

کمیته و یگاها

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

کمیتها و یگاها

در سال ۱۹۲۵ مرجعی در سطح بین المللی بنام کمیسیون بین المللی واحدها و اندازه گیری رادیولوژیکی (ICRU (International Commission on Radiological Units)) شروع بکار کرد.

۱. انرژی پرتو (Radiation Energy) :

یکای انرژی در حفاظت در برابر اشعه الکترون ولت (ev) است.

1 ev عبارتست از انرژی کسب شده توسط یک الکترون در خلاء هنگامیکه از اختلاف پتانسیل یک ولت عبور میکند

سایر یگاها انرژی عبارتند از کیلو الکترون ولت (kev) ، میلیون الکترون ولت (Mev) و..

کمیتها و یگاها

۲. پرتودهی و آهنگ پرتودهی (Exposure & Exposure rate) :

پرتودهی کمیتهی است که برای سنجش میزان فوتونها ی ایکس و گاما در هوا بکار برده میشود. این کمیته کل بارهای هم علامت تولید شده توسط فوتونها در واحد جرم هوا را اندازه گیری میکند.

آهنگ پرتودهی کمیتهی است که کل بارهای هم علامت تولید شده توسط فوتونها در واحد جرم هوا را در واحد زمان اندازه گیری میکند.

اولین و قدیمیترین واحد پرتودهی رونتگن R است.

1 R عبارتست از آن مقدار تابش ایکس و گاما که بتواند میزان $0,000258$ کولن بارالکتریکی هم علامت در یک کیلوگرم هوای خشک تولید کند.

و اولین و قدیمیترین یکای آهنگ پرتودهی ذونتگن بر ثانیه R/s است.

1 R/s عبارتست از آن مقدار تابش ایکس و گاما که بتواند میزان $0,000258$ کولن بارالکتریکی هم علامت در یک کیلوگرم هوای خشک در یک ثانیه تولید کند.

کمیتها و یکاها

پرتودهی و آهنگ پرتودهی

- یکای جدید پرتودهی کولن بر کیلوگرم (C/kg) هوا می باشد.
– $1C/kg$ عبارتست از آن مقدار تابش ایکس و گاما که بتواند در شرایط متعارفی یک کولن بارالکتریکی هم علامت در یک کیلوگرم هوا تولید نماید.
- یکای جدید آهنگ پرتودهی کولن بر کیلوگرم بر ثانیه ($C/kg.s$) می باشد
– $1C/kg.s$ عبارتست از آن مقدار تابش ایکس و گاما که بتواند در شرایط متعارفی یک کولن بارالکتریکی هم علامت در یک کیلوگرم هوا در یک ثانیه تولید نماید.

$$1 R = 2.58 \times 10^{-4} C/kg \quad 1 C/kg = 3876 R$$

کمیتها و یکاها

۳. کرما و آهنگ کرما (KERMA & KERMA Rate) :

- کرما (Kinetic Energy Released in Matter, KERMA) کمیته است که مجموع انرژی جنبشی ذرات باردار تولید شده ناشی از پرتوهای غیر مستقیم یونساز را در واحد جرم ماده اندازه گیری میکند.
- یکای جدید کرما، گری (Gray) است و یکای قدیم آن راد (rad) است.
- آهنگ کرما، کمیته است که مجموع انرژی جنبشی اولیه ذرات باردار تولید شده ناشی از پرتوهای غیر مستقیم یونساز را در واحد جرم ماده و در واحد زمان اندازه گیری میکند.
- یکای جدید آهنگ کرما، گری (Gy/s) است و یکای قدیم آن راد (rad/s) است.

کمیتها و یکاها

۴. دز جذب شده و آهنگ دز جذب شده:

(Absorbed Dose & Absorbed dose rate)

دز جذب شده (D) کمیتی است که انرژی جذب شده از کلیه پرتوها در واحد جرم هر ماده را اندازه گیری میکند.

یکای دز جذب شده در دستگاه بین المللی یکاها ژول بر کیلوگرم ماده میباشد که نام ویژه آن گری (Gray) است و آنرا با Gy نشان میدهند.

1Gy عبارتست از انرژی معادل 1 J ناشی از انواع پرتوها که به 1 kg از ماده منتقل می شود.

یکای قدیم دز جذب شده راد (rad) می باشد.

1 rad عبارتست از انرژی معادل 0.01 جول ناشی از انواع پرتوها که به 1 kg از ماده منتقل میشود.

$$1 \text{ rad} = 0.01 \text{ Gy}$$

کمیتها و یکاها

دز جذب شده و آهنگ دز جذب شده

آهنگ دز جذب شده کمیتی است که انرژی جذب شده ناشی از کلیه پرتوها در واحد جرم هر ماده را در واحد زمان اندازه گیری میکند.

• یکاهای آهنگ دز جذب شده عبارتند از Gy/s (جدید) و rad/s (قدیم)

– 1 Gy/s عبارتست از انرژی معادل 1 J ناشی از انواع پرتوها که به 1 kg از ماده در یک ثانیه منتقل میشود.

– 1 rad/s عبارتست از انرژی معادل 0.01 J ناشی از انواع پرتوها که به 1 kg از ماده در یک ثانیه منتقل میشود.

$$1 \text{ rad/s} = 0.01 \text{ Gy/s}$$

کمیتها و یکاها

رابطه پرتودهی و دز جذب شده

- با توجه به مفهوم پرتودهی جهت محاسبه تعداد جفت یونهای تولید شده بازاء 1 C/kg کفایت مقدار را بر بار الکترون تقسیم نمود:

$$\frac{1 \text{ C/kg}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C/ion}} = 6.25 \times 10^{18} \text{ ion/kg}$$

- انرژی لازم جهت تولید زوج یون، میانگین افت انرژی نام دارد که برای هوا معادل 34 eV/ion می باشد لذا:

$$6.25 \times 10^{18} (\text{ion/kg}) \times 34 (\text{eV/ion}) = 2.125 \times 10^{20} \text{ eV/kg}$$

- مقدار دز جذب شده در هوا بر حسب eV/kg میباشد و دز جذب شده در هوا بر حسب J/kg بصورت زیر بدست می آید:

$$2.125 \times 10^{20} (\text{eV/kg}) \times 1.6 \times 10^{-19} (\text{J/kg}) = 34 (\text{J/kg}) = 34 \text{ Gy}$$

کمیتها و یگاها

رابطه پرتودهی و دز جذب شده (ادامه)

با توجه به اینکه $34 \text{ Gy} = 3400 \text{ rad}$ و $1 \text{ C/kg} = 3876 \text{ R}$ لذا میتوان نوشت:

$$3876 \text{ R} = 3400 \text{ rad} \Rightarrow 1 \text{ R} = \frac{3400}{3876} \text{ rad} \Rightarrow 1 \text{ R} = 0.877 \text{ rad (air)}$$

بدیهی است 1 C/kg معادل دز جذب شده 34 Gy در هوا می باشد. چون میانگین افت انرژی در هوا 34 eV الکترون ولت است.

برای محاسبه دز جذب شده در هر ماده ای باید پرتودهی را در میانگین افت انرژی ماده مورد نظر ضرب کرد که این مقدار برای بافت معادل 37 eV الکترون ولت است لذا برای بافت خواهیم داشت:

$$1 \text{ C/kg} = 37 \text{ Gy} , 1 \text{ R} = 0.956 \text{ rad}$$

کمیتها و یگاها

۵. دز عضو و آهنگ دز عضو (Organ Dose & Organ Dose rate)

- دز عضو کمیتی است که انرژی جذب شده از کلیه پرتوها در واحد جرم بافت را اندازه گیری می کند و یکای آن همانند دز جذب شده است.
- آهنگ دز عضو کمیتی است که انرژی جذب شده از کلیه پرتوها در واحد جرم بافت را در واحد زمان اندازه گیری میکند و یکای آن همانند آهنگ دز جذب شده است.
- کمیت دز عضو، متوسط دز جذب شده در یک عضو یا بافت را اندازه گیری می کند.
- در محاسبه دز معادل استفاده میشود.
- یک کمیت مفید در حفاظت در برابر اشعه می باشد.

کمیتها و یگاها

۶. دز معادل و آهنگ دز معادل (Equivalent Dose & Equivalent Dose Rate)

- دز معادل کمیتی است که اثرات بیولوژیکی ناشی از جذب انواع پرتوها در بافت را منظور می دارد و برابر با حاصلضرب متوسط دز جذب شده از پرتو R در بافت T در ضریبی بنام ضریب توزین پرتو می باشد.

$$H_{T.R} = W_R \times D_{T.R}$$

دز معادل \swarrow $H_{T.R}$ \downarrow ضریب توزین W_R \swarrow دز جذب شده از پرتو R در بافت T $D_{T.R}$

کمیتها و یگاها

دز معادل و آهنگ دز معادل

- ضریب توزین پرتو، ضریبی است که کیفیت پرتو (نوع و انرژی پرتو) را جهت محاسبه دز معادل منظور میدارد. مقادیر ضریب توزین برای انواع پرتوها در جدول زیر ارائه شود:

ضریب توزین پرتو WR	نوع و محدوده انرژی
۱	فوتونها (در تمام انرژیها)
۱	الکترونها (در تمام انرژیها)
۵	نوترونها با انرژی کمتر از 10 keV
۱۰	نوترون با انرژی بین 10-100 keV
۲۰	نوترون با انرژی بین 100 keV- 2 MeV
۱۰	نوترون با انرژی بین 2-20 MeV
۵	نوترون با انرژی بیشتر از 20 MeV
۵	پروتون با انرژی بیش از 2 MeV
۲۰	ذرات آلفا، پاره های شکافت و هسته های سنگین

کمیتها و یکاها

دز معادل و آهنگ دز معادل

یکای دز معادل در دستگاه بین المللی یکاها، همانند یکای دز جذب شده یعنی J/kg است که نام ویژه آن سیورت Sievert میباشد و به Sv نشان داده میشود.

$1 Sv$ عبارتست از انرژی معادل یک ژول ناشی از پرتوئی خاص که به $1 kg$ از بافت منتقل می شود.

یکای قدیم دز معادل رم rem می باشد.

$1 rem$ عبارتست از انرژی معادل 0.01 ژول ناشی از پرتوئی خاص که به $1 kg$ از بافت منتقل میشود.

$$1 rem = 0.01 Sv$$

کمیتها و یکاها

دز معادل و آهنگ دز معادل

- آهنگ دز معادل کمیتی است که اثرات بیولوژیکی ناشی از جذب انواع پرتوها در بافت را در واحد زمان در نظر میگیرد. برابر حاصلضرب متوسط آهنگ دز جذب شده از پرتو R در بافت T در ضریب توزین می باشد. و یکاهای آن عبارتند از Sv/s (جدید) و rem/s (قدیم).

آهنگ دز معادل

ضریب

توزین

آهنگ دز جذب شده از پرتو R در بافت T

$$H_{T.R} = W_R \times D_{T.R}$$

- چنانچه میدان پرتو متشکل از انواع پرتوها با مقادیر مختلف W_R باشد. دز معادل کل به بافت و آهنگ دز معادل کل به بافت از روابط زیر محاسبه خواهد شد.

$$H_T = \sum_R W_R \times D_{T.R}, \quad H_T = \sum_R W_R \times D_{T.R}$$

کمیتها و یگاها

۷. دز موثر (Effective Dose) :

- دز موثر کمیتی است که علاوه بر اینکه نقش پرتوهای مختلف را در بروز اثرات بیولوژیکی منظور میدارد. نقش پرتوگیری بافتهای مختلف بدن را (در ارتباط با وقوع اثرات آماری، نظیر سرطانها) در نظر میگیرد و برابر است با مجموع حاصلضرب دزهای معادل در ضریبی بنام ضریب توزین بافت.

$$E = \sum_T W_T \times H_T$$

ضریب توزین بافت

دزهای معادل

کمیتها و یکاها

دز موثر

نوع بافت یا عضو	ضریب توزین بافت WT
غدد تناسلی	۰,۲
مغز استخوان (قرمز)	۰,۱۲
روده بزرگ	۰,۱۲
ریه	۰,۱۲
معدده	۰,۱۲
مثانه	۰,۰۵
سینه	۰,۰۵
جگر	۰,۰۵
مری	۰,۰۵
تیروئید	۰,۰۵
پوست	۰,۰۱
سطح استخوان	۰,۰۱
سایر اعضاء	۰,۰۵

- ضریب توزین بافت، ضریبی است که نوع بافت تابش دیده را جهت محاسبه دز موثر در نظر میگیرد. جدول مقابل مقادیر ضریب توزین برای انواع بافتها را ارائه نموده است.
- یکاهای دز موثر همانند یکاهای دز معادل، یعنی سیورت و رم می باشند.

کمیته‌ها و یگاها

۸. دز معادل و موثر جمعی (Collective and Effective Equivalent Dose)

- دز معادل جمعی عبارتست از حاصلضرب میانگین دز معادل دریافتی توسط زیر گروه جمعیتی در تعداد افراد آن زیر گروه
- یا عبارتی میانگین دز معادل دریافتی توسط یک جمعیت در تعداد آنها
- این کمیت در حقیقت مقیاسی است جهت محاسبه آسیب کلی از یک چشمه پرتوزا بر یک جمعیت
- یکای دز جمعی man.Sv است.
- 1 man.Sv عبارتست از دریافت 1 Sv توسط یک نفر یا میانگین 1 mSv توسط ۱۰۰۰ نفر
- دز موثر جمعی عبارتست از حاصلضرب دز معادل جمعی در فاکتور توزین پرتو و یکای آن man.Sv می باشد.

کمیتها و یگاها

۹. دزمعادل اجباری (Committed Equivalent Dose)

این کمیت بصورت زیر تعریف میشود:

آهنگ دزمعادل در زمان t در عضو یا بافت T و t زمان سپری شده پس از ورود مواد پرتوزا به بدن است

زمان ورود مواد پرتوزا به بدن

$$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0 + \tau} \dot{H}_T(\tau) dt$$

اگر t مشخص نباشد، مقدار آن را برای بزرگسالان ۵۰ سال و برای کودکان ۷۰ سال در نظر میگیرند

کمیتها و یگاها

۹. دزموثر اجباری (Committed Effective Dose)

این کمیت بصورت زیر تعریف میشود:

دزمعادل اجباری در زمان t در عضو یا بافت T

ضریب وزنی بافت T

$$E(\tau) = \sum_T W_T \times H_T(\tau)$$

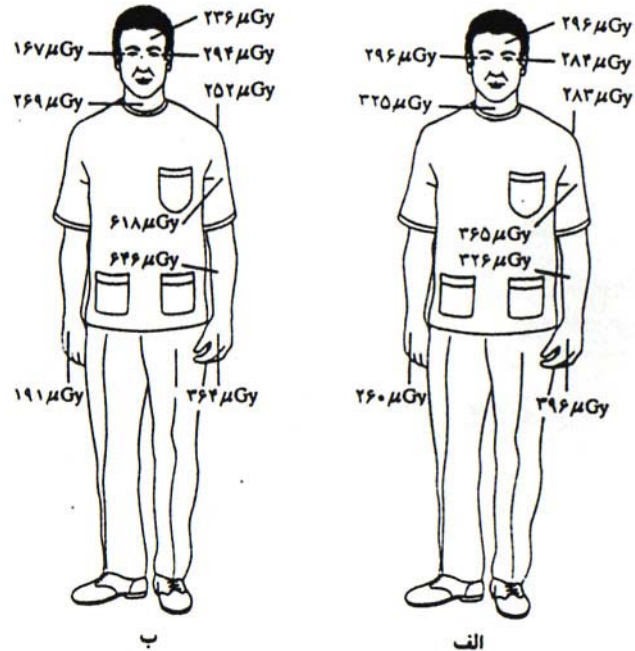
اگر t مشخص نباشد، مقدار آن را برای بزرگسالان ۵۰ سال و برای کودکان ۷۰ سال در نظر میگیرند

چند مثال از دزهای دریافتی در کاربردهای مختلف

- دزهای موثر دریافتی بیماران از روشهای رادیولوژی و پزشکی هسته ای

دز موثر mSv	روش
17	معالجه آریتمی
12	آنژیوگرافی کرونر
22	آنژیوپلاستی کرونر
21	اسکن با تالیوم ۲۰۱
8	ونتريکولوگرام با تکنیسیوم 99m

چند مثال از دزهای دریافتی در کاربردهای مختلف



متوسط دز تشعشع به ازاء انجام دادن یک
روش برای رادیولوژیست

الف: کاردیولوژیست ب: فردی که
در انجام روشهای مداخله ای دخالت دارد

دزهای تخمینی دریافت
شده توسط پزشکان و
پیراپزشکان حین
بررسی های قلب

وضعیت پزشکان و پیراپزشکان		انجام یک کاتترایزیسیون، mSv				انجام یک آنژیوپلاستی، mSv				کاشت یک پیس میکر، mSv			
	دز سطحی بدون روپوش	دز سطحی با روپوش	دستها	چشمها	دستها	چشمها	دستها	چشمها	دستها	چشمها	دستها	چشمها	دستها
کاردیولوژیست	۱/۶	۰/۰۹	۲/۱	۰/۶	۲/۱	۰/۶	۲/۱	۰/۶	۲/۱	۰/۶	۲/۱	۰/۶	۲/۱
کاردیولوژیست که حین انجام فلوروگرافی عقب می ایستند	۰/۳	۰/۰۱	۰/۳	۰/۱	۱/۹	۰/۷	۱/۹	۰/۱	۱/۵	۰/۱	۱/۵	۰/۱	۱/۵
فن اورد رادیولوژی	۰/۰۸	< ۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱
فن اوری که حین فلوروگرافی عقب می ایستند	۰/۰۲	< ۰/۰۱	-	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
پرستار یا متخصص بیوشی	۰/۳	۰/۰۲	۰/۲	۰/۰۲	۰/۸	۰/۰۶	۰/۸	۰/۰۲	۰/۸	۰/۰۲	۰/۸	۰/۰۲	۰/۸

رادیو داروها	عضو	دز	
		Rad/mCi	mGy/GBq
99mTc-pertechnetate	کل بدن	0.011	3
	تیروئید	0.13	35.1
	بخش بالائی روده بزرگ	0.12	32.4
	بخش پائینی روده بزرگ	0.11	30
	معدده	0.051	13.8
	تخمدان	0.03	8.1
	بیضه ها	0.009	2.4
99mTc-sulfur colloid	کل بدن	0.016	4.3
	کبد	0.38	102.7
	طحال	0.21	56.8
	مغز استخوان	0.028	7.6
99mTc-diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA)	کل بدن	0.016	4.3
	مثانه	0.45	121.6
	کلیه ها	0.04	10.8
	غدد جنسی	0.015	4
99mTc-macroaggregated albumin (MAA)	کل بدن	0.015	4
	شش ها	0.28	75.6
	کلیه ها	0.16	43.2
	کبد	0.08	21.6
	تخمدانها	0.018	4.9
	بیضه ها	0.015	4