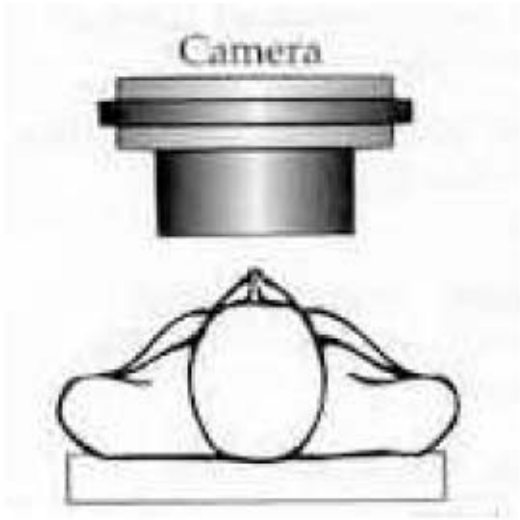
IAEA Training Material on Radiation Protection in Diagnostic and Interventional Radiology

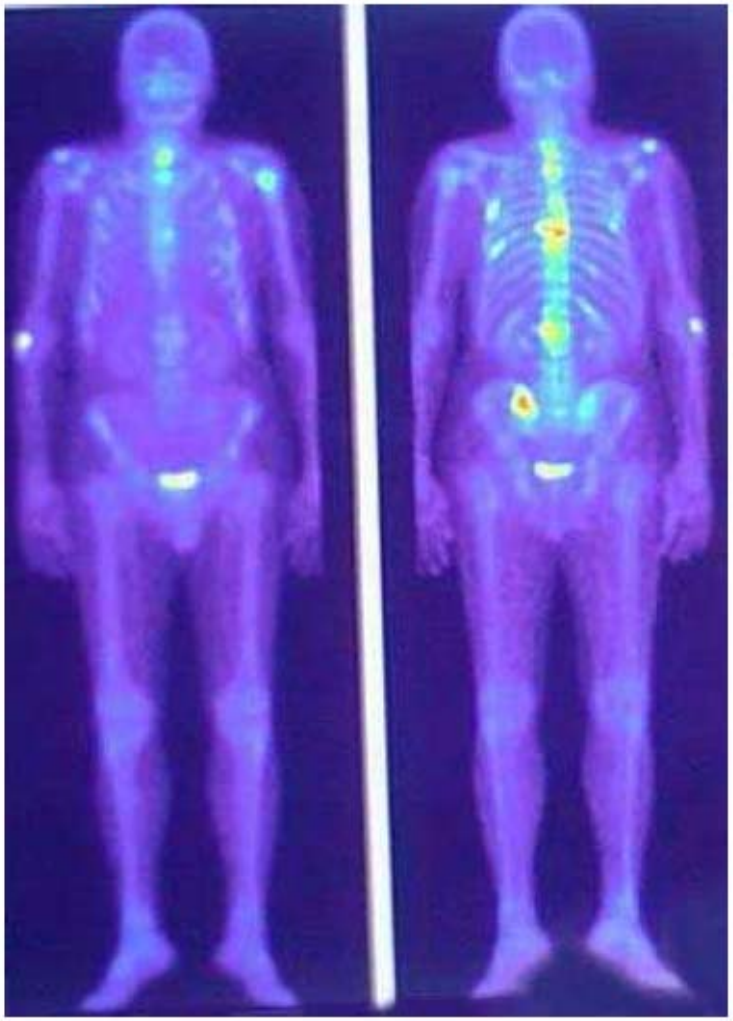
آشنائی با مقررات ایمنی کار در مراکز پزشکی هسته ای

ارائه دهنده :
توحید مرتضی زاده
دکتری تخصصی فیزیک پزشکی

IAEA
International Atomic Energy Agency

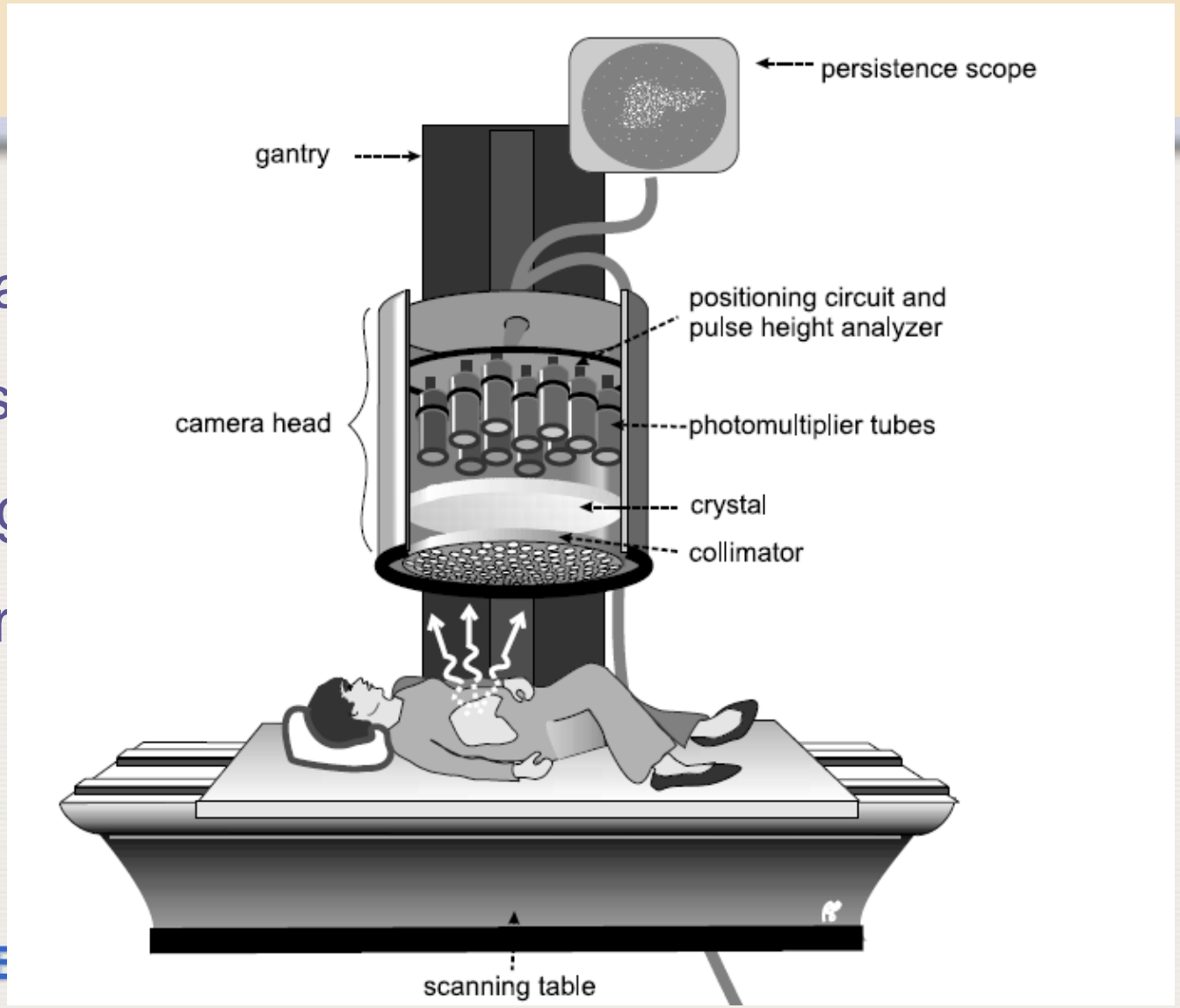


planar or SPECT scan for bone metastases

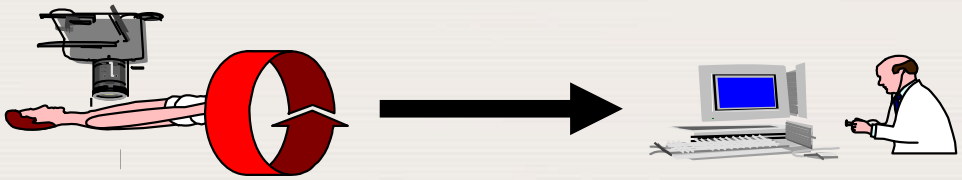


Theory

- NM Ima
- Organs
- Imaging
  - Anger



Introduction



- Nuclear Medicine combines Physics and Medicine in a very strong way.
- Nuclear Medicine uses non-invasive methods to image the physiology of human body by detecting the radiation emitted by radiopharmaceuticals inside the body.
- Understanding how radiation is detected is important in order to use optimally Nuclear Medicine detectors.

X-ray imaging
X-ray CT

X-ray *transmission*:
Projection of attenuating properties of tissue
(+ image reconstruction):
anatomical details

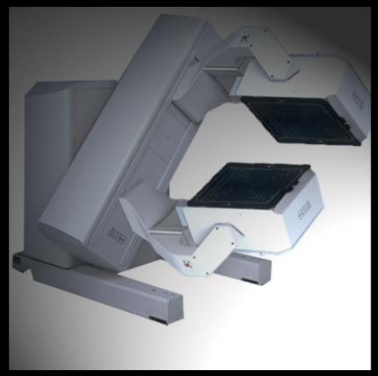
Radioisotope imaging

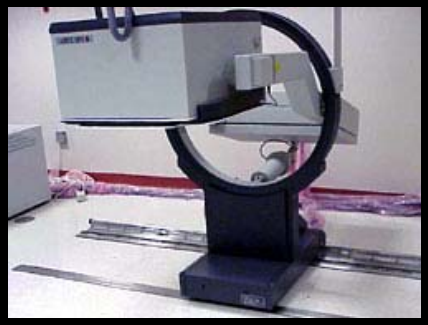
Gamma-ray *emission*:
Projection of radiopharmaceutical distribution in tissue
(+ image reconstruction):
functional information
metabolic processes
and anatomy

Radioisotope imaging: Planar scintigraphy

Phosphonate tagged with ^{99m}Tc,
injected into the blood stream,
is mainly transported to bones,
producing a view of the
skeletal system
The method is e.g. used to determine
whether or not cancer has metastized

Typical Gamma Camera System





انگیزه فراگیری دوره حفاظت

- آیا پرتوی یونیزان در این اتاق وجود دارد؟
- پرتوگیری زمینه چیست؟
- ویژگی های پرتوهای پزشکی

۱– اثرات احتمالی دوز آستانه ندارند(Stochastic effect)

- سرطان
- تغییرات ژنتیکی

۲– اثرات قطعی که دوز آستانه دارند
(Deterministic effect)

کاتاراکت
عقیمی
اریتما
ریزش مو

Effect

Dose

500 mSv کاتاراکت
150 mSv عقیمی موقت در مردان
2500 mSv عقیمی موقت در زنان

اهداف حفاظت در برابر پرتو

- جلوگیری از وقوع اثرات قطعی
- کاهش و محدود کرد وقوع اثرات احتمالی

برای رسیدن به این دو هدف چطور؟ و تا کجا باید پیش رفت؟

حد دوز کارکنان و عموم مردم (ICRP 60)

	شاغلین پرتوکار	عموم مردم
دوز موثر	20 mSv/yr averaged* over 5 yrs.	1 mSv in a yr
دوز معادل سالانه		
• عدسی چشم	150 mSv[1]	15 mSv
• پوست	500 mSv	50 mSv
• دست و پا	500 mSv	

دوز موثر یک فرد در یک سال نباید از 50 mSv تجاوز نکند.

چشمه پرتوزای بسته وچشمه پرتوزای باز

چشمه پرتوزای بسته: عنصر پرتوزا درحالت پوشش دار(بسته) است وقابلیت انتشاردرمحیط راندارد.

چشمه پرتوزای باز: عنصر پرتوزابدون پوشش (باز) می باشدویابه عبارت دیگرقابل انتشاردرمحیط است.

پرتوگیری خارجی و راههای کاهش یاجلوگیری ازپرتوگیری خارجی بدن

۳-۱) پرتوگیری خارجی: پرتوگیری سلولهاو بافتها ازمنابع پرتوکه درخارج از بدن

قراردارند.

۳- ۲) حفاظت افراددربرابر پرتوگیری خارجی:

الف) به حداقل رساندن زمان پرتوگیری (عامل زمان)

ب) به حداکثررساندن فاصله از منبع پرتو (عامل فاصله)

ج) ایجاد حفاظ درمقابل منبع پرتو (عامل حفاظ)

IAEA

حفاظت پرتوکاران

حفاظت در برابر پرتوگیری خارجی

❖ در مراکز پزشکی هسته ای متخصصین و تکنسین ها بیش از سایر کارکنان در معرض پرتوگیری خارجی ناشی از مواد پرتوزا و بیماران می باشند.

❖ با رعایت اصول حفاظت در برابر اشعه ، پرتوگیری این پرتوکاران به میزان قابل توجهی کاهش می یابد.

❖ با نصب دزیمتر فردی در ناحیه بین کمر و شانه (قسمتی که احتمال دریافت بالاترین مقدار پرتو را دارد) ، میزان پرتوگیری خارجی تمام بدن مشخص می شود.

❖ با بکارگیری دزیمترهای انگشتی ترمولومینسانس ، بهترین ارزیابی از میزان پرتوگیری دستها انجام خواهد شد.

❖ هنگام کار با مواد پرتوزا و یا حالت دادن بیمار برای تصویر برداری ، کف دست بیشترین مقدار پرتوگیری را خواهد داشت و بنابراین توصیه می شود جهت دزیمتر فردی به طرف کف دست باشد.

IAEA

پرتوگیری خارجی:

- بانصب دزیمترفردی فیلم‌بج درناحیه بین کمر و شانه، پرتوگیری خارجی تمام بدن ارزیابی می‌شود؛
- برای ارزیابی پرتوگیری دست‌هاازدُزیمترهای انگشتی ترمولومینسانس استفاده می شود؛
- با توجه به این که هنگام کار با مواد پرتوزا و یا حالت‌دادن بیمار برای تصویربرداری، کف دست بیشترین مقدار پرتوگیری را خواهد داشت، توصیه می‌شود دزیمتر فردی به طرف کف دست باشد.

پرتوگیری داخلی و راههای کاهش و یا توقف پرتوگیری داخلی بدن

پرتوگیری داخلی: پرتوگیری تمام یا بخشهایی ازبدن ازمادۀ پرتوزای موجود درداخل بدن.

چنانچه مادۀ پرتوزا به نحوی از انحا به درون بدن راه یابد پرتوگیری داخلی بدن آغازوتا زمانیکه ماده دربدن می ماند ، پرتوگیری ادامه خواهدداشت وتنها راه توقف پرتوگیری ویاکاهش آن تسریع دفع آن ازبدن خواهد بود.

۵ راه های ورودعناصرپرتوزابه بدن ا نسان

استنشاق هوای آلوده : عمده ترین راه آلودگی داخلی بویژه برای کارکنان،

بلع یعنی خوردن ونوشیدن موادغذایی وآب آلوده : یکی ازراه های مهم
پرتوگیری داخلی برای اجتماع مخصوصاً در زمان حوادث هسته ای ، وجود
عناصر پرتوزای طبیعی مانند اورانیم ،رادیوم و رادون درآب مخصوصا آب های زیرزمینی،

جذب ازراه پوست سالم بدن: H^3به صورت آب یا بخار آب، عناصریدپرتوزابه
صورت بخاریامحلول،

وجودزخم برروی پوست بدن: پوست سالم یک مانع مؤثربرای ورود
عناصرپرتوزابه بدن می باشد،

IAEA

علائم خطر

IAEA

حفاظت پرتوکاران در برابر پرتوگیری خارجی

حفاظ گذاری

- استفاده از حفاظ در اطراف چشمه پرتوزا یکی از موثرترین راههای کاهش پرتوگیری کارکنان می باشد.
- استفاده از حفاظ سربی برای سرنگ در زمان تهیه رادیودارو و تزریق آن به بیمار ضروری است.
- دز معادل دریافتی نوک انگشت اشاره از سرنگ بدون حفاظ که حاوی ۲۰ میلی کوری تکنسیوم حدود ۲۲۰میلی سیورت در ساعت می باشد.
- استفاده از حفاظ های سربی اطراف چشمه های پرتوزا و به هنگام حمل و نقل مولد های تکنسیوم در مراکز پزشکی هسته ای (به استثناء چشمه های بتا ، چون باعث تولید اشعه ایکس ترمزی می شود).
- استفاده از آجرهای سربی و نیز شیشه های سربی در زمان تهیه رادیوداروها

IAEA

حفاظ گذاری

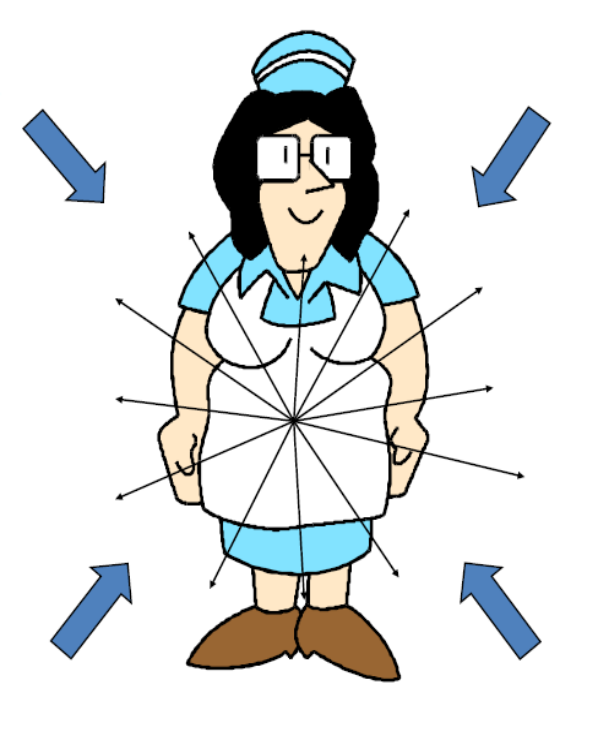
حفاظ گذاری

Tc-99m
10 GBq
10 ml
560 mGy/h
1 mGy/h
2 mm lead

تجویز رادیودارو به بیمار

هود کار مواد رادیواکتیو

هود کار مواد رادیواکتیو



- در پزشکی هسته ای پرتو گیری از نوع :

1. پرتوگیری خارجی
   - سرنگ ، ویال ، بیمار

   راهکار حفاظت : فاصله ، زمان ، شیلد

2. پرتوگیری داخلی
   - استنشاق ، بلعیدن ورود از طریق پوست و زخم

   راهکار حفاظت : جلوگیری از ورود دارو به بدن

زمان و فاصله

- در زمان طراحی بخش پزشکی هسته ای ، ابعاد اتاق تصویر برداری با توجه به دیدگاه حفاظت در برابر اشعه مد نظر باشد.
- استفاده از انبرهای بلند برای جابجا کردن مواد پرتوزا
- دارا بودن مهارت کافی در کار با مواد پرتوزا
- کوتاه کردن زمان توقف در اتاق تهیه دارو
- انجام آزمایش فقط در موارد ضروری
- تمرین نمایشی هنگام اجرای آزمایش های جدید

استفاده از انبرها

الزامات کلی

- رادیوداروهای مورد استفاده در پزشکی هسته ای باید براساس استانداردهای بین المللی درنظرگرفتن موارد زیر تولید شوند:

– خلوص رادیو دارو.

– پرتوزایی ویژه.

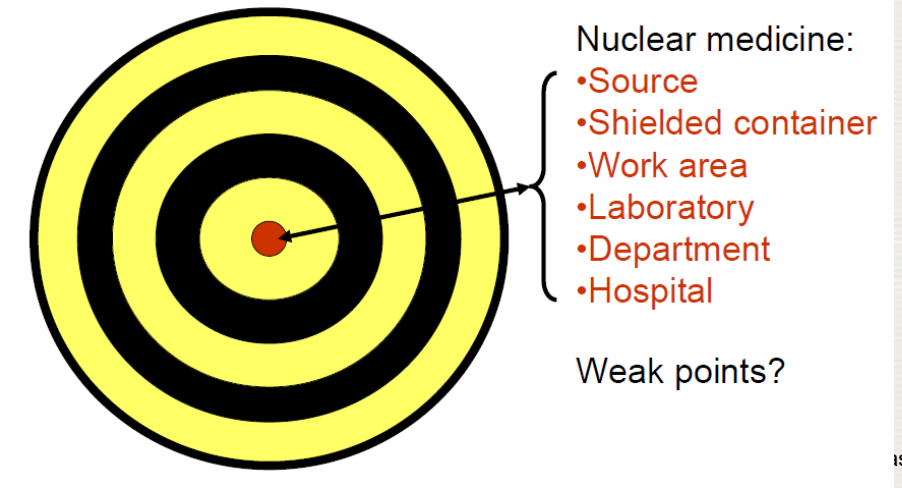
– خلوص رادیوشیمیائی.

– خلوص شیمیائی.

– عوارض داروئی – سمیت – استریل بودن و تب آوری.

دفاع در عمق

- • جهت ایجاد ایمنی بیشتر چشمه ها باید از سیستم دفاع در عمق در طراحی تجهیزات و ساختمان استفاده نمود. به طوری که یک خطای دستگاه یا اشتباه انسانی حتی المقدور باعث وقوع سانحه بزرگ نگردد.
- • دفاع در عمق بکارگیری اقدامات چند لایه حفاظت و ایمنی میباشد.
- • دفاع در عمق به منظور دستیابی به اهداف زیر میباشد:
  - – پیشگیری از وقوع سانحه که منجر به پرتوگیری میشود.
  - – کاهش اثرات مخرب ناشی از سانحه و
  - – استفاده مجدد منبع با شرایط ایمن بعد از وقوع سانحه.
- • دسترسی به انبار چشمه ، اتاق آماده سازی و اتاق های بیماران تحت درمان با رادیونوکلئید باید تحت کنترل باشد.



۲– دفاع در عمق –الزامات ساختمان

- • یک مرکز پزشکی هسته ای باید حداقل دارای فضاهای مناسب زیر باشد:

– اتاق تصویربرداری مطابق استانداردهای کارخانه سازنده؛
– اتاق انتظار بیماران تزریق شده؛
– سالن انتظار همراهان و بیماران قبل از تزریق و پذیرش؛
– اتاق معاینه بیمار؛
– اتاق کارکنان ؛
– محل تهیه و نگهداری رادیودارو؛
– محل تزریق؛
– سرویس بهداشتی بیمار بعد از تزریق؛
– سرویس بهداشتی کارکنان ، همراهان و بیماران قبل از تزریق؛
– انبار پسمان؛
– اتاق بستری(برای واحد های درمانی)متناسب با تعداد بیماران و کارکنان؛

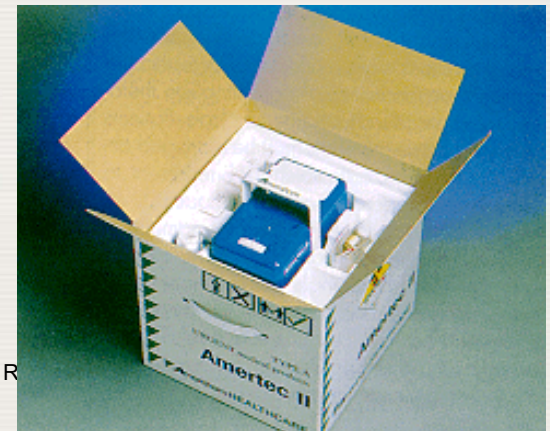
الزامات کلی

هنگام دریافت ژنراتور به موارد زیر توجه نمایید:

- ظاهر و بدنه آن سالم و بدون آسیب دیدگی باشد
- آلودگی های سطحی نداشته باشد
- محتویات آن و نوع دارو صحیح باشد
- اکتیویته دارو را چک کنید

هنگام بازرسی بسته حتما :

- لباس سربی بپوشید.
- دوزیمتر محیطی همراه داشته باشید.
- از پنس و انبر استفاده کنید.
- شیلدهای اضافی همراه داشته باشید.



- مکان های که باید مورد دزیمتری قرار گیرند:
- – اتاق هات لب پشت هود
- – اتاق تزریق
- – انبار پسمان
- – اتاق تصویر برداری (محل اپراتور)
- – اتاق انتظار بیماران بعد از تزریق
- – دستشوئی بیماران تزریق شده
- – محل نگهداری ژنراتور
- – اتاق انتظار بیماران قبل از تزریق

وسایل مونیتورینگ

ناحیه کنترل شده و ناحیه تحت نظارت در پزشکی هسته ای

- **ناحیه کنترل شده شامل:**

اتاقهای نگهداری ، آماده سازی، تزریق و پانسمان رادیوداروها

اتاق بستری بیمارانی که به منظور درمان آنها از رادیودارو استفاده شده است باشد

ناحیه تحت نظارت شامل :

اتاقهای تصویربرداری (گاما کمرا ، اسپکت)

اتاق بیمارانی که رادیودارو تزریق کرده اند

رعایت موارد زیر در طراحی یک مرکز پزشکی هسته ای ضروری است:

- کاهش پرتوگیری خارجی و آلودگی؛
- نگه داشتن سطح زمینه در حداقل ممکن(جهت جلوگیری از ایجاد اختلال در دستگاه تصویربرداری؛)
- دسترسی آسان به ملزومات دارویی؛
- اطمینان از ایمنی و امنیت چشمه ها (محل دارای قفل و کنترل دسترسی به چشمه ها)

یک محل مناسب برای انبار نمودن موقت پسمان های پرتوزا با شرایط زیر در نظر گرفته شود:

- امکان نشت مواد پرتوزا به بیرون از اتاق وجود نداشته باشد.
- دارای تهویه مناسب باشد.
- فقط برای انبار نمودن پسمان های پرتوزا استفاده شود.
- مجهز به برچسب مخصوص هشدار پرتوی و علامت خطر اشعه باشد.
- در دسترس افراد غیر مجاز نباشد.
- دسترسی حشرات و حیوانات موذی به داخل انبار پسمان ها ممکن نباشد.

- در هر مرکز چندین سطل زباله سربی باید در دسترس باشد

- اغلب پسمان های پرتوزاتولید شده درمراکز پزشکی هسته ای دارای نیمه عمر کوتاه بوده و می توان آنها را پس از گذشت ۱۰ نیمه عمر و با برداشتن علامت خطر اشعه به عنوان مواد غیر پرتوزا و به شکل زباله ای معمولی دورریزی کرد؛
- قبل از دورریزی تمام پسمان های جامد، باید برچسب مشخصات و علامت خطر اشعه از روی مواد مذکوربرداشته شده باشد؛
- اتاقی به عنوان انبارموقت پسمان های پرتوزادرنظر گرفته شود. این اتاق باید مجهز به قفل ، علامت خطر اشعه و تهویه مناسب باشد؛

- پسمان های ید ۱۳۱ که در موارد درمانی تولید می شوند، به واسطه نیمه عمر و پرتوزایی نسبتاً بالا، به دقت و احتیاط ویژه ای نیازدارد. برای پسمان کردن لازم است بانگهداری، پرتوزایی آنها راکاهش داد؛
- در اغلب مطالعات تشخیصی از تکنسیم 99m با نیمه عمر۶ ساعت استفاده می شود. به دنبال ذخیره سازی به مدت ۶۰ ساعت (یعنی ۱۰ نیمه عمر) اکثر این پسمانهارا می توان به شکل زباله های معمولی دفع نمود. پسمانهای حاصل از کاربرد ژنراتورتکنسیم حاوی مولیبدن 99m با نیمه عمر ۷۵/۲ روز را می توان حداقل پس از گذشت یکماه و حداکثر پس از گذشت ۲ ماه به شکل زباله معمولی دفع نمود.

سرنگ ها و سوزن های استفاده شده

این مواد را در محفظه های حفاظ دار (مانند سطل سربی) در اتاق آماده سازی و تزریق رادیوداروها جمع آوری نموده و بعد از پر شدن ظروف باید به اتاق مخصوص پسمان ها انتقال داده شوند. پس از گذشت ۱۰ نیمه عمر در صورتی که آهنگ دز معادل درحد زمینه محیطی کاهش یافت می توان آن ها را به شکل زباله معمولی دورریزی نمود.

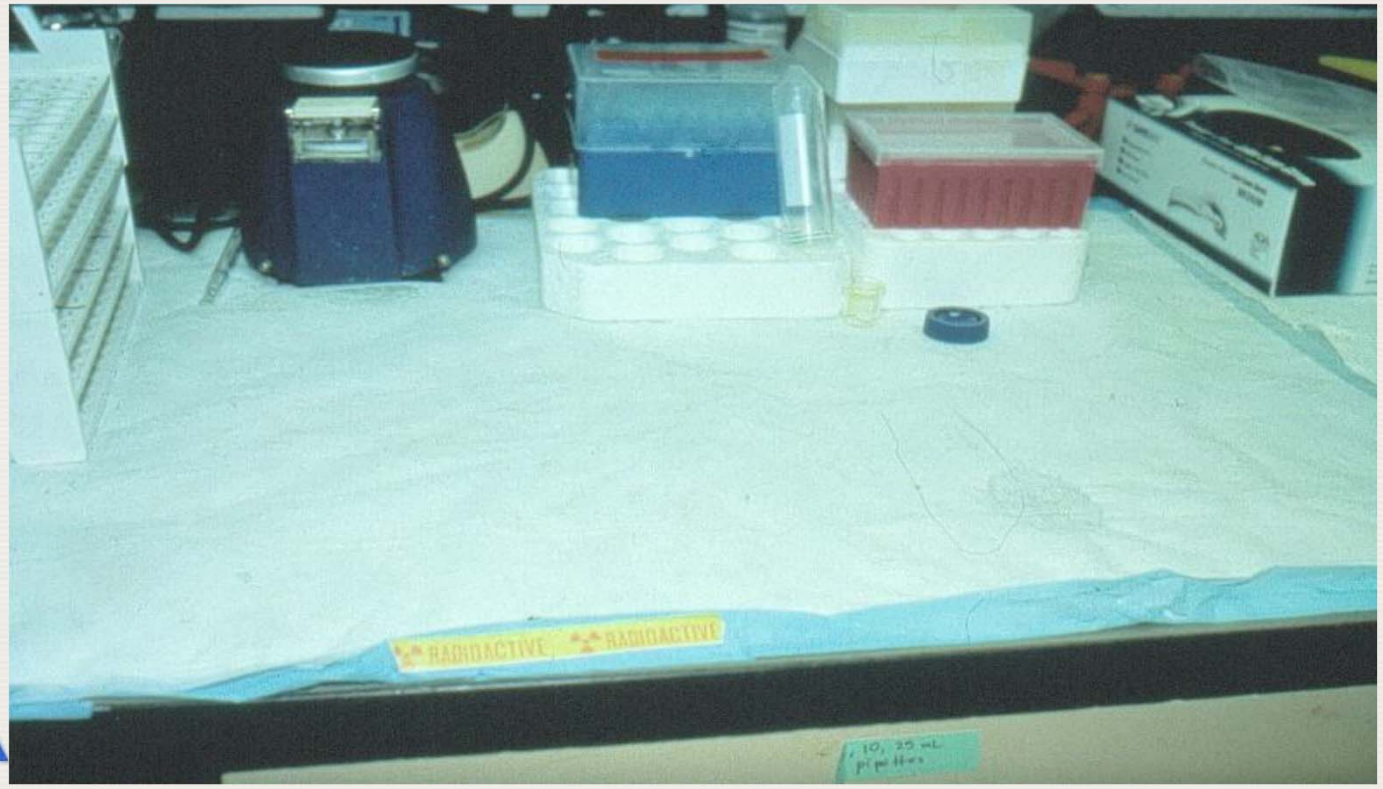
دستکش ها و روکش های کاغذی

این مواد باید در پاکت های پلاستیکی در اتاق آماده سازی و تزریق رادیودارو، جمع آوری شده و پس از پر شدن پاکت پلاستیکی در انبار پسمان نگهداری شوند و پس از گذشت ۱۰ نیمه عمر، مانند سایر مواد دفع شوند.

- – سطوح اتاق ها ، صندلی ها و میزهایی که در آنها از هسته های پرتوزا استفاده یا ذخیره می شوند، باید صیقلی و غیرجاذب بوده تا به راحتی تمیز و رفع آلودگی شوند.

میز کار

- سطح میز را با پارچه یا کاغذ جاذب مایع بپوشانید



پرتوکاران باردار

- میزان دُز دریافتی خانم‌های باردار در ناحیه شکم از زمان شروع بارداری تا پایان دوره نباید از ۲mSv تجاوز کند؛
- پرتوکار باید به محض اطلاع از بارداری مراتب را به مسئول فیزیک بهداشت جهت تعیین دُز دریافتی جنین و تغییر شغل اطلاع دهد؛
- در پرتوگیری‌های زیر ۵ mSv، دُزیمتر ترمولومینسانس از دزیمتر فیلم‌بج قابل اعتمادتر است. با استفاده از دو دُزیمتر ترمولومینسانس، یکی بر روی روپوش سربی در ناحیه کمر و دیگری خارج روپوش در ناحیه یقه، می‌توان دُز دریافتی جنین را تخمین زد؛

مدت زمان قطع شیر دهی مادرانی که تحت آزمایش های پزشکی هسته ای قرار گرفته اند

رادیو دارو	میزان پرتوزایی (مگا بکرل)	زمان قطع
ید ۱۲۳ (یدید سدیم)	۱۱	۴ روز
ید ۱۲۳ (یدید سدیم) با ید ۱۲۴ و ید ۱۲۵	۱۱	قطع کامل
ید ۱۲۳ (یدید سدیم)	۳۷۰	قطع کامل
تکنسیوم (MAA)	۱۱۱	۱۲ ساعت
تکنسیوم (Medronate)	۴۰۰	۴ ساعت
تکنسیوم (Pertechnetate)	۷۴۰	۲۴ ساعت
تکنسیوم (گلبول قرمز نشاندار)	۵۵۰	۴ ساعت

بیمار به عنوان منبع تابش

Examination	Dose rate nGy/h/MBq					
	0 h post inj			2 h post inj		
	0 m	0.3 m	1.0 m	0 m	0.3 m	1.0 m
Bone (MDP)	27	13	4	13	7	2
Liver (colloid)	27	13	4	20	10	3
Heart (RBC)	27	13	4	20	10	3
Myocardium (Thallium)	36	18	6	36	10	6

حفاظت در درمان با مواد پرتوزا

- درمان با ید پرتوزا– بزرگی غده تیروئید
- درمان با ید پرتوزا– سرطان
- درمان با فسفر پرتوزا

۴۹

حفاظت در درمان با مواد پرتوزا

درمان با ید پرتوزا– بزرگی غده تیروئید

❖ معمولا برای درمان بزرگی غده تیروئید تا سقف ۱۱۰۰ مگابکرل ید ۱۳۱ تجویز می شود .

❖ برای این مقدار ماده پرتوزا ، به جداسازی و بستری کردن بیمار نیاز نمی باشد .

❖ با توجه به قابل تصعید بودن ید ، توصیه می شود که تجویز دارو به بیمار در محلی مجهز به تهویه و به دور از منطقه تصویر برداری و اتاق انتظار باشد .

❖ به منظور جلوگیری از پرتوگیری حفره دهان ، از بیمار خواسته می شود که در صورت داشتن دندان مصنوعی و بریج های متحرک ، آن ها را از دهان خارج سازد .

❖ بیمار باید ناشتا باشد تا احتمال استفراغ کاهش یابد .

❖ پیش بینی ظرفی جهت استفراغ بیمار به منظورمحدود نمودن گسترش آلودگی ضروری است .

۵۰

❖ در صورت استفراغ بیمار ، بررسی میزان آلودگی احتمالی تمام افرادی که نزدیک به او می باشند ، الزامی است .

❖ تجویز قرص های یدور پتاسیم برای جلوگیری از جذب ید پرتوزا در افراد آلوده شده توصیه می شود .

❖ شمارش تیروئید از افراد آلوده به منظور تعیین میزان جذب ید ، یک روز پس از آلودگی اهمیت دارد .

❖ در چند روز اول بعد از درمان ، ید پرتوزا در ادرار ، بزاق دهان ، عرق بدن و تنفس بیمار دیده خواهد شد .

❖ در طی این مدت (حدود یک هفته) ، اجتناب بیمار از انجام بعضی فعالیت ها به منظور جلوگیری از انتقال آلودگی به سایرین توصیه می گردد .

در طی هفته اول تجویز ید رادیواکتیو ، اجتناب بیمار از انجام بعضی فعالیت ها به منظور جلوگیری از انتقال آلودگی به سایرین توصیه می گردد :

❖ از تماس نزدیک با افراد خانواده جلوگیری شود و از خوابیدن در کنار فرد دیگر، در آغوش گرفتن کودک و بوسیدن او اجتناب شود .

❖ بعد از توالت حتما دو بار از سیفون استفاده شود و شستن کامل دستها ضروری است .

❖ ظروف غذا ، فنجان ها و لیوان های بیمار از ظروف سایرین جدا شود .

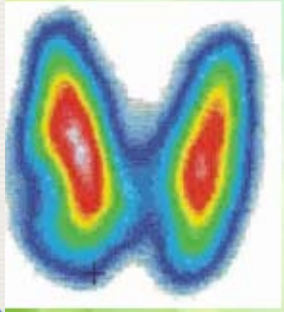
❖ شیر دادن به کودک متوقف شود .

متخصص پزشکی هسته ای باید به بیمار اطمینان دهد که در صورت رعایت نکات فوق ، هرگونه ترس یا تشویش در رابطه با آلودگی نزدیکان او بی دلیل است .

❖ بر اساس مقررات ملی و بین المللی ، بیمارانی که بالای ۱۱۰۰ مگابکرل ید ۱۳۱ در یافت می کنند باید از دیگران مجزا شوند .

❖ این گونه بیماران پس از آنکه میزان ماده پرتوزای باقیمانده در بدنشان کمتر از ۱۱۰۰ مگابکرل رسید و یا زمانی که میزان پرتو در فاصله یک متری کمتر از ۰۵/۰ میلی سیورت در ساعت باشد ، از بیمارستان مرخص می شوند .

❖ برای بستری نمودن این بیماران ، به یک اتاق مجزا از سایر بیماران در انتهای بخش یا محلی دور از تردد دیگران و انتخاب افرادی خاص جهت پرستاری از آنها نیاز می باشد .



❖ سهولت در رفع آلودگی اتاق بستری بیمار پس از ترخیص او بسیار مهم می باشد .

❖ کف اتاق ها و دیوارها باید صاف ، بدون خلل و فرج باشد .

❖ سطوح کلیه وسایل بیمار با پلاستیک که پشت آن کاغذ جاذب باشد ، پوشانده شود .

❖ صندلی ها باید رویه پلاستیکی داشته باشند .

❖ دستگیره در ، دستگیره کشو ، شاسی های تلویزیون و گوشی های تلفن باید با پلاستیک پوشانده شده و با نوار چسب محکم شوند .

❖ ظرفی جهت قرار دادن ملحفه بیمار در نظر گرفته شود .

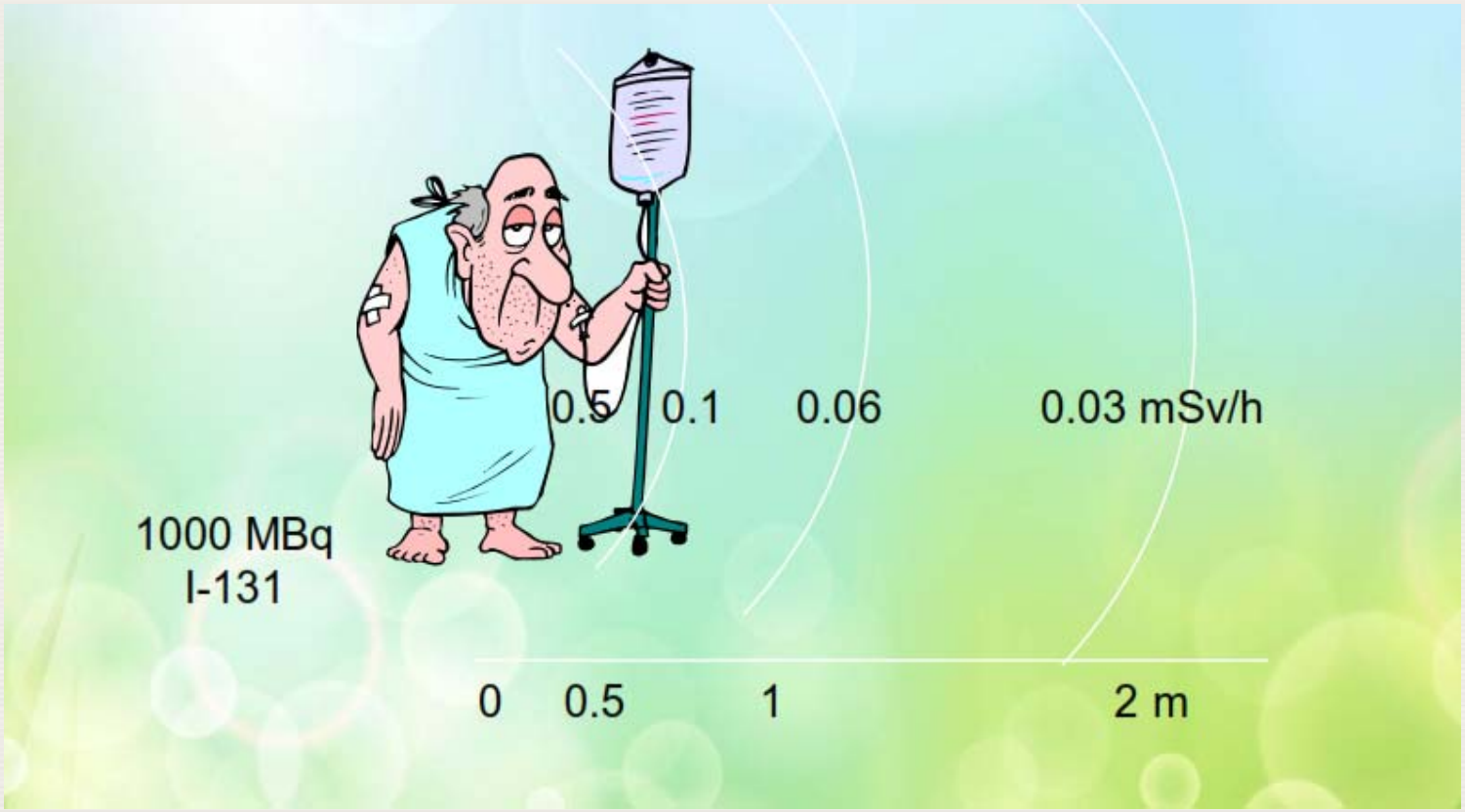
❖ تمام لوازم بیمار قبل از شستشو و هم چنین ظرفهای یکبار مصرف و پسمانده غذای بیمار قبل از دفع از نظر آلودگی اندازه گیری شود .

❖ از زمانی که ماده پرتوزا به بیمار تجویز می گردد ، بر روی اتاق بیمار علائم هشدار دهنده نصب گردد .

❖ تعیین مقدار پرتوزایی باقی مانده در بدن بیمار به طریق زیر عملی می باشد :

$$\frac{\text{آهنگ دز ثانویه}}{\text{پرتوزایی باقی مانده}} = \frac{\text{آهنگ دز اولیه}}{\text{پرتوزایی دریافت شده}}$$

تجویز ماده پرتوزا


1000 MBq
I-131
0.5
0.1
0.06
0.03 mSv/h
0
0.5
1
2 m

کنترل بیمار دارای ید ۱۳۱

اتاق ایزوله

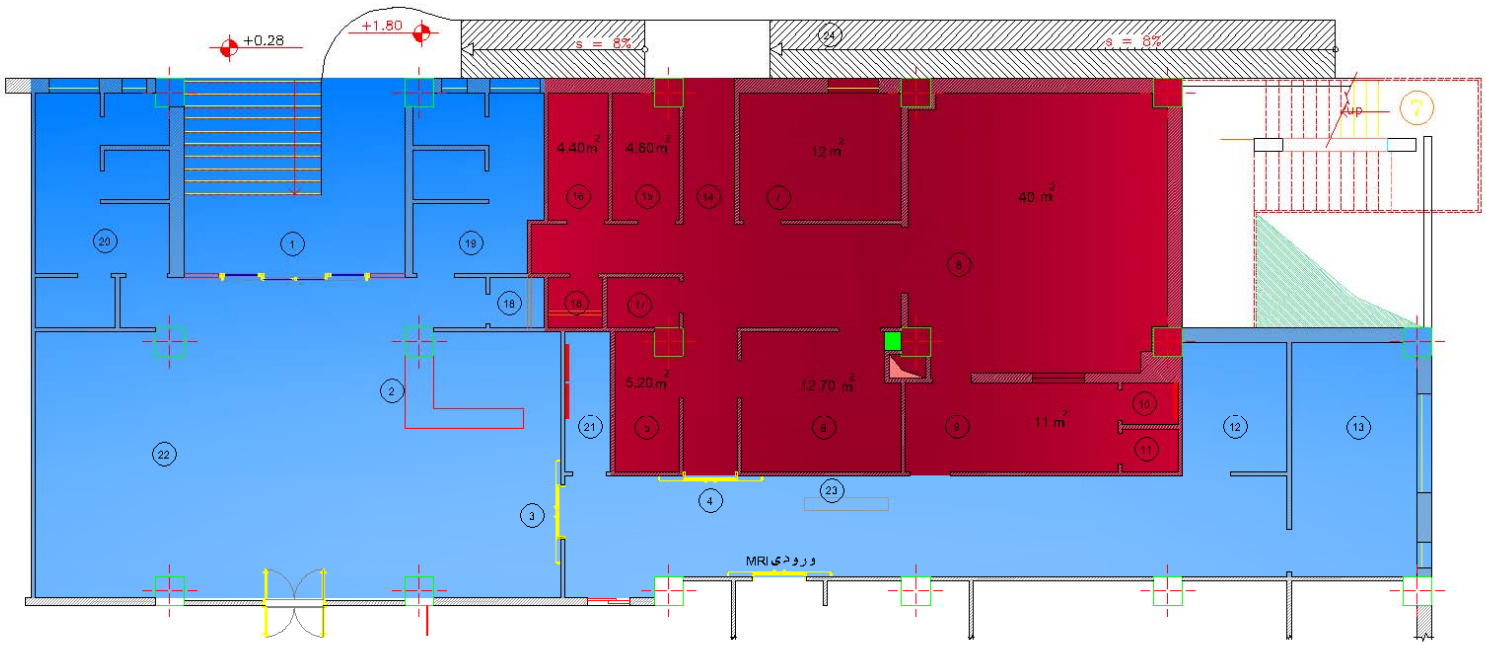
حفاظ تخت

پوشش نواحی با پلاستیک و مواد جاذب

مونیتورینگ

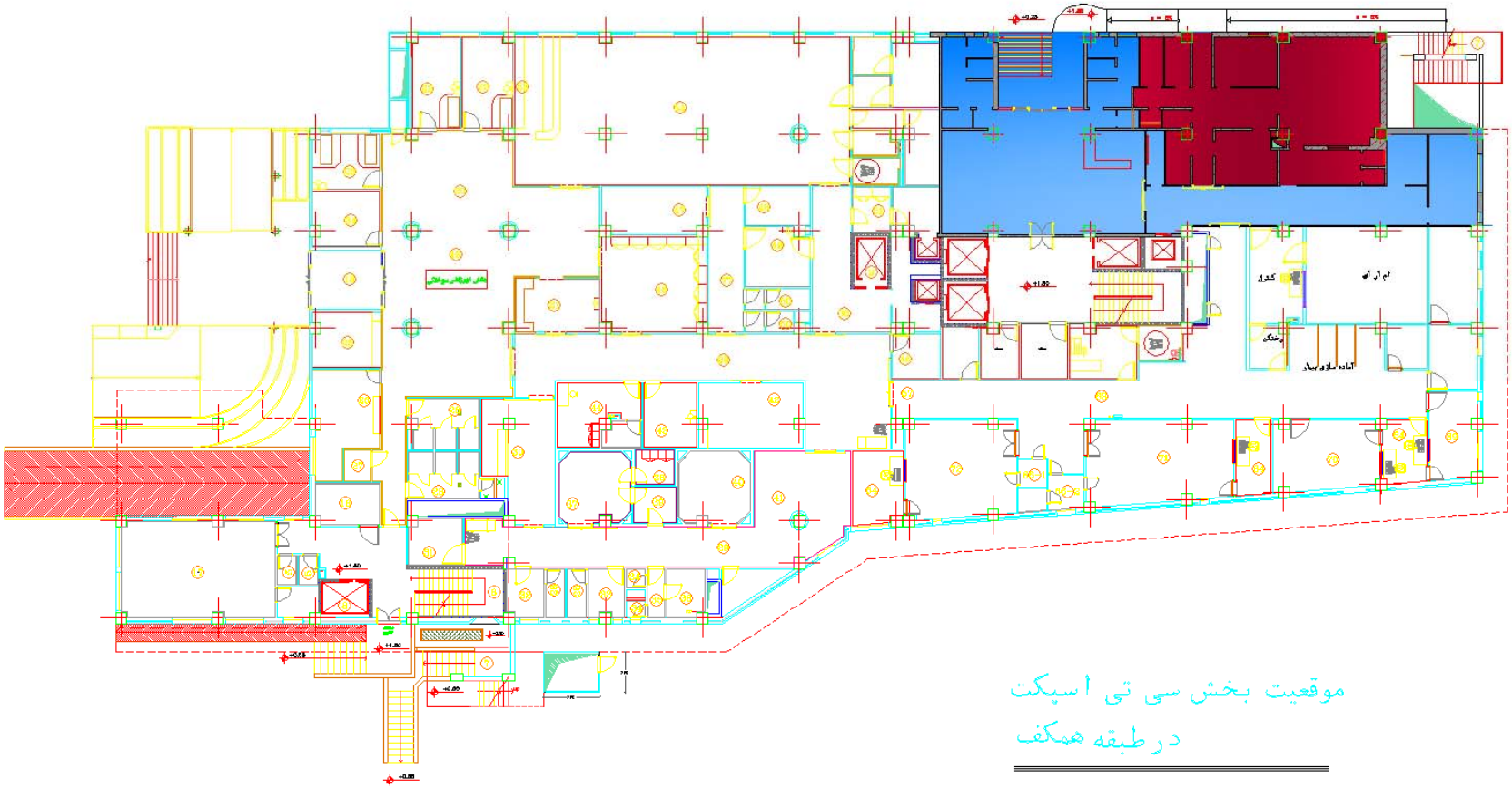
پسمان رادیواکتیو

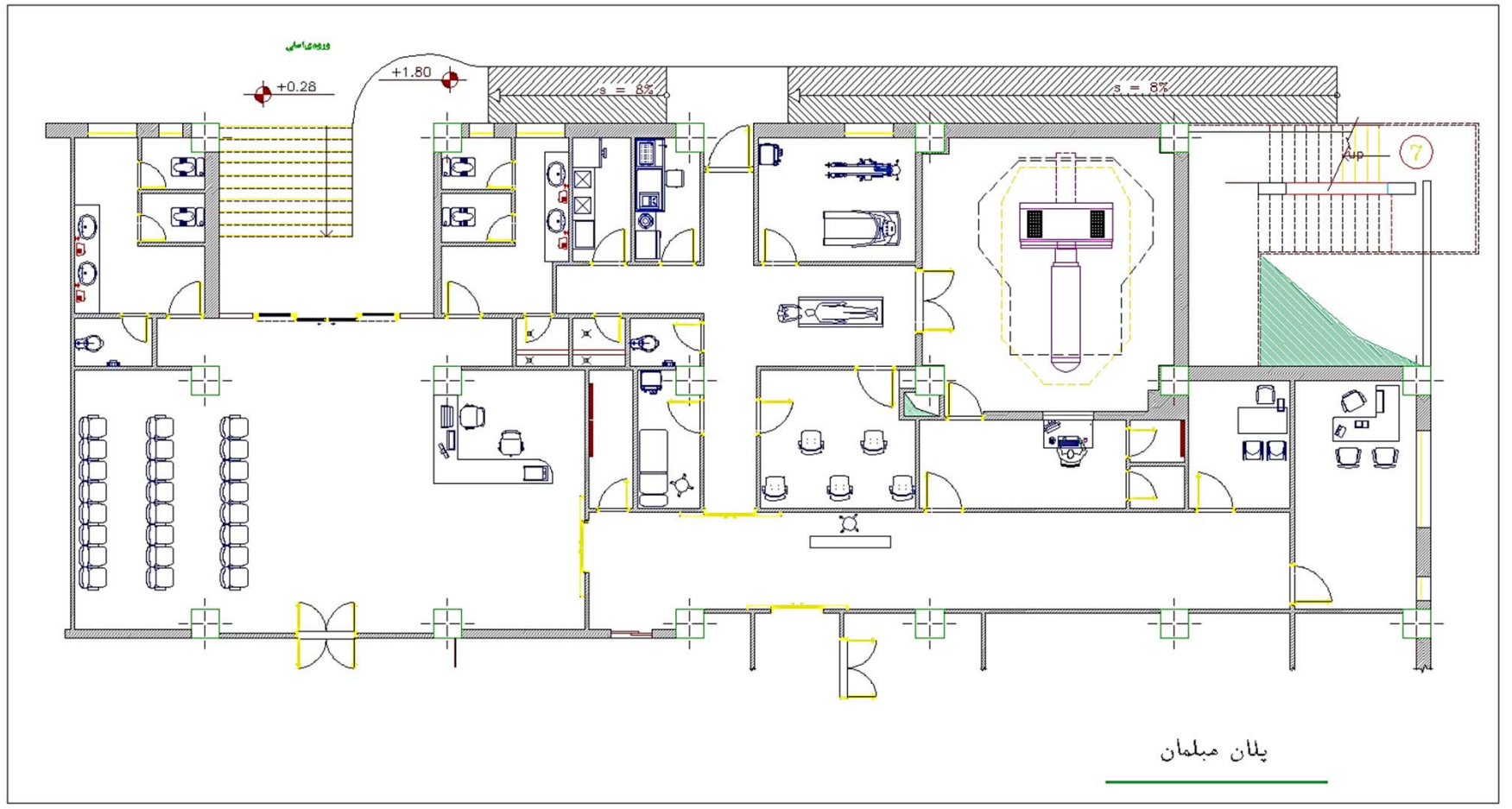
کلیه پسمان های
بیماران باید در یک
کیسه قرار داده
شده و علامت
گذاری شود .



1- ورودی اصلی
2- پذیرش
3- ورودی بخش تصویربرداری
4- ورودی تصویربرداری هسته ای
5- اتاق تزریق
6- اتاق انتظار بیمار
7- تست ورزش
8- سی تی اسپکت
9- اتاق کنترل
10- اتاق لوازم دستگاه
11- رختکن
12- فیزیک بهداشت
13- اتاق پزشک
14- خروج بیمار
15- هات لب
16- نگهداری پسماند
17- توالت بیمار
18- تی شوئی
19- سرویس بهداشتی آقایان
20- سرویس بهداشتی خانمها
21- اتاق برق
22- سالن انتظار
23- کنترل هات لب
24- رمپ

پلان بخش هات و کلد سی تی اسپکت


موقعیت بخش سی تی اسپکت
در طبقه همکف


+0.28
+1.80
s = 8%
s = 8%
Up
7
پلان مبلمان