



Semnan University of Medical Sciences

KOOMESH

Journal of Semnan University of Medical Sciences

Volume 20, Issue 4 (Autumn 2018), 603-807

ISSN: 1608-7046

Full text of all articles indexed in:

Scopus, Index Copernicus, SID, CABI (UK), EMRO, Iranmedex, Magiran, ISC, Embase

بررسی و مقایسه عملکرد حفاظ‌های ترکیبی با حفاظ‌های سربی از نظر آثار بیولوژیکی در پزشکی هسته‌ای به روش کامت

محسن بخشنده^{۱*} (Ph.D)، معصومه برزگر زیارانی^۱ (M.Sc)، مهدی الله بخشیان فارسانی^۲ (Ph.D)، احسان بخشنده^۳ (Ph.D)، نزهت شاکری^۴ (Ph.D)

۱- گروه رادیولوژی و رادیوتراپی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی، تهران، ایران

۲- گروه هماتولوژی و بانک خون، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی، تهران، ایران

۳- گروه پلی مر، انیستیتو پلی مر و رنگ دانشگاه امیرکبیر، تهران، ایران

۴- گروه آمار زیستی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱/۲۷

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۱۲۲۷۱۱۱۱۴ mbakhshandeh@sbm.ac.ir

چکیده

هدف: پرتوهای یونیزان، قادرند به مولکول‌های DNA که از نظر بیولوژیکی اهمیت بسیار دارند، آسیب برسانند. از آنجایی که، استفاده از روپوش سربی (apron) برای محافظت در برابر پرتوهای یونیزان توسط پرتوکاران پزشکی هسته‌ای، به دلیل ایجاد پرتوهای ایکس اختصاصی سرب ناشی از برخورد پرتوهای گامای پرتو و ضریب جذب بالای این پرتوها در بدن، مورد مناقشه است؛ لذا، هدف اصلی این مطالعه، معرفی حفاظ تولید شده ترکیبی قلع و تنگستن به منظور اجتناب از معایب استفاده از حفاظ‌های سربی و بررسی نتایج حفاظت بیولوژیکی ایجاد شده توسط این حفاظ بود.

مواد و روش‌ها: نمونه‌های خون گرفته شده از افراد غیر پرتوکار در لوله‌های هپارینه ریخته شد و پس از پرتودهی با پرتو گامای حاصله از تکنسیم در فواصل مکانی و مدت زمان‌های مورد نظر، آزمون کامت (Comet assay) بر روی آن‌ها انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS Statistic version 21 و الگوریتم C5.0 انجام شد.

یافته‌ها: چگالی حفاظ ترکیبی قلع و تنگستن در مقایسه با حفاظ دارای سرب بسیار کم‌تر و تقریباً برابر با ۱/۰ مقدار آن بود ($1/23 \text{ gr/cm}^3$). آسیب وارده به DNA در گروه‌های با استفاده و بدون استفاده از حفاظ سربی در مقایسه با گروه‌های حفاظ ترکیبی بیش‌تر بود ($p < 0/05$).

نتیجه‌گیری: متغیر زمان درافزایش میزان آسیب وارده به DNA موثر است. در حالی که متغیر نوع حفاظ (دارای سرب یا فاقد سرب) و فاصله درافزایش میزان آسیب وارده به DNA موثر نیست.

واژه‌های کلیدی: پزشکی هسته‌ای، حفاظ ترکیبی، آزمون کامت، تکنسیم، محافظت در برابر تابش

مقدمه

انسان‌ها همیشه در معرض تابش پرتوهای زمینه‌ای هستند. پس از کشف اشعه ایکس و رادیوایزوتوپ‌ها، استفاده از پرتوهای یونیزان در حال افزایش است. یکی از موارد استفاده از پرتوهای یونیزان در زمینه تشخیص و درمان بیماری‌ها می‌باشد. با این حال، علی‌رغم مزایای استفاده از پرتوها، بایستی به مضرات استفاده از آن‌ها برای بیماران و پرتوکاران نیز توجه کرد [۱].

هریک از کارکنان مراکز تشخیصی و درمانی، از منابع پرتوزای مختلف، میزان متفاوتی از پرتو را دریافت می‌کنند [۲]. پرتوکاران پزشکی هسته‌ای، عمدتاً از دو طریق

اصلی، شامل: مدیریت پرتو داروها (انبار و دوشیدن ژنراتور، تهیه و آماده سازی، توزیع و تزریق دارو) و بیماران که درمان‌های پرتوزا را دریافت می‌کنند (بیمارانی که پرتو دارو برای آن‌ها تجویز شده است) پرتوگیری می‌کنند [۳]. پرتوگیری پرسنل در بخش‌های پزشکی هسته‌ای در حین وضعیت‌دهی به بیمار و همچنین آماده‌سازی پرتو دارو نیز امری اجتناب‌ناپذیر است [۴].

International Commission on Radiological Protection (ICRP) هر ساله قوانین و مقررات خاصی را در مورد نحوه استفاده صحیح از منابع پرتوزا و حفاظت در برابر پرتوها، وضع می‌کند. از این رو، پرتوکاران و مراکز که از منابع پرتوزا استفاده می‌کنند؛ موظف به استفاده از بهترین وسایل

پیدا می‌کند، با دارا بودن چگالی معادل $11/34 \text{ gr/cm}^3$ ، پایین‌تر از عناصری همچون تنگستن با چگالی $19/30 \text{ gr/cm}^3$ قرار دارد. انتخاب یک فلز برای حفاظ‌سازی در این محدوده گسترده انرژی ناممکن به نظر می‌رسد. با این حال، استفاده از حفاظ‌های ترکیبی می‌تواند استفاده از سرب را کاهش داده که تا حد قابل توجهی وزن حفاظ‌ها را نیز کاهش می‌دهد [۷].

در این تحقیق، آثار سوء اشعه گاما بر روی کارکنان بخش‌های پزشکی هسته‌ای در زمان استفاده از حفاظ‌های ترکیبی و حفاظ‌های سربی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. ترکیب فلزات بر اساس مطالعات صورت گرفته در سال ۲۰۱۱ توسط آقامیری و همکاران، انتخاب شد. آقامیری و همکاران با استفاده از نرم‌افزار مونت کارلو نشان دادند که فلزات قلع و تنگستن مقاومت و استحکام بهتری نسبت به باریوم و بیسموت و سرب دارند. از آنجایی که، چگالی ترکیب فلزی نیز بایستی کم‌تر از چگالی سرب باشد، با افزایش و کاهش ترکیب فلزات و مقایسه چگالی‌ها، سرانجام به ترکیب ۴۵٪ تنگستن و ۵۵٪ قلع، که بهترین درصد ترکیبی بود، دست یافتند [۱۲].

در مطالعه‌ای که توسط مزدارانی و همکاران بر روی نفوسیت‌های ۵۱ فرد پرتوکار پزشکی هسته‌ای انجام شد، مشخص شد که بین میزان دوز دریافتی و انحرافات کروموزمی رابطه خطی وجود دارد [۱۳]. از این رو، آثار بیولوژیکی پرتو گاما 140 Kev در زمان‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه و در فواصل مکانی ۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر با لوله‌های هپارینه حاوی سلول‌های خونی در سه حالت با استفاده و بدون استفاده از حفاظ سربی و یک حفاظ فاقد سرب (ترکیبی از قلع و تنگستن) به روش کامت با هم مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

تولید حفاظ ترکیبی قلع و تنگستن. در این مطالعه، از پودر فلزات تنگستن و قلع برای ساختن یک حفاظ انعطاف‌پذیر، استفاده شد. برای این منظور، پودر فلزات در یک ماده زمینه‌ای منعطف و دارای مقاومت فیزیکی بالا که مانند داربست عمل می‌کند، پراکنده شد. تنگستن به دلیل دارا بودن چگالی بیش‌تر نسبت به سرب می‌تواند نقش مهمی در ایجاد حفاظت همراه با انعطاف‌پذیری بیش‌تر حفاظ ایفا کند. ابتدا پودرهای قلع، تنگستن، $\text{Polyvinyl Emulsion (EPVC)}$ Chloride (پودر قلع ۸۸ گرم - پودر تنگستن ۷۲ گرم - EPVC ۲۴ گرم - $\text{DOP (Diocetyl Phthalate)}$ ۲۰ گرم) وزن کرده و سپس DOP را به عنوان نرم‌کننده که حالت روغنی دارد

حفاظتی برای بیماران و پرسنل می‌باشند تا آثار سوء پرتوها را کاهش دهند [۵]. استفاده صحیح از وسایل حفاظت فردی از جمله روپوش‌ها و حفاظ‌های انعطاف‌پذیر و رعایت مقررات حفاظت در برابر پرتوها می‌تواند تا حد زیادی اثرات و آسیب‌های ناشی از آن‌ها را کاهش دهد. استفاده از روپوش سربی با ضخامت $0/5$ میلی‌متر سرب در اغلب آزمون‌های رادیوگرافی معمول است و تأثیر آن‌ها در میزان پرتوگیری بسیار (apron) قابل توجه است و چنانچه این پوشش‌های حفاظتی به هر دلیلی مانند سنگینی وزن، ضخامت زیاد و انعطاف‌پذیری کم آن‌ها استفاده نشوند، می‌تواند سلامت عمومی افراد را مورد تهدید قرار دهد [۴، ۶، ۷].

با این حال، استفاده از این حفاظ‌ها نیز به دلیل ایجاد پرتوهای ایکس اختصاصی سرب در اثر برخورد پرتوهای گامای پرتوژی و ضریب جذب بالای این پرتوها در بدن مورد مناقشه است. در مواردی نیز عدم حفاظت مناسب توسط حفاظ‌ها به دلیل ترک خوردن آن‌ها، باعث پرتوگیری پرتوکاران می‌شود [۸].

در رادیولوژی، سرب همواره به عنوان یک انتخاب سنتی برای حفاظ‌گذاری (Shielding) مطرح بوده است و در ساخت حفاظ‌های اولیه (Primary protective barriers)، حفاظ‌های ثانویه (Secondary protective barriers)، پوشش‌های حفاظتی انعطاف‌پذیر کاربرد دارد [۹].

برای ساخت حفاظ‌های سربی انعطاف‌پذیر، معمولاً از موادی همچون لاستیک و پلی‌مرها یا الاستومرها (پلی‌مرهایی که دارای ویژگی کشسانی هستند) به عنوان بستری برای جای گرفتن ذرات ریز سرب استفاده می‌شود. ولی مشکلات مربوط به آن، منجر به حرکت به سمت استفاده از حفاظ‌های فاقد سرب، شده است [۱۰]. از معایب استفاده از سرب در ساخت حفاظ‌ها می‌توان به سمیت سرب، وزن زیاد حفاظ‌ها، نبود انعطاف‌پذیری کافی به خاطر زیاد بودن ضخامت حفاظ‌ها و مسایل زیست محیطی مرتبط با دفع (Disposal) سرب، اشاره کرد. مسمومیت ناشی از سرب یک معضل جهانی است. سرب عمدتاً از راه دستگاه گوارش و تنفس جذب بدن می‌شود. بر طبق اطلاعات موجود، سرب در خون، استخوان‌ها، بافت‌های نرم، مو، ناخن، ترشحات پانکراس، صفرا، معده و بزاق ذخیره می‌شود [۶]. تحمل وزن یک حفاظ سربی به وزن ۱۵ پوند ($9/8$ کیلوگرم) نیز می‌تواند فشاری معادل ۳۰۰ پوند (136 کیلوگرم) بر هر اینچ مربع از دیسک بین مهره‌ای وارد کند [۱۱].

سرب در محدوده انرژی‌های پایین به دلیل برخورداری از عدد اتمی بالا ($Z=82$) و در محدوده انرژی‌های بالاتر که نقش عدد اتمی در واپاشی کم‌تر می‌باشد و چگالی اهمیت زیادی

مطالعه، در آگارز با نقطه ذوب پایین قرار گرفته و در نهایت در لایه میانی ساندویچی از آگاروز بر روی لام میکروسکوپ قرار داده می‌شود. سپس سلول‌ها با مواد شوینده و نمک با غلظت بالا در $\text{pH}=10$ لیز شده و در شرایط قلیایی و برای مدت زمان کوتاهی الکتروفورز می‌شوند. سلول‌هایی که در آن‌ها DNA آسیب بیش‌تری دیده، پس از قرار گرفتن در یک میدان الکتریکی، به مقدار بیش‌تری به سمت آند مهاجرت می‌کنند و اشکالی را ایجاد می‌کنند که پس از رنگ‌آمیزی و مشاهده با میکروسکوپ فلئورسنت به صورت یک ستاره دنباله‌دار یا کامت دیده می‌شوند [۱۷، ۱۶]. روش‌های آنالیز شکل کامت شامل شمارش کامت‌ها بر اساس دامنه و وسعت آسیب می‌باشد. از آنجایی که این آزمون یک محصول نهایی قابل رویت را ایجاد می‌کند، شمارش کامت‌ها بر اساس ظاهر آن‌ها به شکل آسیب‌دیده، سالم و یا حتی با درجه‌بندی، امکان‌پذیر است. همچنین رابطه قابل مشاهده‌ای بین طول دنباله و دوز دریافتی‌تو دیده می‌شود. برای انجام این آزمون، به طور خلاصه، ابتدا سوسپانسیون سلولی با آگاروز با نقطه ذوب پایین (Low Melting point Agarose) (۱٪ LMA) به نسبت یک به دو مخلوط و به روی اسلایدهای پوشیده با آگاروز با نقطه ذوب نرمال (Normal Melting point Agarose) (۱٪ NMA) قرار داده شد. سپس، جهت ایجاد یک لایه سلولی، بر روی هر اسلاید یک لامل قرار داده شد و اسلایدها به مدت ۵ دقیقه درون یخچال نگهداری شدند. پس از خارج کردن اسلایدها از یخچال، لامل آن‌ها برداشته و تمامی اسلایدها به غیر از نمونه کنترل مثبت در مکانی سرد و بدون نور نگهداری شدند. برای آماده‌سازی نمونه کنترل مثبت، محلول H_2O_2 ۲۰۰ μM به مدت ۱۷ دقیقه بر روی لام مثبت ریخته شد و سپس سه بار با آب دیونیزه و هر بار به مدت ۱۵ دقیقه شسته شد. در ادامه، تمامی اسلایدها در بافر لیز سرد و تازه (۲/۵ M NaCl، ۱۰۰ mM EDTA، ۱۰ mM Tris، ۱۰ mM Tritonx-۱۰۰، NaOH ۰/۲، $\text{pH}=10$) غوطه‌ور و به مدت ۴۵ دقیقه درون یخچال قرار داده شدند. اسلایدها دو بار و به مدت ۲۰ دقیقه شسته شده و پس از آن به منظور باز شدن DNA به مدت ۴۰ دقیقه درون بافر الکتروفورز سرد و تازه (۳ M NaOH، ۱ mM EDTA، $\text{pH}>13$) و در یخچال نگهداری شدند. اسلایدها از محلول خارج و درون تانک الکتروفورز حاوی بافر قرار گرفته و به مدت ۴۵ دقیقه تحت اختلاف پتانسیل ۲۵ ولت و جریان ۳۰۰ میلی‌آمپر قرار داده شدند. در نهایت، اسلایدها به مدت ۱۰ دقیقه با آب دیونیزه شسته و پس از خشک شدن با میکروسکوپ فلئورسنت و با بزرگ‌نمایی ۴۰۰ جهت مشاهده کامت‌ها مورد ارزیابی

را به پودرها اضافه کرده و مخلوط می‌کنیم به طوری که یک خمیر یک دست به دست بیاوریم.

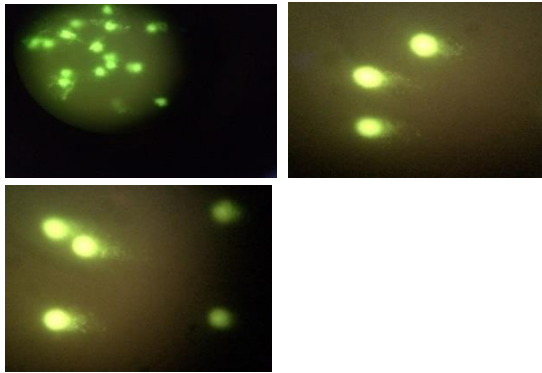
سپس ترکیب مخلوط حاصل را درون قالبی که از قبل تهیه کرده ریخته به طوری که تمامی سطح قالب را پوشانده و سپس قالب را داخل آون خلا که از قبل در دمای ۱۹۰-۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت قرار می‌دهیم تا فیلم کامپوزیتی حاصل گردد (شکل ۲ و ۳).

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی حفاظ ترکیبی قلع و تنگستن به منظور محاسبه HVL (Half Value Layer) حفاظ ترکیبی از نرم‌افزار Win_Xcom نرم‌افزاری برای اندازه‌گیری مقدار تضعیف اشعه NIST=National Institute of Standards, Technology, www.physics.nist.gov استفاده شد. عناصر به کاررفته در حفاظ را در نرم‌افزار ثبت کرده و مقدار انرژی را که در این مطالعه ۱۴۰ کیلو الکترون ولت است را انتخاب کرده سپس نرم‌افزار ضریب تضعیف جرمی را محاسبه می‌کند. چگالی حفاظ نیز با روش ارشمیدس محاسبه شد.

حفاظ ترکیبی با مقدار HVL به دست آمده از محاسبات قبل، با گایگر، دوزیمتری شده و با روش‌هایی که مقدار پرتو ورودی را به نصف مقدار اولیه آن کاهش می‌داد نیز مورد آزمایش قرار گرفت. برای این منظور، فاصله حفاظ از منبع و گایگر مقداری برابر و به اندازه ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و با روش broad مورد ارزیابی قرار گرفت.

W	→	$1/882E+00$	$36=0/67$ %
Sn	→	$7/174E-01$	$44=0/315$ %
Dop	→	$1/518E-01$	$8=0/12$ %
EPVC	→	$1/573E-01$	$12=0/018$ %
		$1/118 * 1/23 = 1/3$	$HVL = 0/693 / \mu$
			$0/693, 1/37 = 0/5 \text{ Cm}$

آزمون کامت (Comet Assay Test). در این مطالعه از تست ژل الکتروفورز تک سلول (Single-cell gel electrophoresis) که به عنوان آزمون کامت شناخته می‌شود؛ استفاده می‌شود که روشی سریع و ارزان می‌باشد (در مدت زمان کوتاهی (در طول یک روز) نتایج آزمون مشخص می‌شود) و به مواد بیولوژیکی اولیه بسیار کمی برای سنجش نیاز دارد (یک قطره خون (حاوی ۱ تا ۱۰۰۰۰ سلول) برای سنجش کافی است) [۱۵، ۱۴]. این ویژگی‌ها، آزمون کامت را به ابزاری فراگیر و مطلوب برای دانشمندان تبدیل کرده است و امکان شناسایی تفاوت‌های بین سلولی در موارد آسیب DNA و ترمیم آن را در هر نوعی از سلول‌های پستانداران که از آن سوسپانسیون سلولی تهیه و آماده شده است؛ میسر می‌سازد [۱۵، ۱۴]. در این روش سوسپانسیون سلولی مورد



شکل ۴. وجود کامت با درجات آسیب مختلف

نتایج

طبق محاسبات، مقدار لایه نیم جذب، ۵ میلی‌متر به دست آمد. نتایج بررسی HVL، چگالی، μ و μm نشان داد که چگالی به دست آمده حفاظ ترکیبی از قلع و تنگستن در مقایسه با حفاظ سربی، بسیار کم‌تر ($1/10$) بود که یکی از مزایای بسیار مهم حفاظ تولید شده محسوب می‌شود. بنابراین استفاده از آن را بسیار مطلوب‌تر می‌کند و معایب استفاده از حفاظ دارای سرب (وزن زیاد) را از مرتفع می‌کند (جدول ۱). بررسی نتایج با استفاده از (KS) نشان داد که آسیب DNA دارای توزیع متغیر نرمال است. بنابراین مقایسه میانگین این متغیرها با آزمون Ttest در هر کدام از فاصله‌های مکانی و زمانی مورد نظر، نشان داد که اختلاف معناداری میان آسیب وارده به DNA در زمان ۴۵ دقیقه و فاصله ۵ سانتی‌متر ($P < 0/042$)، زمان ۶۰ دقیقه و فاصله ۲۵ سانتی‌متر ($P < 0/025$) و زمان ۳۰ دقیقه و فاصله ۵۰ سانتی‌متر ($P < 0/006$)، در گروه‌های با استفاده و بدون استفاده از حفاظ سرب دیده شد (جدول ۲).

جدول ۱. مقایسه مشخصه‌های فیزیکی بین گروه حفاظ دارای سرب و حفاظ ترکیبی از قلع و تنگستن

مشخصه فیزیکی	حفاظ ترکیبی از قلع و تنگستن	حفاظ دارای سرب
HVL(mm)	۵	۰/۲۷
ρ (g/ml)	۱/۲۳	۱۱/۳۴
μ (cm-1)	۱/۳۷	۲۷/۱۰۲
μm	۱/۱۱۸	۲/۳۹

نتایج نشان داد که تفاوت آسیب DNA با میانگین ثابت به دست آمده از نمونه‌های کنترل (۹۴/۶۰۷) در زمان ۳۰ دقیقه و فاصله‌های ۵ و ۲۵ سانتی‌متر با استفاده از حفاظ سربی ($P > 0/05$) و فاصله ۵۰ سانتی‌متر بدون استفاده از حفاظ سربی، زمان ۴۵ دقیقه ($P > 0/05$) و فاصله‌های ۵ و ۲۵ سانتی‌متر بدون استفاده از حفاظ سربی و فاصله ۱۰۰ سانتی‌متر

گرفتند. برای هر نمونه دو اسلاید تهیه و آزمایش‌ها سه بار تکرار شده و تکرارپذیری آن‌ها مورد تأیید قرار گرفت. در هر اسلاید، از حداقل صد سلول عکس گرفته شد. عکس‌ها در نرم‌افزار comet score version 1.5 (TriTek comet score) (نرم‌افزار گذاری شده و میزان آسیب وارده به DNA مورد ارزیابی قرار گرفت). (شکل ۱ و ۴).

نحوه محاسبه میزان آسیب وارده به DNA

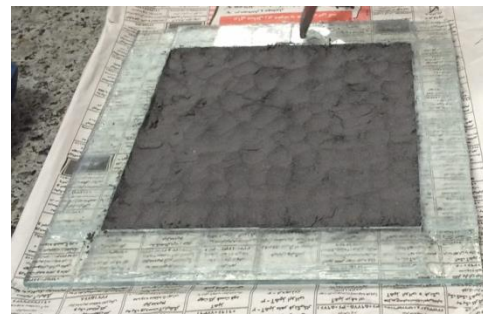
(DNA Damage) DD طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود که با توجه به میزان آسیب وارده به هسته سلول و طبقه‌بندی آن‌ها از ۰ تا ۴ درجه‌بندی می‌شود.

$$DD\% = \frac{(n1+2n2+3n3+4n4)}{(\sum/100)}$$

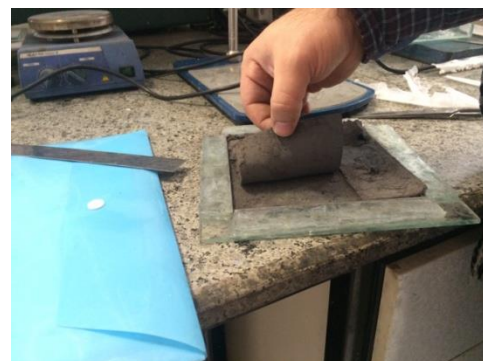
تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS Statistic version 21 IBM company, USA الگوریتم C5.0 انجام شد. بررسی نتایج با استفاده از روش محاسبه Kolmogorov-Smirnov (KS) انجام شد.



شکل ۱. لام‌های سم پلاس شده آماده پردازش روش کامت



شکل ۲. خمیر ریخته شده در قالب



شکل ۳. انعطاف پذیری حفاظ ساخته شده

سانتی متر بدون استفاده از حفاظ سربی، معنادار است ($P < 0.05$) (جدول ۲).

($P > 0.05$) با استفاده از حفاظ سربی و در نهایت، در زمان ۶۰ دقیقه و فاصله ۲۵ سانتی متر در هر دو گروه با استفاده و بدون استفاده از حفاظ سربی و در زمان ۶۰ دقیقه و فاصله ۱۰۰

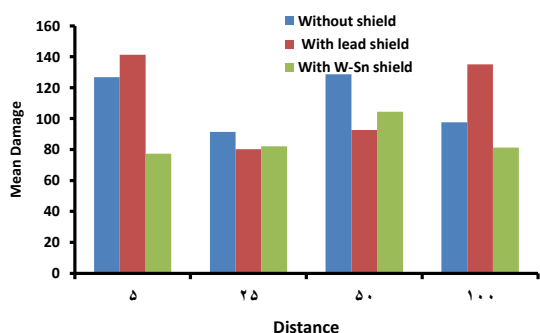
جدول ۲. مقایسه آسیب وارده به DNA میان گروه‌های با استفاده و بدون استفاده از حفاظ سربی

۱۰۰		۵۰		۲۵		۵		فاصله (cm)				
p-value	بدون استفاده از حفاظ	با استفاده از حفاظ	p-value	بدون استفاده از حفاظ	با استفاده از حفاظ	p-value	بدون استفاده از حفاظ	با استفاده از حفاظ	p-value			
NS	۱۹۱/۲۲۹۵	۱۳۵/۰۳۴۶	NS	۱۲۸/۵۹۴۰	۹۲/۶۲۴	NS	۹۲/۵۴۷۴	۸۰/۳۰۳	NS	۱۲۶/۷۲۳۱	۱۴۱/۷۴۹۳	۱۵
NS	۹۷/۵۳۵۵	۱۰۳/۵۱۱۵	$P < 0.006$	۱۱۸/۰۱۴۳ €§	۹۲/۶۷۳ €	NS	۱۰۶/۰۷۵۵	۱۲۵/۷۷۳ €§	NS	۱۰۸/۴۱۶۹	۷۸/۴۳۰۵ €§	۳۰
NS	۱۲۹/۲۹۸۵ €	۱۶۰/۹۰۰۵ §	NS	۱۹۴/۶۱۲۵	۱۷۷/۰۱۷	NS	۱۶۸/۱۴۲۵ €§	۱۶۴/۴۹۵ §	$P < 0.042$	۱۸۸/۶۴۱۵ €§	۱۴۵/۲۷	۴۵
NS	۲۲۷/۱۹۲۰ €§	۲۱۲/۲۶۸۱	NS	۲۳۵/۳۵۷۰	۱۹۵/۰۳۶۱	$P < 0.025$	۱۹۱/۲۲۹۵ €§	۲۴۰/۷۹۵ §	NS	۱۶۳/۲۶۸۰	۱۹۵/۷۹۶	۶۰

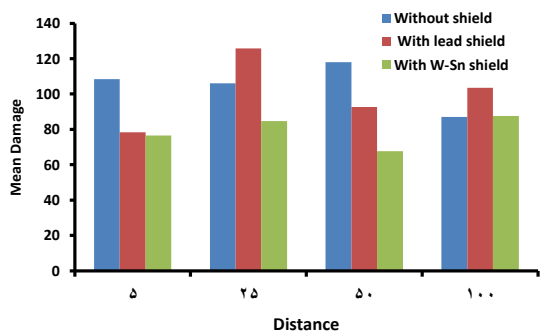
NS: اختلاف معنادار نیست.

§: اختلاف در مقایسه با کنترل (۹۴/۶۰۷) معنادار است.

€: مقایسه آسیب وارده به DNA میان گروه‌های با استفاده و بدون استفاده از حفاظ سربی با گروه حفاظ ترکیبی از قلع و تنگستن معنادار است.



شکل ۵. مقایسه آسیب وارده به DNA میان گروه‌های با استفاده و بدون استفاده از حفاظ دارای سرب و استفاده از حفاظ فاقد سرب در فواصل مکانی مختلف در مدت زمان ۱۵ دقیقه.



شکل ۶. مقایسه آسیب وارده به DNA میان گروه‌های با استفاده و بدون استفاده از حفاظ دارای سرب و استفاده از حفاظ فاقد سرب در فواصل مکانی مختلف در مدت زمان ۳۰ دقیقه.

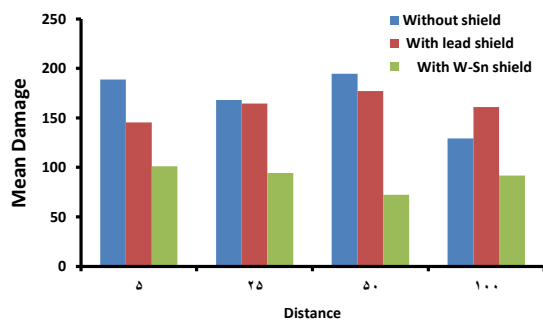
مقایسه دامنه و وسعت آسیب وارده به DNA نشان داد که اختلاف گروه‌های با استفاده و بدون استفاده از حفاظ سربی و حفاظ ترکیبی از قلع و تنگستن در زمان ۳۰ دقیقه و فاصله ۲۵ سانتی متر با استفاده از حفاظ سربی، در زمان ۳۰ دقیقه و فاصله ۵۰ سانتی متر بدون استفاده از حفاظ سربی، در زمان ۴۵ دقیقه و فاصله ۵ سانتی متر بدون استفاده از حفاظ سربی، در زمان ۴۵ دقیقه و فاصله ۲۵ سانتی متر با استفاده و بدون استفاده از حفاظ سربی، در زمان ۶۰ دقیقه و فاصله ۲۵ سانتی متر با استفاده و بدون استفاده از حفاظ سربی و در زمان ۶۰ دقیقه و فاصله ۱۰۰ سانتی متر بدون استفاده از حفاظ سربی، معنادار است (جدول ۳)، (شکل ۵ تا ۱۰).

جدول ۳. دامنه و وسعت آسیب وارده به DNA در گروه با استفاده از حفاظ ترکیبی.

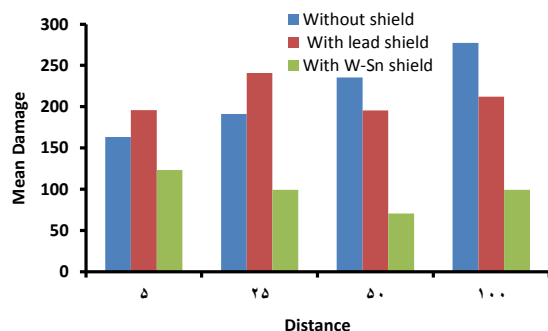
فاصله (cm)	۱۰۰	۵۰	۲۵	۵	زمان (دقیقه)
۱۵	۸۱/۳۰۸۴	۱۰۴/۴۱۱۷	۸۲	۷۷/۳۰۹۵	
۳۰	۸۷/۵	۶۷/۵۹۲۵	۸۴/۶۱۵۳	۷۶/۵۶۳۶	
۴۵	۹۱/۸۶۹۹	۷۲/۴۱۳۷	۹۴/۲۵۸۷	۱۰۱/۰۰۸	
۶۰	۹۹/۱۹۳۵	۷۰/۳۳۸۹	۹۹/۰۰۹۹	۱۲۳/۱۴۷۰	

بحث و نتیجه‌گیری

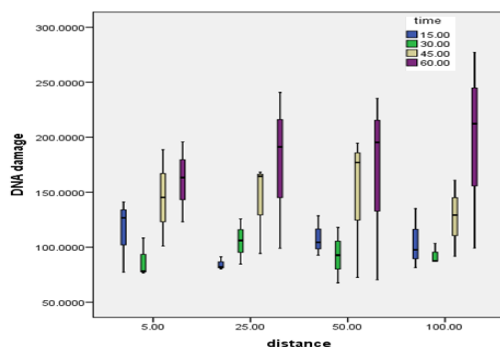
در اثر برخورد پرتو گامای با انرژی ۱۴۰ Kev به سرب با عدد اتمی ۸۲ و لبه جذب ۸۸ Kev، پرتو ثانویه نشر می‌گردد که انرژی کم‌تری نسبت به پرتو اولیه دارد؛ اما می‌تواند توسط بدن جذب شود و آثار سوء بیولوژیکی دو چندانی را ایجاد کند. از این رو، بسیاری از پرسنل بخش‌های پزشکی هسته‌ای به منظور افزایش سرعت کار خود و کاهش خطر آسیب ناشی از پرتوی گامای ۱۴۰ Kev از حفاظ سربی استفاده نمی‌کنند [۴]. به منظور اجتناب از آثار سوء بیولوژیکی استفاده از حفاظ‌های سربی، در این مطالعه، ترکیب اختصاصی تنگستن (۴۵٪) و قلع (۵۵٪) به عنوان حفاظ جایگزین برای حفاظ‌های سربی مورد بررسی قرار گرفت. همان‌گونه که در قسمت یافته‌ها اشاره شد، این حفاظ، بهترین حفاظت را در برابر پرتو ایجاد کرد و میزان آسیب وارده به DNA را به حداقل رساند. آقامیری و همکاران در سال ۲۰۱۱، تنها دوزیمتری فیزیکی این حفاظ ترکیبی را مورد بررسی قرار داده بودند [۱۲]. از این رو، در این مطالعه، آثار بیولوژیکی و میزان حفاظت ایجاد شده توسط این حفاظ بررسی و ارزیابی شد. نتایج نشان داد که میانگین آسیب وارده به سلول‌های خونی در زمان استفاده از حفاظ دارای سرب بین ۷۸/۴۳۰۵ تا ۲۴۰/۷۹۵، در زمان بدون استفاده از حفاظ بین ۸۷/۰۱۹۰ تا ۲۳۵/۳۵۷۰ و در زمان استفاده از حفاظ ترکیبی بین ۶۷/۵۹۲۵ تا ۱۲۳/۱۴۷۰ بود. در زمان استفاده از حفاظ دارای ۰/۵ میلی‌متر سرب، تفاوت معناداری در کاهش آسیب وارده به سلول‌های خونی در مقایسه با سایر گروه‌ها دیده نشد. در حالی که حفاظ ترکیبی نحوه موثرتری عمل نموده است. نتایج ما تفاوت اندکی در استفاده از حفاظ دارای سرب و فاقد سرب در کاهش دوز دریافتی افراد نشان داد که قابل چشم‌پوشی است در حالی که نتایج به دست آمده توسط Tuncay نشان می‌دهد استفاده از حفاظ دارای سرب در کاهش دوز دریافتی کارمندان پزشکی هسته‌ای موثر است [۱۸]. Zuguchi و همکارانش نیز در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۸ نشان دادند که تضعیف حفاظ سربی و فاقد سرب در ولتاژ تیوب 60 ± 20 کیلوکولت تقریباً یکسان است [۱۹]. مقایسه گروه‌های با استفاده از حفاظ و بدون استفاده از حفاظ سربی از نظر میزان آسیب وارده به DNA نیز نشان داد که اختلاف اندکی بین آن‌ها وجود دارد که قابل چشم‌پوشی است. در حالی که استفاده از حفاظ ترکیبی از قلع و تنگستن، آسیب وارده به DNA را کاهش می‌دهد. همان‌گونه که پیش‌بینی می‌شد، اثر حفاظتی این حفاظ، بالا بوده و حفاظت خوبی را برای سلول‌ها در موقعیت‌های مکانی متفاوت



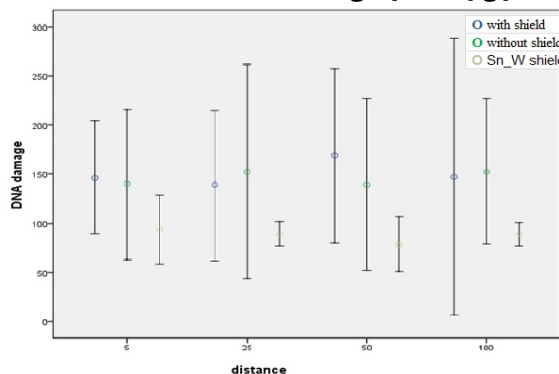
شکل ۷. مقایسه آسیب وارده به DNA میان گروه‌های با استفاده و بدون استفاده از حفاظ دارای سرب و استفاده از حفاظ فاقد سرب در فواصل مکانی مختلف در مدت زمان ۴۵ دقیقه.



شکل ۸. مقایسه آسیب وارده به DNA میان گروه‌های با استفاده و بدون استفاده از حفاظ دارای سرب و استفاده از حفاظ فاقد سرب در فواصل مکانی مختلف در مدت زمان ۶۰ دقیقه.



شکل ۹. Box plot به دست آمده از مقایسه میزان آسیب DNA در فاصله‌های مکانی مختلف در زمان‌های متفاوت در حالت با و بدون حفاظ سربی و حفاظ ترکیبی



شکل ۱۰. مقایسه آسیب وارده به DNA میان گروه‌های با استفاده و بدون استفاده از حفاظ دارای سرب و استفاده از حفاظ ترکیبی در فواصل مکانی مختلف همراه با SD

همچون سمیت، وزن زیاد و عدم انعطاف پذیری حفاظ‌های سربی، نیز اجتناب کرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان، از گروه کارکنان بیمارستان شهدای تجریش و آزمایشگاه مرکزی سلولی و مولکولی، کمال تقدیر و تشکر را دارند.

منابع

- [1] Bogen K. Reassessment of human peripheral T-lymphocyte lifespan deduced from cytogenetic and cytotoxic effects of radiation. *Int J Radiat Biol* 1993; 64: 195-204.
- [2] Shabestani Monfared A AM, John K. How can the use of radiation in nuclear medicine community's concerns to a reasonable level lowered? *Iran Nucl Med J* 2002; 19. (Persian).
- [3] Hejazi P SM. Measuring radiation, radiographers and nuclear medicine and radiopharmaceutical enters the two major positions of radiation exposure and the effect of reduction dose syringe shield. *Koomesh* 2000; 2: 117-123. (Persian).
- [4] Ghazi KM, Zokori R, Sabzevari S. Lead aprons effect of reducing the dose in nuclear medicine department staff. *Babol Med Sinsce Univ J* 2008; 10: 30-34. (Persian).
- [5] Kaewkhao J, Pokaipisit A, Limsuwan P. Study on borate glass system containing with Bi₂O₃ and BaO for gamma-rays shielding materials Comparison with PbO. *J of Nuc. Mat* 2010; 399: 38-40.
- [6] Courmoyer M. Lead substitution and elimination study. *J Radioanal Nucl Chem* 2001; 249: 397-402.
- [7] McCaffrey J, Shen H, Downton B, Mainegra-Hing E. Radiation attenuation by lead and nonlead materials used in radiation shielding garments. *Med Phys* 2007; 34: 530-537.
- [8] Steyn PF, Uhrig J. The role of protective lead clothing in reducing radiation exposure rates to personnel during equine bone scintigraphy. *Vet Radiol Ultrasound* 2005; 46: 529-532.
- [9] Christodoulou EG, Goodsitt MM, Larson SC, Darner KL, Satti J, Chan HP. Evaluation of the transmitted exposure through lead equivalent aprons used in a radiology department, including the contribution from backscatter. *Med Phys* 2003; 30: 1033-1038.
- [10] Takano Y, Okazaki K, Ono K, Kai M. Experimental and theoretical studies on radiation protective effect of a lighter non-lead protective apron. *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi* 2005; 61: 1027-1032.
- [11] Khalil TM, Abdel_Moty EM, Rosomoff HL. Back pain, Guide to prevention and Rehabilitation *Ergonomics* New York van Nostrand. 1993; 100-101.
- [12] Aghamiri M, Mortazavi S, Tayebi M, Mosleh-Shirazi M, Baharvand H, Tavakkoli-Golpayegani A, Zeinali-Rafsanjani B. A novel design for production of efficient flexible lead-free shields against X-ray Photons in Diagnostic Energy Range. *J Biomed Phys Eng* 2011; 1. (Persian).
- [13] Mozdarani Hosein, Hejazi Ashkan, Hejazi Peyman. Chromosomal aberrations in lymphocytes of individuals with chronic exposure to gamma radiation. *Archives Of Iranian Medicine* 2002; 5: 32-36.
- [14] McKelvey V, Doran K, Higgins F, Butler M, McKenna P. Decreased DNA repair capacity in APRT deficient Friend erythroleukaemia cells following H₂O₂ treatment. *Mutagenesis* 1991; 6: 441-442.
- [15] Ostling O, Johanson K. Microelectrophoretic study of radiation-induced DNA damages in individual mammalian cells. *Biochem Biophys Res Commun* 1984; 123: 291-298.
- [16] Olive PL, Banáth JP, Durand RE. Heterogeneity in radiation-induced DNA damage and repair in tumor and normal cells measured using the "comet" assay. *Radiat Res* 1990; 122: 86-94.
- [17] Olive PL, Banáth JP, Durand RE. Detection of etoposide resistance by measuring DNA damage in individual Chinese hamster cells. *J Natl Cancer Inst* 1990; 82: 779-783.

ایجادکرد (جدول ۲). میانگین آسیب وارده در گروه‌های با حفاظ ترکیبی نیز بسیار کم‌تر از گروه با استفاده از حفاظ دارای سرب بود (جدول ۳). در بررسی اثر فواصل زمانی و مکانی مختلف بر روی حفاظ ترکیبی از قلع و تنگستن، مشخص شد که افزایش فاصله اثر چشمگیری بر روی کاهش آسیب وارده به DNA ندارد زیرا اثر حفاظتی این حفاظ بسیار بالا بود در حالی که افزایش مدت زمان تابش پرتو، آسیب وارده را افزایش می‌دهد (شکل‌های ۱ تا ۴) ($P < 0.001$). در مطالعه دیگر، خلیل و همکاران نشان دادند که وزن حفاظ سربی ۹/۸ کیلوگرم است که می‌تواند فشاری معادل با ۱۳۶ کیلوگرم را بر هر اینچ مربع از مهره‌های ستون فقرات وارد کند در حالی که حفاظ تولیدی ترکیبی قلع و تنگستن، بسیار سبک بوده و چگالی‌ای معادل ۱/۲۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب را ایجاد می‌کند [۱۱]. همان‌گونه که قبلاً ذکر شد، از معایب دیگر استفاده از سرب در ساخت حفاظ سربی، این است که سرب از طریق دستگاه گوارش و تنفس جذب بدن می‌شود و به شدت سمی است [۶]. در حالی که تنگستن و قلع مورد استفاده در تولید این حفاظ فاقد اثرات سمی هستند و می‌توانند به عنوان جایگزینی برای ساخت حفاظ‌های موثر در برابر پرتوها مورد استفاده قرار بگیرند. در پژوهشی که در سال ۲۰۱۷ توسط امینیان و همکاران صورت گرفت مقایسه بین حفاظ کامپوزیتی عاری از سرب و حفاظ سربی انجام شد نشان داده شده که حفاظ کامپوزیتی ترکیبی استات سرب و PVA اثر حفاظتی ایجاد نکرده است و متغیر زمان و مکان و نوع شیلد معنادار نبوده است در حالی که در مطالعه انجام شده حفاظ ترکیبی قلع و تنگستن اثر حفاظتی مطلوبی داشته است [۲۰].

از جمله کاستی‌های تحقیق می‌توان به تنظیم کردن روش کامت اشاره کرد. روش کامت روش فوق‌العاده حساس است که کوچک‌ترین تغییر در یکی از متغیرها در داده‌ها بزرگ‌ترین تغییر را ایجاد می‌کند و با تکرارهای بسیار این کاستی پژوهش رفع شد.

در مجموع، حفاظ ترکیبی از قلع و تنگستن، در فواصل مکانی مختلف، حفاظت بالایی را برای سلول‌ها ایجاد می‌کند. در واقع، فاصله اثر قابل توجهی بر روی میزان حفاظت ایجاد نمی‌کند زیرا اثر حفاظتی این حفاظ بسیار بالا می‌باشد. اما افزایش زمان پرتوگیری، میزان آسیب وارده به سلول را افزایش می‌دهد. با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه، می‌توان از حفاظ ترکیبی از قلع و تنگستن به عنوان جایگزینی مناسب برای حفاظ سربی در برابر پرتوها استفاده کرد تا در عین حالی که از مزایایی چون ایجاد حفاظت بیولوژیکی مناسب برای سلول‌ها بهره‌مند می‌شویم؛ از معایب استفاده از سرب

[20] Aminian M, Bakhshandeh M, Allahbakhshian-Farsani M, Bakhshandeh E, Shakeri N. Comparison of the protection performance in a composite shield and a lead standard shield in terms of biological effects in nuclear medicine. Iran J Nucl Med 2017; 25: 129-135. (Persian).

[18] Bayram T, Yilmaz AH, Demir M, Sonmez B. Radiation dose to technologists per nuclear medicine examination and estimation of annual dose. J Nucl Med Technol 2011; 39: 55-59.

[19] Zuguchi M, Chida K, Taura M, Inaba Y, Ebata A, Yamada S. Usefulness of non-lead aprons in radiation protection for physicians performing interventional procedures. Radiat Prot Dosimetry 2008; 131: 531-534.

Review and performance comparison of lead-free shields and lead shields, in terms of biological effects in nuclear medicine by the comet method

MohsenBakhshandeh(Ph.D)^{*1}, Masoomeh Barzegar Ziarani (M.Sc)¹, MehdiollahBakhshian Farsani(Ph.D)², EhsanBakhshandeh(Ph.D)³, NozhatShakeri (Ph.D)⁴

1 - Radiology and Radiotherapy Depat., Para Medical Faculty, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2 - Dept. of Hematology and Blood Banking, Faculty of Allied Medicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran 3 – Dept. of Polymer Processing, Iran Polymer and Petrochemical Institute, Tehran, Iran

4 – Dept. of Biostatistics, Faculty of Paramedical Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

* Corresponding author. +98 2122711113mbakhshandeh@sbmu.ac.ir

Received: 8 Jun 2017; Accepted: 16 Apr 2018

Introduction: Ionizing radiation can cause DNA damage that is very important biological molecule. Using of lead aprons by nuclear medicine stuff to decrease the harmful effect of the creation of special lead X-rays derived from high-energy gamma ray collisions and the high absorption coefficient of such radiations by body, is disputed. In this way, the main purpose of this study was introducing a composite shield which is made of tin and tungsten to avoid of drawbacks of using lead shield and evaluate their biological protection.

Materials and Methods: Blood samples were taken from non-radiation operatives. Samples poured in heparin tubes and then, exposed to gamma radiation emitted from technetium in intended ranges of time and places; after radiation, comet assay was carried out. Data was analyzed by using IBM SPSS Modeler version 12 and C5.0 algorithm.

Results: density of composite shield was much less than lead shield and about one-tenth of its density (1.23gr/cm³). DNA damage in both groups (with and without a lead shield) is higher in comparison with the lead free group (p<0.05).

Conclusion: Time variable was effective in increasing the damage of DNA In addition, difference between the type of shield variable (lead or lead-free) and distance was not effective in increasing the DNA damage.

Keywords: Nuclear Medicine; Composite shield; Comet assay, Technetium Radiation Protection.