از  $\text{W/Kg}$  ۰.۴ تعیین کرده است.

# امواج مادون قرمز (IR)

تمام اشیایی که **دمایی بالاتر از صفر مطلق** دارند از خود IR تابش می کنند.

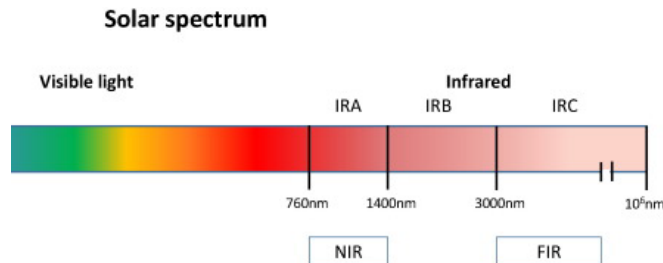
**IR-A** دارای دامنه طول موجی بین  $760\text{nm} - 1.4\text{ }\mu\text{m}$ ، **IR-B** بین  $1.4 - 3.0\text{ }\mu\text{m}$  و **IR-C** بین  $3.0\text{ }\mu\text{m} - 1\text{ mm}$  می باشد. همچنین به

**IR-A**، **مادون قرمز نزدیک** و به **IR-C** **مادون قرمز دور** گویند.

**IR-A** گاهی اوقات به شکل درخشش های قرمزی **قابل رویت** می باشد اما **IR-B** و **IR-C** غیر قابل رویت هستند.

از منابع مهم IR می توان به **خورشید، شیشه مذاب، قوس الکتریکی در جوشکاری، خشک کن ها** و... اشاره کرد.

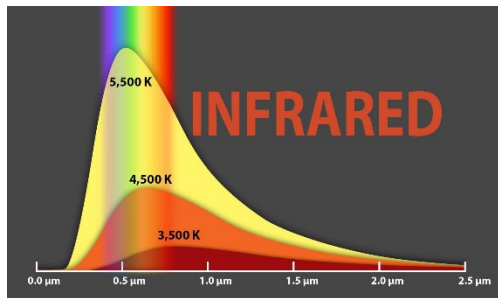
لازم به ذکر است که برخی از **انواع لیزرها** نیز مادون قرمز از خود منتشر می کنند.



وبینار طب کار ۴؛ دکتر فرهنگ؛ فروردین ۱۴۰۴



## امواج مادون قرمز (IR)



✓ زمانی که IR با بافت‌های بدن مواجهه یابد، سبب **افزایش دمای** آن‌ها می‌گردد.

✓ IR توسط **بافت‌های آبدار بیشتر جذب** می‌شود ولی **قابلیت نفوذ ندارد** و

بیشتر در **لایه‌های فوقانی بافت** جذب می‌شود.

✓ **پوست** سالم در اثر مواجهه با **مقادیر بالای آن** به خوبی از خود **علائم سوختگی** را بروز می‌دهد.

✓ **پلک‌ها و چشم‌ها** دارای **خصوصیات هشدار دهنده‌گی** کافی نسبت به گرما نیستند.

**پزشکان و پرستاران:** در استفاده از دستگاه‌های درمانی مانند لیزرهای مادون قرمز برای درمان‌های فیزیوتراپی و تسکین درد.

**کارکنان در صنایع تولیدی:** در فرآیندهای حرارتی مانند خشک کردن، جوشکاری و رنگ‌آمیزی که از گرمای مادون قرمز استفاده می‌شود.

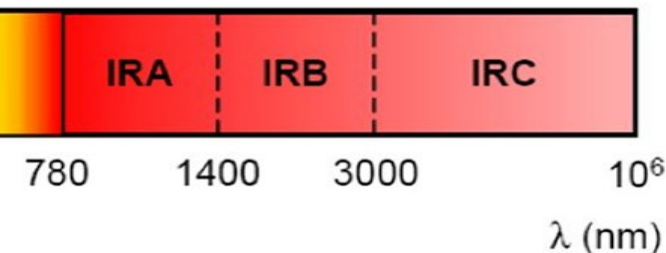
**کارگران در صنایع شیشه‌سازی:** در فرآیند تولید شیشه که نیاز به حرارت بالا دارد.

- ✓ اثرات فیزیولوژیک ناشی از **IR-A** (به خاطر طول موج کوتاه تر) به گرمایش بافت‌های سطحی محدود می‌شود.
- ✓ مواجهه زیاد چشم با **IR-A** ممکن است سبب ایجاد صدمه به عدسی (کاتاراکت)، مشیمیه و شبکیه چشم شود.
- ✓ **IR-B** نیز سبب ایجاد **صدمه به قرنیه، ملتحمه و زلالیه** می‌گردد.

✓ قابلیت متمرکز شدن چشم ممکن است سبب جمع شدن انرژی **IR-A** در نقطه‌ای بر روی اپیتلیوم رنگدانه **شبکیه** و در نتیجه باعث سوختگی گردد.

✓ مواجهه مزمن با **IR-A** با ایجاد **آب مروارید** در کارگران صنایع شیشه سازی یا کوره که مواد مذاب دمایی بیشتر از ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد یا بیشتر دارند، مرتبط است. این بیماری زمانی شایع می‌گردد که فرد برای چندین سال با میزان بالایی از پرتو بدون استفاده از حفاظ مواجهه داشته باشد.

کمترین انرژی و بیشترین نفوذ



✓ با مکانیزه شدن فرایند تولید شیشه و استفاده از گازل‌های حفاظتی،

این بیماری به ندرت رخ می‌دهد.

### پیشگیری

حدود مجازی برای مواجهه با IR-A بر حسب اثرات چشم گزارش شده است **عینک‌های حفاظتی** برای کارگرانی که با مقادیر بالایی از IR در تماس هستند باید دارای **فیلترهای مادون قرمز** (پلی کربنات، پوشش‌های فلزی (مثل طلا یا نقره)، پلیمرهای کربن-نانولوله، شیشه سیلیکای ذوب‌شده) مناسب باشند.

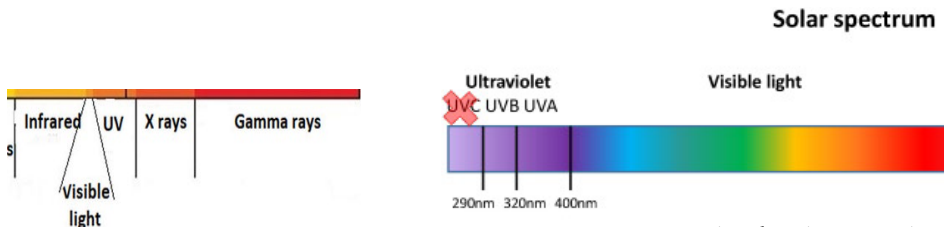


For exposure durations greater than  $10^3$  sec (17 mins), an acceptable exposure is present when:

$$E_{IR-only} [W \cdot cm^{-2}] \leq 0.01 \quad (7b)$$

## پرتو ماوراء بنفش

- ✓ پرتو ماورا بنفش در محدوده باریک فرکانسی یعنی  $400\text{nm} - 100\text{nm}$  گسترش یافته است.
- ✓ باند UV به نواحی زیر  $\text{UV-A}$  ( $315\text{nm}-400\text{nm}$ ) ،  $\text{UV-B}$  ( $280\text{nm}-315\text{nm}$ ) و  $\text{UV-C}$  ( $100\text{nm}-280\text{nm}$ ) تقسیم می شود.
- ✓ همانند پرتوهای IR با افزایش فرکانس، میزان انرژی افزایش ولی میزان نفوذ کاهش می یابد.
- ✓ در نتیجه **UV-A** دارای کمترین انرژی و بیشترین نفوذ در پوست خواهد بود.
- ✓ **UV-C** دارای بیشترین انرژی و پتانسیل آسیب رسانی بالایی را خواهد داشت، اما قادر به نفوذ در بافتها نیست، در واقع **قادر به نفوذ در اتمسفر زمین نمی باشد.** **UV-B** نیز از این نظر حد واسط بین UV-A و UV-C قرار دارد.



- ✓ مهمترین منبع پرتو UV خورشید می باشد.

## منابع مصنوعی پرتو UV

لامپ‌های ماوراء بنفش

لامپ میکروب کش ( هوا، آب، استرلیزاسیون)

تخت برنزه

درمان رزین ( پیوند دندانپزشکی، تخته مدار)، پوشش و جوهر

خدمات پزشکی (PUVA)

فرآیندهای فتوشیمیایی (محصولات دارویی، محصولات شیمیایی کشاورزی)

هنر گرافیک

آزمایشگاه ( اسپکتروفتومتر)

قوس الکتریکی

جوشکاری

کوره‌ها

لیزر فرابنفش



تخت‌های برنزه

- بین ۲۰ تا ۳۰٪ ممکن است علائم آسیب به چشم مانند حساسیت به نور و تاری دید داشته باشند.
- تا ۷۵٪ بیشتر در معرض خطر ابتلا به ملانوما و دیگر انواع سرطان پوست قرار دارند.
- حدود ۴۰٪ نشانه‌های پیری زودرس مانند چین و چروک و لکه‌های پوستی را تجربه می‌کنند.

✓ **اثرات مضر UV عمدتاً به وسیله UV-B** ایجاد می‌گردد، اگرچه مواجهه با UV-A بیشتر رخ می‌دهد و آن نیز اثرات مهمی بر سلامتی دارد.

✓ با توجه به ماهیت UV میزان نفوذ آن در پوست اندک می‌باشد، در نتیجه اثرات آن عمدتاً بر روی **پوست و چشم** می‌باشد و با توجه به شدت مواجهه ممکن است عوارض شدید یا مزمن ایجاد نماید.

✓ **علت اصلی آفتاب سوختگی UV-B** می‌باشد. آفتاب سوختگی معمولاً پس از ۶-۱ ساعت **مواجهه** رخ می‌دهد و پس از ۳ روز برطرف می‌گردد.

✓ آفتاب سوختگی‌های شدید ممکن است سبب **تاول و تخریب پوست شده و شانس بروز عفونت‌های ثانویه** را افزایش دهند.

✓ افرادی که دارای **پوست تیره** هستند، نسبت به افرادی که دارای پوست روشن هستند از **حفاظت بالاتری** برخوردار هستند.



✓ **UV-A پتانسیل کمتری** برای ایجاد آفتاب سوختگی دارد. اگرچه میزان نفوذ

UV-A از UV-B در حوزه زمین بیشتر است.

✓ UV سبب واکنش‌های فوتوتوکسیک و حساسیتی به نور و همچنین سبب ایجاد سرطان و پیری پوست می‌گردد.

✓ اخیراً میزان افزایش در هر ۳ نوع سرطان پوست به پرتو UV بخصوص UV-B نسبت داده می‌شود، اما شواهد اندکی مبنی بر دخالت UV-A وجود دارد.

✓ سرطان سلول بازال به طور قوی با مواجهات حاد با UV ارتباط دارد، اما سرطان سلول سنگفرشی با مواجهات مزمن ارتباط دارد.

✓ رابطه بین ملانوما با مواجهه با نور خورشید پیچیده است و بر اثر ترکیب مواجهات مزمن و حاد رخ می‌دهد.

✓ از اثرات حاد پرتو UV بر چشم می‌توان به Photokeratitis (برف‌کوری) اشاره کرد. اختلال دردناک قرنیه چشم به علت قرار گرفتن

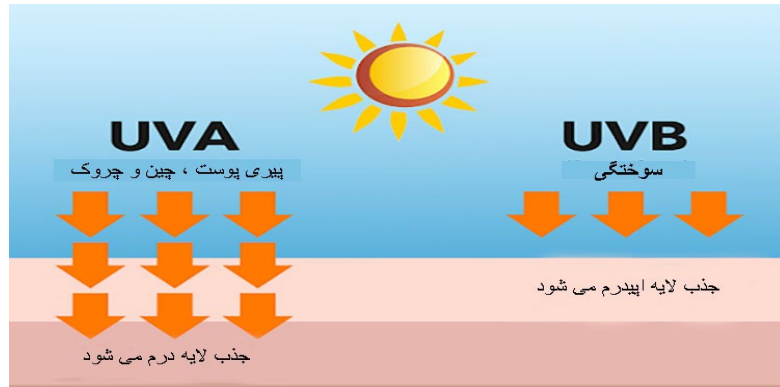
بیش‌ازحد در معرض نور فرابنفش است که از برف بازتابیده می‌شود.

✓ در اثر مواجهه چشم انسان با مقادیر اندک UV ممکن است صدمات شدیدی

قبل از آنکه فرد از مواجهه خود آگاه شود رخ دهد.

✓ مواجهه چشم انسان با میانه طیف UV-B به طور موثری سبب ایجاد

کاتاراکت می‌گردد و دارای رابطه‌ی دز - پاسخ مستقیمی می‌باشد.



$$t_{\max} = 0.003 / E_{\text{eff}}$$

در رابطه فوق،  $t_{\max}$  حداکثر زمان پرتوگیری مجاز برحسب ثانیه و  $E_{\text{eff}}$  تابیدگی مؤثر نسبت به یک منبع تک رنگ در طول موج  $270 \text{ nm}$  برحسب  $\text{W/cm}^2$  است.

## پیشگیری



تلاش‌ها باید در جهت **کاهش مواجهه** با UV-A و UV-B باشد. از **مواجهات تفریحی** که سبب آفتاب سوختگی مکرر می‌شوند باید خودداری گردد. **افرادی که دارای پوست روشن، چشمان آبی رنگ و دارای خال در معرض خطر بیشتری** قرار دارند. مواجهه با UV طبیعی می‌تواند از طریق **عدم انجام کار در ساعات ۱۰ تا ۱۴** کاهش یابد. مواجهه پوست می‌تواند از طریق **استفاده از کلاه‌های لبه پهن و لباس‌های آستین بلند** کاهش یابد. **کرم‌های ضد آفتاب** کمترین میزان محافظت مطلوب را ارائه می‌دهند، علاوه بر این نگرانی در مورد اثرات حفاظتی کرم‌های ضد آفتاب در مواجهه با طول موج‌های بلندتر از UV-A و صدمات پوستی مزمن وجود دارد. مواجهات چشمی می‌توانند از طریق استفاده از **عینک‌های حفاظتی** (پلی کربنات، اکسیدهای سریم/نئودیمیوم در ترکیب شیشه، که هم UV-A, B را فیلتر می‌کنند، کاهش یابد. افرادی که با قوس الکتریکی مواجهه دارند مانند جوشکاران باید از **حفاظ‌های صورت مناسب** (پلی کربنات، تری‌استات سلولز، پلی اتیلن ترفتالات گلیکول) استفاده نمایند.



با تشکر از حسن توجه شما

