

باغچه خندا

طیبات هنراست،

هنرها، مکنی قلب و اندیشه



بیات، محدثه، ۱۳۷۲	سرشناسه
مجموعه سوالات ارتقاء تخصصی پزشکی هسته‌ای ۱۴۰۴، کتاب سوالات همراه با پاسخ تشریحی ویژه آزمون های ۱۴۰۵ - گردآوری: دکتر محدثه بیات	عنوان و نام پدیدآور
انتشارات کاردیا، ۱۴۰۵.	مشخصات نشر
۱۱۰ ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول (بخشی رنگی)، نمودار (بخشی رنگی).	مشخصات ظاهری
ریال: شابک: ۷-۵۰۲-۴۰۴-۶۲۲-۹۷۸	شابک
الیه شهدادی	مدیر تولید و برنامه ریزی
فیبا	وضعیت فهرست نویسی
1. Nuclear Cardiology and Multimodal Cardiovascular Imaging: A Companion to Braunwald's Heart Disease 1st Edition. Marcelo Fernando Di Carli, 2022	یادداشت
2. Physics and Radiobiology of Nuclear Medicine; GB Saha, Springer, 2013.	
3. Fundamentals of Body CT; W. Richard Webb: 5th Edition, 2019.	
4. Fundamentals of Nuclear Pharmacy; GB Saha, Springer, 2018.	
5. Volterrani D, et al. Nuclear Medicine Textbook: Methodology and Clinical Applications, Springer; 2019	
پزشکی هسته‌ای -- آزمون‌ها و تمرین‌ها	موضوع
Nuclear medicine -- Examinations, questions, etc.	موضوع
پزشکی -- آزمون‌ها و تمرین‌ها	موضوع
Medicine -- Examinations, questions, etc.	موضوع
Physics and radiobiology of nuclear medicine	موضوع
Fundamental of nuclear pharmacy	موضوع
Clinical nuclear cardiology state of the art and future directions	موضوع
Nuclear medicine and molecular imaging the requisites	موضوع
PET and PET-CT a clinical guide Abass Alavi	موضوع
RD۳۱	رده‌بندی کنگره
۶۱۷	رده‌بندی دیویی
۵۷۷۷۴۴۸	شماره کتابشناسی ملی

مجموعه سوالات ارتقاء تخصصی پزشکی هسته‌ای ۱۴۰۴، کتاب سوالات همراه با پاسخ تشریحی ویژه آزمون های چاپ و لیتوگرافی: رزیدنت یار	
۱۴۰۵ - پاسخگویی به سوالات: دکتر محدثه بیات	
ناشر: انتشارات کاردیا	
صفحه آرا: رزیدنت یار - صبا درخشان فرد	
طراح و گرافیسیت: رزیدنت یار - مهرداد فیضی	
نوبت چاپ: اول ۱۴۰۵	
تیراژ: ۱۰۰ جلد	
شابک: ۷-۵۰۲-۴۰۴-۶۲۲-۹۷۸	
بهاء: ریال	

آدرس: تهران میدان انقلاب - کارگرجنوبی - خیابان روانمهر - بن بست دولتشاهی پلاک ۱ واحد ۱۸

شماره تماس: ۶۶۴۱۹۵۲۰ - ۸۸۹۴۵۲۰۸، ۲۱ - ۸۸۹۴۵۲۱۶، ۲۱ - شماره تماس ویژه: ۹۱۰۹۵۹۶۷ - ۲۱

www.residenttyar.com

هر گونه کپی برداری از این اثر پیگرد قانونی دارد.

مجموعه سوالات ارتقاء تخصصی پزشکی هسته ای ۱۴۰۴

کتاب سوالات همراه با پاسخ تشریحی ویژه آزمون های ۱۴۰۵

Nuclear Cardiology and Multimodal Cardiovascular Imaging: A Companion to
Braunwald's Heart Disease 1st Edition. Marcelo Fernando Di Carli, 2022
Physics and Radiobiology of Nuclear Medicine; GB Saha, Springer, 2013
Fundamentals of Body CT; W. Richard Webb: 5th Edition, 2019
Fundamentals of Nuclear Pharmacy; GB Saha, Springer, 2018
Volterrani D, et al. Nuclear Medicine Textbook: Methodology and Clinical
Applications, Springer; 2019

پاسخدهی به سوالات

دکتر محدثه بیات

هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی

شهید بهشتی تهران





سیاس و ستایش شایستهٔ پروردگاری که کرامتش نامحدود و رمتش بی‌پایان است. اوست که بشر را دانش بیاموخت و با قلم آشنا کرد. به انسان فرصت آن داد که علم را به خدمت گیرد و با قلم خود و رسم خطوط گویا آن را به دیگران نیز بیاموزد.

فدایا از شاگردان درگاهت و محققان جوین راهت قرارم ده و یاری‌ام کن تا در آموختن نلغزم و آنچه را آموختم، به شایستگی عرضه کنم.

رزیدنت‌یار، حامی و پیشرو در نظام کمک آموزشی پزشکی کشور به سبک نوین و مطابق با آفرین پیشرفت‌های آموزشی در میانه پزشکی با کادری مجرب و آشنا طی ۱۸ سال گذشته از منظر متفحصین همواره بهترین محصولات را ارائه و در دسترس مخاطبین خود قرار داده است.

اثر پیش رو با توجه به محتوی بسیار غنی در مبمٹ پزشکی هسته ای گردآوری شده و با استفاده از مفهومی نمودن مبامٹ و روان‌سازی توسط مؤلف محترم از منابع و رفرنس بوده و در روال گذر از گروه کنترل کیفیت (رزیدنت‌یار) با جمعی از اساتید رتبه A را به خود اختصاص داده است، امید است با مطالعه تمام مبامٹ پیش رو با یاری خداوند متعال پیروز و پایدار باشید.

مدیرمسئول انتشارات

مرجان پورندیم

فهرست مطالب



سوالات ارتقاء پزشکی هسته ای ۱۴۰۴ ۹



سوالات ارتقاء پزشکی هسته ای ۱۴۰۴

۱- رادیوداروی ^{11}C -Choline جهت تصویربرداری از کدام فرایند زیر به کار می‌رود؟

- (الف) سنتز پروتئین (ب) پرولیفراسیون سلولی (ج) سنتز غشا سلول (د) متابولیسم آمینواسیدها

گزینه ج

ولترانی صفحه ی ۸۵ و ۸۶

فرایندی که در تصویربرداری با رادیوترایسره‌های مبتنی بر کولین (مانند ^{11}C -choline یا ^{18}F -fluoromethylcholine) بررسی می‌شود، سنتز غشای سلولی است.

کولین پس از ورود به سلول از طریق ناقل‌های اختصاصی، توسط آنزیم کولین کیناز فسفریله شده و به فسفوکولین تبدیل می‌شود. سپس این ترکیب در مسیر سنتز فسفاتیدیل کولین (لستین) که یکی از اجزای اصلی فسفولیپیدی غشاهای سلولی است، وارد می‌گردد. در سلول‌های توموری که دارای سرعت تکثیر بالا هستند، به دلیل نیاز بیشتر به سنتز غشا، برداشت و فسفریلاسیون کولین افزایش می‌یابد؛ بنابراین تجمع کولین در این سلول‌ها با افزایش فعالیت سنتز غشای سلولی مرتبط است و مبنای تصویربرداری PET با کولین محسوب می‌شود.

۲- مکانیسم جذب $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Sestamibi در سلول‌های میوکارد چگونه است؟

- (الف) اتصال به کانال‌های کلسیمی (ب) تجمع در میتوکندری وابسته به پتانسیل غشا

- (ج) انتقال فعال ATP-dependent (د) ذخیره‌سازی در گیرنده‌های آدرنرژیک

گزینه ب

ولترانی صفحه ی ۳۹

مکانیسم تجمع Tc-sestamibi بر پایه‌ی تجمع در میتوکندری وابسته به پتانسیل غشای سلولی و میتوکندریایی است. این ترکیب به دلیل لیپوفیلیک بودن و بار مثبت، پس از تزریق وریدی از طریق انتشار غیرفعال وارد سلول‌ها می‌شود و در اثر گرادیان الکتروشیمیایی به سمت فضای داخل سلول و سپس درون میتوکندری جذب می‌گردد.

تجمع آن وابسته به پتانسیل منفی داخل میتوکندری است، به طوری که در سلول‌هایی با تعداد و فعالیت زیاد میتوکندری (مانند کاردیومیوسیت‌ها و سلول‌های آدنوم پاراتیروئید) میزان برداشت بیشتر است.

به دلیل اتصال پایدار درون میتوکندری و شست‌وشوی آهسته، Tc-sestamibi بدون بازتوزیع قابل توجه در بافت‌ها باقی می‌ماند.

۳- در صورتی که حداکثر اکتیویته مجاز پر تکنات جهت نشاندارسازی کیت MDP مقدار ۵۰ میلی کوری باشد و تکنسین

۷۰ میلی کوری به کیت اضافه نماید، کدام مورد زیر رخ می‌دهد؟

- (الف) افزایش ناخالصی شیمیایی (ب) افزایش ناخالصی رادیوشیمیایی

- (ج) افزایش ناخالصی رادیونوکلوئیدی (د) تشکیل کلوئید قلع با تکنسیوم



گزینه ب

ولترانی - صفحه ی ۱۰۱۱

افزودن اکتیویته بیش از مقدار مجاز ۷۰ به جای ۵۰ (mCi) باعث می شود نسبت احیاکننده (Sn^{2+}) به تکنسیوم کافی نباشد و بخشی از Tc^{7+} به صورت پرتکتتات آزاد باقی بماند، در نتیجه خلوص رادیوشیمیایی کاهش یافته و ناخالصی رادیوشیمیایی افزایش می یابد.

۴- چنانچه نیمه عمر دفع بیولوژیک یک رادیوداروی نشاندار با ^{131}I ، بیست و چهار روز باشد، محاسبه کنید نیمه عمر مؤثر آن چند روز است؟

الف) ۴ ب) ۵ ج) ۶ د) ۹

گزینه ج

ریکویزیت صفحه ی ۴۹

با توجه به فرمول داده شده:

$$T_E = \frac{(T_P \times T_B)}{(T_P + T_B)}$$

T_E : effective half-life, T_P : physical half-life, T_B : biologic half-life

برای رادیوداروی نشاندار با ^{131}I :

• نیمه عمر فیزیکی $(T_P) = 8$ روز

• نیمه عمر بیولوژیک $(T_B) = 24$ روز

جایگذاری در فرمول: نیمه عمر مؤثر $= 6$ روز

۵- دلیل اینکه $^{99m}\text{Tc-MDP}$ در مقایسه با $^{99m}\text{Tc-PYP}$ در مدت زمان کمتر تصویر واضح تری پس از تزریق رادیو دارو ایجاد می کند، چیست؟

الف) MDP پروتئین بایندینگ بیشتری دارد.

ب) پیوند P-O-P در MDP از پیوند P-C-P مربوط به PYP پایدارتر است.

ج) MDP نسبت به آنزیم های فسفاتاز مقاوم تر است.

د) دوز تجویز شده MDP بیشتر از PYP می باشد

گزینه ج

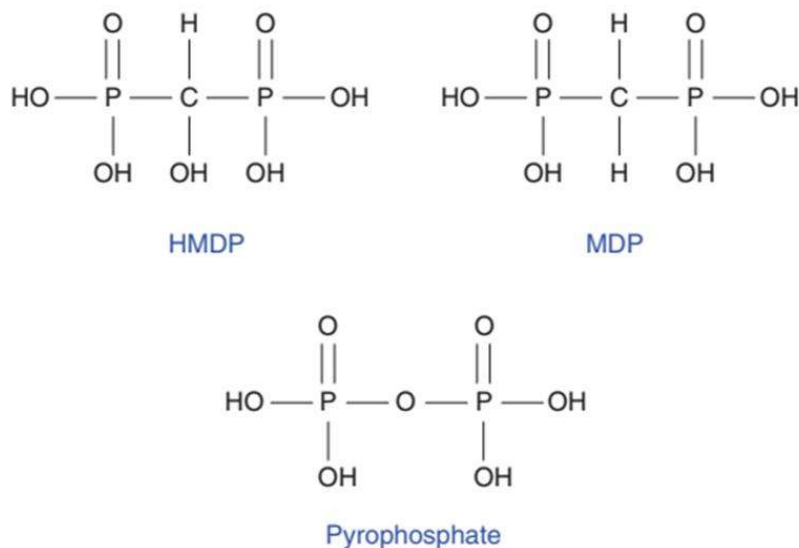
صفحه ی ۳۰ و ۳۱ ولترانی

دلیل اینکه MDP نسبت به PYP در مدت زمان کوتاه تری تصویر واضح تری ایجاد می کند، به ساختار شیمیایی پایدارتر آن مربوط است.



در MDP (methylene diphosphonate) پیوند $P-C-P$ بین دو گروه فسفونات باعث می‌شود مولکول در برابر هیدرولیز توسط آنزیم‌های فسفاتاز مقاوم باشد، در حالی که PYP (pyrophosphate) دارای پیوند $P-O-P$ است که به راحتی توسط فسفاتازها تجزیه می‌شود.

در نتیجه، MDP پایداری متابولیک بیشتری دارد، سریع‌تر از خون و بافت نرم پاک می‌شود و در زمان کوتاه تری نسبت هدف به زمینه (bone-to-soft tissue ratio) بالاتری ایجاد می‌کند، که منجر به تصویر واضح‌تر در زمان کمتر می‌شود.



۶- بر روی یک ژنراتور $^{99}\text{Mo}-^{99\text{m}}\text{Tc}$ مقدار ۸۰۰ میلی کوری ^{99}Mo در ساعت ۷ صبح جمعه بارگذاری شده است. در چه ساعتی میزان $^{99\text{m}}\text{Tc}$ تشکیل شده بر روی ستون آلومینا به بیشترین مقدار خواهد رسید؟

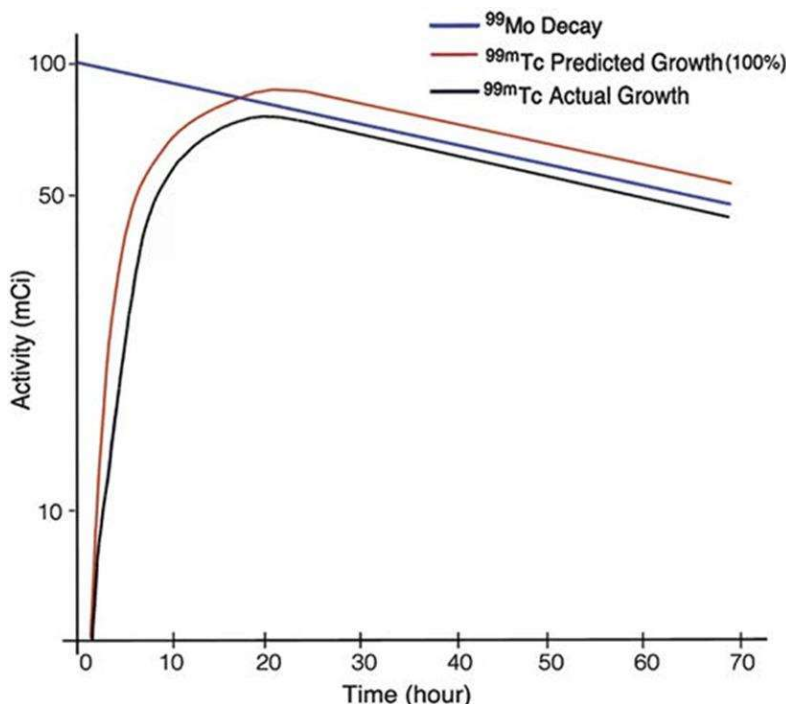
الف) ۶ صبح شنبه ب) ۷ عصر جمعه ج) ۶ عصر شنبه د) ۶ صبح یکشنبه

گزینه الف

ریکویزیت صفحه ی ۴۶-۴۸

در سیستم ژنراتور $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ ، چون نیمه عمر والد $^{99}\text{Mo} = 66$ (ساعت) حدود ۱۰ برابر بیشتر از نیمه عمر دختر $^{99\text{m}}\text{Tc} = 6$ (ساعت) است، نوعی تعادل گذرا (Transient equilibrium) ایجاد می‌شود.

در چنین حالتی، مقدار $^{99\text{m}}\text{Tc}$ پس از حدود ۴ نیمه عمر دختر (یعنی حدود ۲۴ ساعت) به بیشترین مقدار خود می‌رسد. بنابراین اگر ژنراتور در ساعت ۷ صبح جمعه بارگذاری شده باشد، حداکثر مقدار $^{99\text{m}}\text{Tc}$ در ستون آلومینا در حدود ۲۴ ساعت بعد تشکیل می‌شود.



۷- کدام روش نشاندارسازی گلبول‌های قرمز از نظر کارایی نشاندارسازی برتر است؟

الف) In Vitro ب) In Vivo ج) Modified In Vivo د) Modified In Vitro

گزینه الف

صفحه ی ۲۴۰ ریکویزیت و صفحه ی ۸۲۷ ولترانی

روش برتر برای نشاندارسازی گلبول‌های قرمز (RBCs) با ^{99m}Tc ، روش In Vitro است.

علت برتری این روش:

- کارایی نشاندارسازی بسیار بالا ($>97\%$) دارد،
- وابستگی کمتری به داروها یا عوامل تداخل‌کننده دارد،
- با حذف Tc-99m اضافی خارج سلولی (با استفاده از اکسیداسیون یون قلع اضافی) تضمین می‌کند که فقط RBC ها نشاندار می‌شوند،

- و نیازی به سانتریفیوژ کردن خون ندارد (در کیت‌های تجاری مدرن مثل UltraTag).
- روش‌های دیگر مانند In Vivo یا Modified In Vivo دارای بازده کمتر (۷۵-۸۵٪) و حساس‌تر به تداخلات دارویی هستند و بنابراین در حال حاضر کمتر ترجیح داده می‌شوند.



- ۸- رادیوداروی ^{99m}Tc -Tilmanocept بر اساس چه مکانیسمی در لنفوسینتی گرافی و ردیابی SLN کاربرد دارد؟
- (الف) تشکیل کمپلکس با کلسیم موجود در غدد لنفاوی
- (ب) فاگوسیت شدن توسط ماکروفاژها در سیستم لنفاوی
- (ج) اتصال به رسپتورهای سطح ماکروفاژها و سلولهای دندریتیک
- (د) تشکیل رنگ جهت تشخیص راحت تر محل غدد لنفاوی نگهبان

گزینه ج

ولترانی صفحه ی ۳۵۶

مکانیسم ^{1099}Tc -tilmanocept در Sentinel Lymph Node (SLN) mapping به صورت هدف گیری لیگاند-گیرنده است و با مکانیسم فاکتورهای سنتی رادیوکلئید متفاوت است:

- tilmanocept از یک اسکلت دکسترانی با چندین رزیدوی مانوز تشکیل شده که به DTPA برای نشان دار سازی با ^{99}Tc متصل است.
 - این رادیوترسر به جای فاگوسیتوز غیر اختصاصی توسط ماکروفاژها، از طریق اتصال به گیرنده CD206 روی ماکروفاژها و سلولهای دندریتیک موجود در گرههای لنفاوی تجمع می یابد.
 - این اتصال اشباع پذیر نیست (در مقادیر مورد استفاده برای SLNM) و باعث تثبیت طولانی و پایدارتر در گرههای لنفاوی می شود، در مقایسه با مکانیسم فاگوسیتوز رادیوکلئیدها.
 - اندازه کوچک مولکول (حدود ۷.۱ نانومتر) و هدف گیری گیرنده ای آن، منجر به انتقال سریع از محل تزریق به SLN و تجمع انتخابی در آن گره با حداقل عبور به گرههای دومین سطح می شود.
- خلاصه:** مکانیسم tilmanocept در SLN اتصال اختصاصی به گیرنده CD206 ماکروفاژها و سلولهای دندریتیک است و نه فاگوسیتوز تصادفی، که باعث تجمع سریع و پایدار در گرههای نگهبان می شود.

- ۹- کدام رادیودارو با هدف قرار دادن بتا آمیلوئیدها در تشخیص بیماری آلزایمر به کار می رود؟

(الف) F-18 Fluciclovine (ب) F-18 Florbetapir (ج) F-18 Fluorodopa (د) F-18 Fluoroestradiol

گزینه ب

کتاب دکتر غلامرضا نژاد - صفحه ی ۱۷۳

برای هدف گیری بتا آمیلوئید در تشخیص آلزایمر، رادیوترسرهایی مورد استفاده عبارتند از:

- ^{11}C -Pittsburgh Compound-B (PiB) مشتق از thioflavin T، به فرم فیبریلر $\text{A}\beta$ متصل می شود، ولی نیمه عمر کوتاه ۲۰ دقیقه ای دارد و نیازمند سیکلوترون در محل است.
- ^{18}F -florbetapir به فیبریلرهای $\text{A}\beta$ متصل می شود، نیمه عمر طولانی تر (~۱۱۰ دقیقه) دارد و برای کاربرد بالینی گسترده مناسب است.



• ^{18}F -flutemetamol و ^{18}F -florbetaben: رادیوترسرهایی ^{18}F دیگر با ویژگی های مشابه، برای تصویربرداری PET

بتا آمیلوئید تجاری شده اند.

نکته: همه این رادیوترسرها به بتا آمیلوئید فیبریلر متصل می شوند و مخچه به عنوان منطقه مرجع استفاده می شود

۱۰- در درمان تومورهای نورواندوکراین با Lu-177 DOTATATE ، کدام عامل بیشترین تأثیر را در موفقیت درمانی دارد؟

- (الف) سطح بیان گیرنده های سوماتواستاتین نوع ۱ در تومور
- (ب) توزیع یکنواخت DOTATATE در عضلات اسکلتی
- (ج) اتصال به گیرنده سوماتواستاتین نوع ۲ در تومور
- (د) انتقال فعال رادیودارو به داخل هسته سلول

گزینه ج

صفحه ی ۷۶۸ ولترانی

عامل اصلی موفقیت در درمان تومورهای نورواندوکراین با Lu-DOTATATE^{177} ، سطح بیان گیرنده های سوماتواستاتین نوع ۲ (SSTR2) در تومور است.

- اکثر NET ها دارای تراکم بالای SSTR2 روی غشای سلولی هستند، به ویژه در سلول های پانکراس، روده و غدد آدرنال، که پایه موفقیت درمان با آنالوگ های سوماتواستاتین رادیواکتیو است.
- هرچه بیان گیرنده ها بیشتر باشد، اتصال و داخلی سازی DOTATATE به سلول های توموری افزایش یافته و در نتیجه دوز تابشی مؤثرتر به تومور می رسد.
- سایر عوامل مثل توزیع دارو در عضلات یا اتصال به سایر زیرنوع های گیرنده نقش کمتری در موفقیت درمان دارند.

۱۱- در یک بخش پزشکی هسته ای که درمان با رادیوداروهای ید و لوتشیوم انجام می شود، کدام نوع دوزیمتر برای پایش پرتوگیری کارکنان ارجح است؟

- (الف) Film badge - چون در دوزهای پایین بسیار حساس است.
- (ب) Film badge - چون برای مدت طولانی اطلاعات را حفظ می کند.
- (ج) TLD - چون امکان تفکیک فوتون های با انرژی مختلف را دارد.
- (د) TLD - چون دوز پاسخ دهی آن در طیف وسیعی خطی است.

گزینه الف

فصل ۵ ولترانی

گزینه ی الف - film badge



دزیمترهای فیلمی (Film Dosimeters)

در این دزیمترها، سیاه شدن فیلم عکاسی که ناشی از جذب تابش یون ساز است، با یک کالیبراسیون مناسب، به دز جذب شده توسط خود فیلم مرتبط می شود.

سطح سیاهی در یک نقطه از فیلم عکاسی ظهور و ثبوت یافته، با استفاده از دستگاه «دنسیتومتر» (چگالی سنج) اندازه گیری می شود. این کار با تاباندن باریکه باریکی از نور با شدت 10 به آن نقطه و اندازه گیری شدت آن (نوری که بدون جذب شدن از فیلم عبور می کند) انجام می پذیرد.

امکان استفاده از یک فیلم برای مدت طولانی (بیش از چند ماه) به دلیل پدیده تخریب خودبه خودی تصویر نهفته در فیلم که به آن Fading یا محوشدگی می گویند محدود است

دزیمترهای ترمولومینسانس (TLDs)

TLD مبتنی بر خواص مواد خاصی هستند، که معمولاً بلورهایی مانند کلسیم فلورید و لیتیم فلورید می باشند. هنگامی که این مواد در معرض تابش یون ساز قرار می گیرند، شبکه بلوری تابش را جذب می کند. وقتی ماده حرارت داده می شود، انرژی ذخیره شده به صورت نور آزاد می شود. شدت نور گسیل شده متناسب با دز جذب شده است. خوانش دزیمتر، که با حرارت دادن انجام می شود، اطلاعات ذخیره شده را از بین می برد.

استفاده از TLD ها در زمینه حفاظت در برابر اشعه، نسبت به دزیمترهای مبتنی بر فیلم که در گذشته به طور گسترده استفاده می شدند، به دلایل زیر بسیار موثرتر است:

آن ها مواد جامد و کوچک هستند (مثلاً ۴ در ۴ میلی متر و با ضخامت کمتر از ۱ میلی متر).

برخی از مواد TL معادل بافت هستند، یعنی به تابش یون ساز به همان شیوه ای پاسخ می دهند که بافت بیولوژیکی پاسخ می دهد. پاسخ TL مستقل از زاویه تابش پرتو و همچنین آهنگ دز (Dose rate) است و در محدوده وسیعی از دز جذب شده، از چند میلی گری تا ده ها گری، خطی است. از دست رفتن اطلاعات در دمای اتاق، ناشی از فاصله زمانی طولانی بین تابش دهی و خوانش (محو شدگی)، در بسیاری از مواد متداول TL ناچیز است. سیستم خوانش دزیمتر می تواند خودکار باشد. به این دلایل، دزیمترهای ترمولومینسانس می توانند در زمینه دزیمتری فردی، برای تمام کسانی که در محیط هایی کار می کنند که بررسی دوره ای دز جذب شده ضروری است، استفاده شوند. به همین ترتیب، آن ها برای پایش دز محیطی در محیط های مذکور مورد استفاده قرار می گیرند.

در زمینه بالینی، TLD ها می توانند به عنوان ابزارهایی برای موارد زیر استفاده شوند:

- اندازه گیری تابش دستگاه های مورد استفاده در کاربردهای تشخیصی و درمانی.
- اندازه گیری توزیع دز در محل های تومور با کمک فانتوم های آنتروپومورفیک (شبیه انسان).
- برای اندازه گیری های درون تنی (in vivo) روی بیمار، هم در مورد دزیمتری خارجی و هم دزیمتری داخل حفره ای (Endocavitary).
- هم در تشخیص و هم در درمان، TLD ها برای اندازه گیری دز گناد (غدد جنسی) مفید هستند.

طبق این متن گزینه ی د صحیح تر به نظر می رسد ولی وزارتخانه گزینه ی الف را به عنوان جواب صحیح اعلام کرده است.



۱۲- برای بهینه‌سازی دوز بیمار در تصویربرداری PET-CT که از CT فقط برای attenuation correction استفاده

می‌شود، بهترین تنظیمات کدام است؟

- الف) mAs بالا، KV بالا، pitch بالا
 ب) mAs پایین، KV پایین، pitch بالا
 ج) mAs بالا، KV پایین، pitch بالا
 د) mAs پایین، KV پایین، pitch پایین

گزینه ب

فصل ۸ ولترانی

برای CT-PET که CT فقط برای Attenuation Correction (AC) استفاده می‌شود، هدف کاهش دوز بیمار است و نیازی به کیفیت تصویر بالا نیست. تنظیمات مناسب:

- mAs پایین ← کاهش دوز
- KV پایین ← کاهش دوز
- Pitch بالا ← اسکن سریع و پوشش کافی

mAs میلی آمپر تیوب

- شدت جریان تیوب اشعه ایکس را مشخص می‌کند.
- mAs بالا ← کیفیت تصویر بهتر، اما دوز بیمار بیشتر.
- mAs پایین ← دوز کمتر، کیفیت تصویر کم، کافی برای AC.

(KV کیلوولت تیوب):

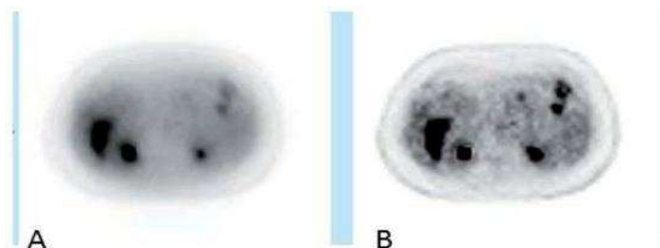
- انرژی فوتون‌های X را تعیین می‌کند.
- KV بالا ← نفوذ بیشتر، تصویر تشخیصی بهتر، دوز بیشتر.
- KV پایین ← دوز کمتر، مناسب برای Attenuation Correction.

Pitch:

- تعریف: نسبت حرکت تخت در یک چرخش تیوب به ضخامت کل برش‌های همزمان گرفته شده.
- Pitch بالا ← اسکن سریع‌تر، دوز کمتر، احتمال فاصله بین برش‌ها.
- Pitch پایین ← پوشش دقیق‌تر، اما دوز بالاتر به دلیل همپوشانی برش‌ها.
- $Pitch > 1$ بین پرتوهای ایکس چرخش‌های متوالی فاصله وجود دارد → اسکن سریع‌تر و دوز کمتر، ولی ممکن است پوشش کمی کاهش یابد.
- $Pitch < 1$ پرتوهای ایکس همپوشانی دارند → دوز بالاتر و تابش دوباره بعضی بافت‌ها، معمولاً استفاده نمی‌شود.
- در CT-AC برای PET استفاده از pitch بالا منطقی است چون هدف تصحیح تضعیف فوتون‌های PET با حداقل دوز است و نیاز به کیفیت تشخیصی بالا نیست.



۱۳- در بیماری تصاویر اسپکت به روش OSEM بازسازی شده و تصویر A به دست آمده است. پس از اعمال تغییراتی در الگوریتم بازسازی تصویر B ساخته شده است. برای تبدیل تصویر A به B، کدام تغییر زیر اعمال شده است؟



(الف) کاهش subset

(ب) افزایش iteration

(ج) استفاده از filtered back projection

(د) استفاده از post reconstruction smoothing filter

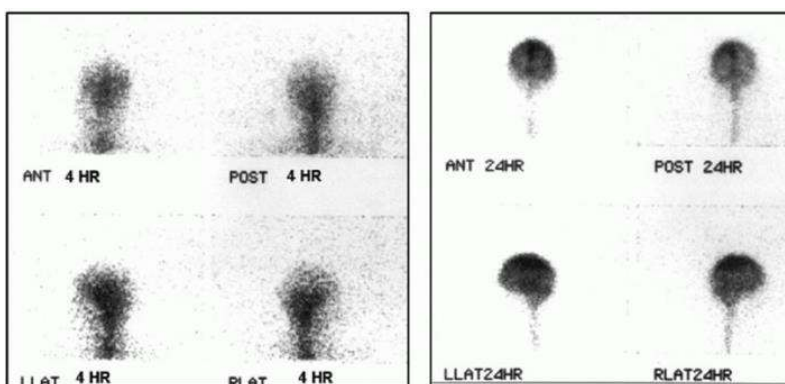
گزینه ب

صفحه ی ۱۸۰-۱۸۱ ولترانی

افزایش نویز تصویر در بازسازی SPECT

در بازسازی تکراری (Iterative Reconstruction) مثل الگوریتم MLEM یا OSEM، با افزایش تعداد iteration (تکرارها)، تفکیک مکانی یا spatial resolution بهتر می شود، اما هم زمان نویز تصویر افزایش می یابد. بنابراین هرچه iteration بیشتر شود، جزئیات تصویر واضح تر ولی نویز بالاتر می رود، زیرا مؤلفه های فرکانس بالا (high-frequency noise) بیشتر تقویت می شوند.

۱۴- تصاویر سیستم نوگرام بیماری را که ۴ ساعت و ۲۴ ساعت پس از تزریق اینتراتکال نیم میلی کوری $^{111}\text{In-DTPA}$ گرفته شده است، ملاحظه می کنید. با دیدن این تصاویر کدام اقدام زیر را انجام می دهید؟



(الف) چک کردن فوتوپیک

(ب) گرفتن تصویر از محل تزریق

(ج) انجام تست Intrinsic resolution

(د) انجام تست کنترل کیفی دستگاه از نظر حساسیت

گزینه الف

ولترانی صفحه ی ۱۷۴ و ۱۷۵



در تصویر سیسترنوگرافی با In-111 DTPA ، وقتی تصویر ۴ ساعته **poor count** (تعداد شمارش پایین) است، اولین موردی که باید بررسی شود درستی تنظیم فتوپیک (**photopeak setting**) است. هر رادیوایزوتوپ طیف انرژی مشخصی از فوتون‌ها دارد (مثلاً برای In-111 دو فتوپیک در ۱۷۲ و ۲۴۵ keV). برای تشکیل تصویر، باید پنجره انرژی (**energy window**) دقیقاً روی این فتوپیک‌ها تنظیم شود تا فوتون‌های درست پذیرفته شوند و نویز و تضعیف ناشی از پراکندگی (**scatter**) به حداقل برسد. اگر فتوپیک اشتباه تنظیم شود، سیستم فوتون‌ها را خارج از محدوده‌ی واقعی انرژی می‌گیرد، در نتیجه شمارش (**count rate**) کاهش می‌یابد و تصویر ضعیف و نویزی می‌شود. بنابراین در مواجهه با تصویر **poor count** در سیسترنوگرافی با In-111 DTPA ، باید ابتدا تنظیم فتوپیک (**photopeak calibration**) را بررسی کرد تا اطمینان حاصل شود پنجره‌های انرژی در محدوده‌ی درست (۱۷۲ و $245 \pm 10\text{ keV}$ %) قرار دارند.

۱۵- اگر در بازسازی تصاویر PET یک بیمار مبتلا به لنفوم با متاستازهای کوچک در شکم با استفاده از **Butterworth filter cutoff** را پایین و **order** را بالا ببریم، محتمل‌ترین پیامد در تصاویر حاصله چیست؟

- (الف) افزایش نویز و بهبود رزولوشن تصویر
(ب) کاهش نویز و کاهش رزولوشن در لبه ضایعات
(ج) کاهش فرکانس‌های پایین و افزایش رزولوشن در لبه‌ها
(د) کاهش نویز و بهبود جزئیات تصویر

گزینه ب

صفحه ی ۱۸۱ ولترانی

در بازسازی تصاویر SPECT یا PET از فیلترهای پایین‌گذر (**Low-pass filters**) مثل **Butterworth** برای کنترل نویز استفاده می‌شود.

• **Cutoff frequency** فرکانس برش:

هرچه پایین‌تر انتخاب شود، فرکانس‌های بالاتر (جزئیات تصویر) بیشتر حذف می‌شوند ← در نتیجه نویز کاهش می‌یابد اما وضوح مکانی (**spatial resolution**) بدتر می‌شود.

• **Order** توان یا شیب فیلتر:

هرچه بالاتر باشد، فیلتر سخت‌تر (**steeper roll-off**) عمل می‌کند ← نواحی پرنویز (فرکانس بالا) بیشتر حذف می‌شوند ← باز هم نویز کمتر ولی لبه‌ها و جزئیات تصویر نرم‌تر (**blurred**) می‌شوند.

در نتیجه:

وقتی در بازسازی PET از **Butterworth filter** با **cutoff** پایین و **order** بالا استفاده کنیم:

- فرکانس‌های بالا (جزئیات و لبه ضایعات کوچک) حذف می‌شوند،
- نویز کم می‌شود،
- اما رزولوشن و وضوح در لبه ضایعات کاهش می‌یابد.



۱۶- در بیماری که تحت درمان با ^{177}Lu -DOTATATE قرار گرفته است، جهت پیش‌بینی عوارض کلیوی محاسبه کدام کمیت دوزیمتری در مورد کلیه‌ها مناسب‌تر است؟

- (الف) دوز جذبی به دلیل ارتباط مستقیم با آسیب بافتی
(ب) دوز جذبی به دلیل لحاظ کردن نوع پرتو
(ج) دوز مؤثر به دلیل لحاظ کردن ضریب بافتی
(د) دوز مؤثر به دلیل دقیق‌تر بودن

گزینه الف

ریکوییزیت صفحه ی ۶۲-۶۳

برای پیش‌بینی عوارض **deterministic** موضعی مثل نارسایی کلیه، کمیت مناسبی که مستقیماً با آسیب بافتی مرتبط است دوز جذب شده (**absorbed dose, Gy**) به آن عضو است. دوز جذب شده با استفاده از تجمع و رفتار زیستی واکنش دار و مشخصه‌های فیزیکی رادیونوکلئید محاسبه می‌شود و نشان‌دهنده‌ی انرژی واقعی رسیده به بافت است. در مقابل، دوز مؤثر (**effective dose**) یک کمیت ترکیبی برای برآورد خطر سرطانی کلی بدن است که از ضرایب حساسیت بافتی استفاده می‌کند و برای ارزیابی ریسک سیستمیک / اپیدمیولوژیک مناسب است، اما برای پیش‌بینی آسیب اختصاصی یک عضو (مثل کلیه) نامناسب است.

۱۷- در تصویر PET اسکن بیماری ضایعه کوچک کبد در تصویر **TOF (time of flight)** به صورت واضح دیده می‌شود ولی در تصویر بدون **TOF** دیده نمی‌شود. کدام گزینه بهترین توضیح برای این پدیده است؟

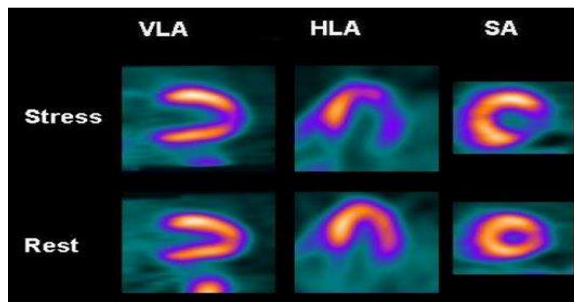
- (الف) حذف فوتون‌های پراکنده
(ب) بهبود انرژی رزولوشن
(ج) افزایش شمارش کلی فوتون‌ها
(د) تشخیص دقیق‌تر اطلاعات مکانی

گزینه د

ولترانی صفحه ی ۲۱۰

در PET معمولی، فقط مسیر خط بین دو آشکارساز (**LOR**) مشخص است، ولی محل دقیق نابودی پوزیترون در طول آن خط معلوم نیست. در **TOF-PET (Time of Flight)** با اندازه‌گیری اختلاف زمان رسیدن دو فوتون به آشکارسازها، می‌توان محل تقریبی رویداد را در طول **LOR** تخمین زد. این تعیین دقیق‌تر موقعیت فوتون‌ها باعث بهبود نسبت سیگنال به نویز (**SNR**) و وضوح بهتر ضایعات کوچک (مثل متاستازهای کبدی) می‌شود، بدون آنکه انرژی یا تعداد فوتون‌ها تغییر کند. بنابراین در **TOF**، وضوح بهتر ناشی از تعیین مکانی دقیق‌تر محل نابودی (**spatial localization improvement**) است، نه از حذف فوتون‌های پراکنده یا افزایش شمارش.

۱۸- با توجه به تصویر ذیل در اسکن **MPI**، ریسک بروز حادثه قلبی در این بیمار چگونه است و علت این ریسک چیست؟





الف) ریسک بالا - درگیری left main

ب) ریسک متوسط - وسعت درگیری

ج) ریسک متوسط - شدت درگیری

د) ریسک بالا - وجود T1D

گزینه د

کتاب برانوالد صفحه ی ۹۴

اسکن نمایش داده شده از نظر وجود T1D و ایسکمی مثبت است.

به جدول مهم زیر توجه کنید.

TABLE 8.3 Prognostic Markers With Radionuclide Myocardial Perfusion Imaging

Low Risk (<1% annual risk of death/MI)	Intermediate Risk (1%–3% annual risk of death/MI)	High Risk (>3% annual risk of death/MI)
Low-risk treadmill score (≤5), no new ST-segment changes or exercise-induced chest pain symptoms at maximal levels of exercise	≥1 mm of ST segment depression occurring with exertional symptoms	≥2 mm of ST-segment depression at low workload or persisting into recovery, exercise-induced ST-segment elevation, or exercise-induced ventricular tachycardia
Calcium Score <100	Inability to exercise, necessitating use of pharmacologic stress	Impaired heart rate reserve ≤4 bpm
Rest LVEF ≥50%	Calcium Score 100–399	Calcium Score ≥400
Normal or small myocardial perfusion defect at rest or with stress, affecting <5% of the LV mass	Rest LVEF 35%–49%	Rest LVEF ≤35%
	Resting perfusion defect involving 5%–9.9% of the LV mass in patients without a prior MI	Resting perfusion defect ≥10% of the LV mass in patients without prior MI
	Stress-induced perfusion defect involving 5%–9.9% of the LV mass or defect in one vascular territory without LV dilation with stress ^b	Stress-induced perfusion defects involving ≥10% myocardium or defects in multiple vascular territories
Normal stress or no change of limited resting wall motion abnormalities during stress	Small wall motion abnormality involving one to two segments and only one coronary territory	Inducible wall motion abnormality (involving more than two segments or two coronary territories)
	PET myocardial blood flow reserve 1.5–2.0	Severe stress-induced LV dysfunction (peak stress LVEF <45% or drop in LVEF with stress ≥10% on SPECT or PET LVEF Reserve <0)
		Transient ischemic dilation >1.13 ^c
		PET myocardial blood flow reserve <1.5
		Increased RV tracer uptake
		Increased lung uptake

^aAll findings suggestive of low-risk if present in absence of any other higher-risk findings on MPI.

^bIn absence of myocardial blood flow reserve <2.0 for patients undergoing PET.

^cIn association with one or more other high-risk features for SPECT.

LV, Left ventricular; LVEF, left ventricular ejection fraction; MI, myocardial infarction; PET, positron emission tomography; RV, right ventricular; SPECT, single photon emission computed tomography.

۱۹- در بیمار مبتلا به بیماری عروق کرونر، Gated MPI SPECT انجام شد. کدام یافته تأثیری بر ریسک بروز حادثه

قلبی ندارد؟

الف) ESV=83 ml

ب) rest LVEF = %32

ج) drop in LVEF with stress = %6

د) inducible wall motion abnormality in 3 segments

گزینه ج

طبق جدول سوال قبل