

ارزیابی دز پرتوگیری اندام‌های محیطی پزشک در آنژیوگرافی بیماران مبتلا به آنوریسم مغزی

شهرزاد حیدری^۱ و علیرضا آزادبر^{۱*}

^۱گروه مهندسی پرتوپزشکی، دانشکده فنی مهندسی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.
^{*}گیلان، لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، دانشکده فنی مهندسی، گروه مهندسی پرتوپزشکی، کدپستی: ۴۴۱۶۹-۳۹۵۱۵.

پست الکترونیکی: al.azadbar@iau.ac.ir

چکیده

این پژوهش با هدف اندازه‌گیری دز تجمعی پرتو دریافتی پزشک در اندام‌های محیطی (دست‌ها و پاها) حین انجام آنژیوگرافی بیماران مبتلا به آنوریسم مغزی انجام شد. مطالعه به صورت میدانی-مقطعی طی بهمن ۱۴۰۳ تا خرداد ۱۴۰۴ در بیمارستان امام حسین (ع) تهران بر روی ۱۵ بیمار متوالی صورت گرفت. برای ثبت دز جذبی از دزیمترهای ترمولومینسانس GR-۲۰۰ در چهار ناحیه اندام‌های محیطی استفاده و هم‌زمان پارامترهای فنی دستگاه شامل DAP، mAs، kVp و زمان فلوروسکوپی ثبت گردید. نتایج نشان داد بیشترین پرتوگیری مربوط به دست چپ پزشک (میانگین $۷۹/۳۴ \pm ۵/۳ \mu\text{Sv}$ ؛ حداکثر $۱۴۲ \mu\text{Sv}$) و کمترین میزان مربوط به دست راست (میانگین $۱۸/۰ \pm ۷/۸ \mu\text{Sv}$) بود. توزیع دز جذبی از بیشترین به کمترین به ترتیب شامل دست چپ، پای چپ، پای راست و دست راست گزارش شد. تحلیل آماری بیانگر همبستگی بسیار قوی و معنادار بین زمان فلوروسکوپی و دز کل ($r = ۱/۰$ ، $p < ۰/۰۰۱$) و نیز ارتباط مثبت بین شاخص DAP و میزان پرتوگیری بود. پرتوهای یونیزان با وجود نقش حیاتی در تشخیص و درمان، در مواجهه تجمعی شغلی می‌توانند خطرات دیررس مانند سرطان، آب‌مروارید و آسیب‌های ژنتیکی ایجاد کنند. پزشکان آنژیوگرافی به دلیل نزدیکی به میدان تابش در معرض بالاترین خطر هستند. یافته‌ها بر ضرورت رعایت اصل ALARA، استفاده صحیح از تجهیزات حفاظتی، مدیریت زمان تابش، آموزش مستمر و استاندارد سازی پروتکل‌ها برای کاهش مواجهه پرتویی و ارتقای ایمنی شغلی تأکید دارد. محدودیت این مطالعه انجام بر روی یک پزشک و تعداد محدود عمل‌ها بود و تعمیم نتایج نیازمند بررسی‌های گسترده‌تر است.

کلیدواژگان: پرتوگیری شغلی، آنژیوگرافی مغزی، آنوریسم مغزی، دزیمتری ترمولومینسانس، اندام‌های محیطی پزشک.

۱. مقدمه

آنوریسم مغزی یکی از مهم‌ترین و پرخطرترین اختلالات عروقی مغز به شمار می‌رود که می‌تواند با خونریزی داخل جمجمه، سکته مغزی و پیامدهای عصبی جدی همراه باشد [۲، ۱]. این ضایعه به صورت گشادشدگی غیرطبیعی دیواره عروق تعریف می‌شود و بیشترین شیوع آن در محل‌های انشعاب عروقی، به‌ویژه حلقه ویلیس، گزارش شده است. از عوامل مستعدکننده بروز آن می‌توان به زمینه ژنتیکی، پرفشاری خون و مصرف دخانیات اشاره کرد [۳].

آنژیوگرافی مغزی به عنوان روش مرجع در تصویربرداری از عروق مغز، نقش تعیین‌کننده‌ای در تشخیص و درمان بیماران

گردید تا الگوی پرتوگیری و عوامل مؤثر بر آن تحلیل و بررسی شوند.

۲. مواد و روش‌ها

این مطالعه میدانی-مقطعی در بخش آنژیوگرافی مغز و اعصاب بیمارستان امام حسین (ع) تهران، طی بهمن ۱۴۰۳ تا خرداد ۱۴۰۴ انجام شد. هدف پژوهش، سنجش دز تجمعی پرتوگیری شغلی پزشک در حین انجام مداخلات آنژیوگرافی مغزی بیماران مبتلا به آنوریسم مغزی بود. در این مطالعه، دز پوست ورودی و دز جذبی اندام‌های پزشک با استفاده از تراشه‌های دزیمتر ترمولومینسانس GR-۲۰۰ اندازه‌گیری گردید. شرکت‌کننده شامل یک پزشک متخصص مغز و اعصاب بود که به‌صورت هدفمند انتخاب شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها به‌صورت جداگانه برای هر عمل انجام و نتایج بر اساس هر عمل آنوریسم مورد تحلیل قرار گرفت. اندازه‌گیری‌ها برای ۱۵ عمل آنژیوگرافی بیماران مبتلا به آنوریسم مغزی انجام شد. در هر عمل، مجموعاً ۱۴ دزیمتر ترمولومینسانس GR-۲۰۰ مورد استفاده قرار گرفت که ۱۲ عدد آن در قالب چهار نگهدارنده پلاستیکی (هر نگهدارنده پلاستیکی شامل سه دزیمتر) بر روی چهار ناحیه از بدن پزشک شامل مچ دست راست، مچ دست چپ، مچ پای راست و مچ پای چپ نصب گردید. دو دزیمتر دیگر نیز در قالب یک نگهدارنده پلاستیکی مجزا به‌عنوان دز زمینه در اتاق استراحت کارکنان قرار داده شد تا اثر پرتو محیطی از دز واقعی تفکیک شود. برای هر عمل، اطلاعات جمعیت‌شناختی بیماران (سن و جنسیت) و پارامترهای فنی دستگاه شامل kVp، mAs، DAP، تعداد نماها، مدت‌زمان فلوروسکوپ و فاصله لوله پرتو ایکس تا پزشک ثبت شد. همچنین نحوه استفاده از تجهیزات حفاظتی از جمله پیش‌بند سربی، یقه محافظ تیروئید و عینک سربی مستند گردید.

مبتلا به آنوریسم دارد. با این حال، حضور مستقیم پزشک در مجاورت منبع پرتو و بیمار موجب افزایش مواجهه‌ی شغلی با پرتوهای پراکنده می‌شود [۴-۶]. بررسی‌ها نشان داده‌اند که در مداخلات عروقی مغزی، میزان دز جذبی دریافتی پزشک ارتباط مستقیمی با زمان فلوروسکوپ و شاخص حاصل ضرب دز در مساحت میدان تابش (Dose Area Product; DAP) دارد و اندام‌های فوقانی معمولاً بیشترین دز را دریافت می‌کنند [۷، ۸]. افزایش حجم مداخلات آنژیوگرافی در سراسر جهان و کشور ما، اهمیت رعایت اصول حفاظت پرتویی را دوچندان ساخته است. مطالعات داخلی و خارجی نشان داده‌اند که اپراتورهای بخش‌های مداخله‌ای در معرض سطوح قابل‌توجهی از تابش هستند که می‌تواند خطر بروز اثرات دیررس مانند آب‌مروارید، تغییرات ژنتیکی و سرطان پوست را افزایش دهد [۷، ۹، ۱۰]. از این‌رو، استفاده از تجهیزات حفاظتی نظیر پیش‌بند و یقه سربی، شیلدهای متحرک، و نیز بهینه‌سازی پارامترهای فنی دستگاه شامل کاهش زمان تابش، انتخاب مناسب بیشینه ولتاژ لوله پرتو ایکس (kVp) و حاصل ضرب جریان لوله در زمان تابش (mAs)، از ارکان اساسی ایمنی در این محیط‌ها محسوب می‌شود [۱۱، ۱۲].

در ایران نیز با توجه به رشد روزافزون مداخلات آنژیوگرافی و محدودیت امکانات حفاظتی در برخی مراکز، انجام مطالعات دقیق در زمینه پایش دز شغلی پرسنل پزشکی ضروری است. در سال‌های اخیر، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که رعایت پروتکل‌های استاندارد حفاظت پرتویی و آموزش مستمر می‌تواند تا بیش از ۵۰ درصد از میزان پرتوگیری شغلی بکاهد [۱۳-۱۵]. بنابراین مطالعه حاضر با هدف اندازه‌گیری دقیق میزان پرتوگیری شغلی پزشک متخصص مغز و اعصاب در حین انجام ۱۵ عمل آنژیوگرافی بیماران مبتلا به آنوریسم مغزی انجام شد. در این مطالعه، از دزیمترهای ترمولومینسانس نوع GR-۲۰۰ برای سنجش دز جذبی اندام‌های محیطی (دست‌ها و پاها) استفاده

ضرایب کالیبراسیون و ضرایب تصحیح عنصری (ECC) تعیین شوند. این مراحل به منظور یکنواخت‌سازی پاسخ دزیمترها و افزایش دقت در محاسبه دز جذبی انجام شد.

برای محاسبه ضرایب تصحیح عنصری (ECC)، تمامی دزیمترها ابتدا تحت پرتودهی توسط دستگاه رادیولوژی قرار گرفته و سپس توسط سیستم قرائت‌گر خوانده شدند. پس از ارزیابی و مقایسه پاسخ هر دزیمتر، میانگین مقادیر به دست آمده محاسبه شد و نسبت پاسخ میانگین دزیمترها به پاسخ یک دزیمتر مرجع، به عنوان ضریب تصحیح عنصری (ECC) تعیین گردید.

در مراحل بعدی قرائت، نتایج هر دزیمتر در ضریب ECC متناظر خود ضرب شد تا تأثیر ناهمگونی طبیعی بین تراشه‌ها برطرف شود و پاسخ‌ها یکنواخت‌سازی شوند. به منظور کالیبراسیون، دزیمترها به صورت سه تایی در میدان تابش ایکس با ابعاد ۱۵×۱۵ سانتی متر و در فاصله ۱۰۰ سانتی متر از منبع پرتو قرار داده شدند.

داده‌های قرائت‌شده بر حسب نانوکولن (nC) در محور افقی و دز تابشی بر حسب میلی‌گری (mGy) در محور عمودی ترسیم گردید و منحنی‌های کالیبراسیون حاصل شدند که مبنای تعیین ضرایب تبدیل بودند.

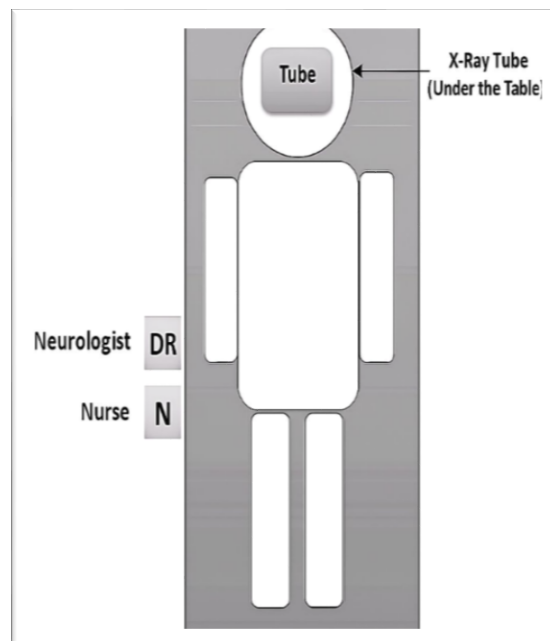
محاسبه دز ورودی پوست با استفاده از رابطه (۱) انجام گرفت [۱۶، ۱۷]:

$$\text{Dose(mSv)} = \text{TL}_{\text{net}} \times \text{CF(mSv/nc)} \times \text{RL}_0 / \text{RL} \quad (1)$$

در این رابطه، TL_{net} نشان‌دهنده سیگنال خالص ترمولومینسانس هر دزیمتر است که پس از کسر میانگین سیگنال پس‌زمینه از مقدار خام و اعمال ضریب تصحیح عنصری (ECC) به دست می‌آید. CF ضریب کالیبراسیون استخراج شده از منحنی کالیبراسیون محاسبه شد. همچنین نسبت RL_0 / RL برای جبران تغییرات احتمالی در حساسیت دستگاه قرائت‌گر در بازه‌های زمانی مختلف در نظر گرفته شد.

شکل ۱ موقعیت نسبی پزشک و لوله پرتو ایکس را نشان می‌دهد. همان‌طور که در تصویر مشخص است، لوله اشعه ایکس در تمامی مراحل زیر تخت بیمار قرار داشت.

شکل (۱): موقعیت قرارگیری پزشک در ارتباط با لوله پرتو ایکس و تخت بیمار در حین انجام آنژیوگرافی. در تمامی عمل‌ها، پزشک در سمت راست بیمار و لوله پرتو ایکس در وضعیت زیرمیزی قرار داشت.



دزیمترهای مورد استفاده در این پژوهش از نوع قرص‌های ترمولومینسانس GR-۲۰۰ (LiF:Mg,Cu,P) با قطر حدود ۴/۵ میلی‌متر و ضخامت ۰/۹ میلی‌متر بودند. این دزیمترها به دلیل برخورداری از حساسیت بالا، پایداری حرارتی مطلوب و تکرارپذیری مناسب، یکی از گزینه‌های رایج در سنجش دز پرتو در کاربردهای فردی و محیطی محسوب می‌شوند [۱۶]. به منظور حذف هرگونه اثر باقیمانده از پرتودهی‌های قبلی، تمامی دزیمترها پیش از استفاده در مرحله بازپخت حرارتی (آنیلینگ) قرار گرفتند؛ بدین ترتیب که در دمای ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه حرارت داده شدند. در ادامه، بخشی از دزیمترها در میدان پرتو گامای استاندارد سازمان انرژی اتمی ایران با دز مرجع ۵ mSv پرتودهی گردیدند تا

به منظور برآورد عدم قطعیت اندازه‌گیری دز، در هر یک از چهار ناحیه شامل مچ دست راست، مچ دست چپ، مچ پای راست و مچ پای چپ، سه دزیمتر به صورت هم‌زمان مورد استفاده قرار گرفت. مقدار دز هر ناحیه به صورت میانگین سه دزیمتر گزارش شد و میزان پراکندگی بین آن‌ها به عنوان مبنای برآورد عدم قطعیت در نظر گرفته شد. براین اساس عدم قطعیت گسترش یافته برای بیماران آنوریسم مغزی به ترتیب برای مچ دست راست $15/62 \mu\text{Sv}$ (۳/۰۹٪)، مچ دست چپ $27/47 \mu\text{Sv}$ (۱/۲۳٪)، مچ پای راست $28/53 \mu\text{Sv}$ (۹/۲۳٪) و مچ پای چپ $26/24 \mu\text{Sv}$ (۴/۱۰٪) برآورد گردید و در تفسیر نتایج لحاظ شد.

برای قرائت دزیمترها از دستگاه قرائت‌گر دزیمتر Harshaw مدل ۵۵۰۰ ساخت شرکت Thermo Scientific، ایالات متحده آمریکا استفاده شد. دستگاه آنژیوگرافی به کاررفته در این مطالعه M۲۰ Philips Azurion ساخت سال‌های (۲۰۱۹/۲۰۲۰) بود که از نوع لوله پرتو ایکس زیرمیزی است. سامانه فیلتراسیون پرتو در این دستگاه به صورت خودکار عمل کرده و متناسب با نوع و حالت تصویربرداری، ضخامت فیلتر را در محدوده ۲ تا $3/5$ میلی‌متر آلومینیوم تنظیم می‌کند. تنظیم مقادیر ولتاژ و جریان لوله پرتو ایکس نیز توسط سیستم کنترل خودکار نوردهی (AEC) انجام می‌گرفت. در تمامی مراحل تصویربرداری، نرخ تصویربرداری دستگاه ثابت و برابر با ۱۵ تصویر بر ثانیه بود. در طول اجرای کلیه عمل‌ها، پارامترهای پرتوی از جمله DAP بر حسب $\text{mGy}\cdot\text{m}^2$ ، مدت زمان فلوروسکوپی، تعداد نماها و فاصله لوله پرتو ایکس تا موقعیت پزشک به صورت دقیق ثبت شدند. علاوه بر این، وضعیت ایستادن پزشک، جهت تابش و شرایط پرتودهی در هر عمل تحت پایش مستمر قرار گرفت تا یکنواختی، دقت و صحت نتایج اندازه‌گیری‌ها تضمین شود.

پس از اتمام تمامی ۱۵ عمل، نگهدارنده‌های پلاستیکی از بدن پزشک جدا و دزیمترها با استفاده از دستگاه قرائت‌گر دزیمتر Harshaw خوانده شدند. داده‌های مربوط به دز دریافتی در هر ناحیه از بدن پزشک ثبت و وارد نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ گردید تا تحلیل‌های آماری انجام شود. برای مقایسه دز در نواحی مختلف بدن، در صورت نرمال بودن داده‌ها از آزمون تی زوجی استفاده شد. همچنین ارتباط بین دز اندام‌ها و پارامترهای فنی دستگاه با آزمون همبستگی پیرسون بررسی گردید و مقادیر p کمتر از ۰/۰۵ معنادار تلقی شد. این مطالعه پس از دریافت کد اخلاق به شماره IR.IAU.LIAU.REC.۱۴۰۳.۱۰۵ تأیید و رضایت آگاهانه اخذ گردید.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. سنجش پرتوگیری شغلی پزشک در حین انجام آنژیوگرافی بیماران مبتلا به آنوریسم مغزی

از میان ۱۵ اندازه‌گیری انجام‌شده در این مطالعه، بیشترین دز دریافتی در مچ دست چپ ($3/34 \pm 79/5 \mu\text{Sv}$) و کمترین دز در مچ پای راست ($4/7 \pm 11/0 \mu\text{Sv}$) ثبت شد. این الگو با توجه به موقعیت قرارگیری پزشک در سمت راست بیمار و نزدیکی اندام‌های سمت چپ به مسیر پرتوهای پراکنده قابل‌توجه است. جدول ۱ ویژگی‌های مربوط به عمل آنژیوگرافی و دز پوست ورودی در چهار نقطه مختلف بدن پزشک متخصص مغز و اعصاب را نشان می‌دهد.

تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از آزمون تی زوجی نشان داد که تفاوت دز بین اندام‌های مختلف از نظر آماری معنادار است ($p < 0/01$) این یافته نشان می‌دهد که اختلاف مشاهده‌شده میان اندام‌ها صرفاً ناشی از نوسانات تصادفی نبوده است.

لازم به ذکر است که در تمامی ۱۵ عمل مورد بررسی، پزشک از پیش‌بند سربی، یقه محافظ تیروئید و عینک حفاظتی استفاده می‌کرد، اما در هیچ‌یک از مداخلات از دستکش سربی استفاده نشد. عدم استفاده از دستکش سربی می‌تواند یکی از عوامل مؤثر در افزایش دوز دریافتی اندام‌های فوقانی، به‌ویژه دست نزدیک‌تر به میدان تابش، باشد و در تفسیر اختلاف معنادار دز بین دو دست نقش مؤثری داشته باشد.

۳.۲. بررسی هم‌بستگی بین دز جذبی پزشک و شاخص‌های مرتبط دستگاه

به‌منظور ارزیابی ارتباط بین دز جذبی کل پزشک و شاخص‌های مرتبط با عملکرد دستگاه، تحلیل همبستگی خطی پیرسون انجام شد. نتایج نشان داد که میزان و نوع ارتباط بین متغیرها یکنواخت نبوده و از همبستگی بسیار قوی تا روابط ضعیف و فاقد معناداری آماری متغیر بوده است.

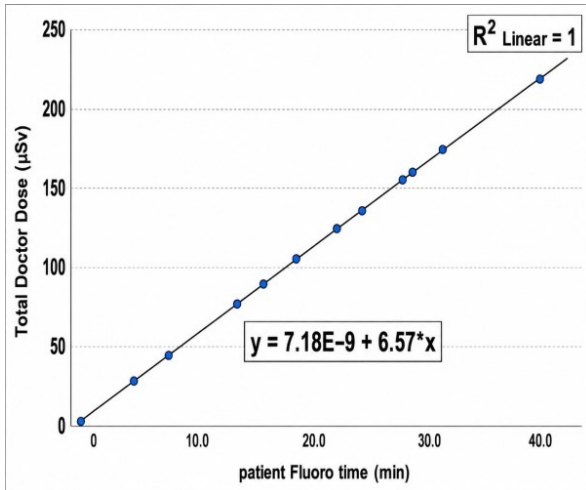
جدول (۱): ارزیابی توصیفی پرتوگیری (دوز جذبی) اندام‌های پزشک در آنژیوگرافی بیماران آنوریسم مغزی و شاخص‌های مرتبط.

آنوریسم مغزی					پارامترهای فنی دستگاه
میانگین	انحراف معیار	میان	کمینه	بیشینه	
۵۱/۷۰	۲۳/۲	۴۴/۰۰	۲۰/۰۰	۱۰۲/۰۰	تعداد کل مشاهده
۵۵/۷۰	۱۸/۷	۶۱/۹۰	۲۶/۹۰	۸۱/۳۰	میانگین mAs
۷۲/۹۰	۲/۶	۷۲/۷۰	۶۹/۱۰	۷۸/۰۰	میانگین KVP
۲۴۸/۳۰	۱۱۵/۶۰	۲۷۰/۰	۶۶/۳۰	۴۶۸/۰۰	DAP کل ($Gy.cm^2$)
۷۰/۰۰	۰/۰۰	۷۰/۰۰	۷۰/۰۰	۷۰/۰۰	فاصله بین لوله و اپراتور
۲۰/۰۰	۸/۶۰	۲۱/۱۰	۳/۷۰	۳۵/۷۰	زمان فلوروسکوپي بیمار (دقیقه)
۱۸/۰۰	۷/۸۰	۱۹/۰۰	۳/۳۰	۳۲/۱۰	دست راست (μSv)
۷۹/۵۰	۳۴/۳۰	۸۴/۰۰	۱۴/۷۰	۱۴۲/۰۰	دست چپ (μSv)
۱۱/۰۰	۴/۷۰	۱۱/۶۰	۲/۰۰	۱۹/۷۰	پا راست (μSv)
۲۲/۷۰	۹/۸۰	۲۴/۰۰	۴/۲۰	۴۰/۶۰	پا چپ (μSv)
۱۳۱/۲۰	۵۶/۵۰	۱۳۸/۶۰	۲۴/۳۰	۲۳۴/۵۰	سهام دز کل بدن پزشک (μSv)

در بررسی ارتباط بین دز دریافتی پزشک و شاخص DAP، رابطه‌ای مثبت و از نظر آماری معنادار مشاهده شد ($R^2 = ۰/۳۴۷$, $P = ۰/۰۲۱$, $r = ۰/۵۸۹$). این مقدار نشان می‌دهد که حدود ۳۵ درصد از تغییرات دز پزشک توسط تغییرات DAP قابل تبیین است. همان‌گونه که در شکل ۲a مشاهده می‌شود، با افزایش DAP، روند افزایشی در دز پزشک نیز دیده می‌شود، اگرچه رابطه مثبت و معنادار است، اما پراکندگی نقاط در اطراف خط رگرسیون نشان می‌دهد که DAP به‌تنهایی تبیین‌کننده کامل تغییرات دز پزشک نیست و عوامل دیگری نیز در این میان نقش دارند. از دیدگاه فیزیک پرتو، این یافته قابل انتظار است؛ زیرا افزایش DAP به معنای افزایش

انرژی کل تابشی در میدان بوده و در نتیجه احتمال افزایش پرتوهای پراکنده و مواجهه پزشک نیز بیشتر می‌شود. علاوه بر این، شیب مثبت خط رگرسیون در شکل ۲a نشان‌دهنده جهت مستقیم رابطه بین دو متغیر است و مقدار $r = ۰/۵۸۹$ بیانگر یک همبستگی با شدت متوسط است. از آن‌جا که مقدار P کمتر از $۰/۰۵$ به‌دست آمده، می‌توان این ارتباط را از نظر آماری معنادار دانست. با این حال، مقدار R^2 نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی (حدود ۶۵ درصد) از تغییرات دز پزشک توسط عوامل دیگری غیر از DAP توضیح داده می‌شود که می‌تواند شامل مدت زمان تابش، فاصله پزشک از منبع یا شرایط تکنیکی دستگاه باشد.

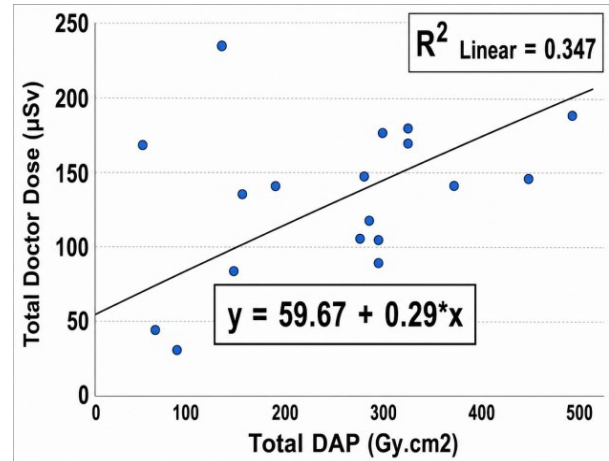
نشان‌دهنده معناداری آماری بسیار بالای این رابطه است. با این وجود، مشاهده همبستگی کامل در مطالعات تجربی کمتر رخ می‌دهد و این موضوع می‌تواند ناشی از وابستگی ساختاری یا محاسباتی بین دو متغیر باشد؛ بنابراین تفسیر این نتیجه باید با دقت و احتیاط انجام شود.



شکل (۲b): نمودار پراکندگی رابطه بین دز کل پزشک (μSv) و زمان فلوروسکوپی بیمار (دقیقه) به همراه خط رگرسیون خطی نشان می‌دهد.

همبستگی خطی بسیار قوی و معنادار بین دو متغیر مشاهده شد ($r = 1/00$, $P < 0/001$, $R^2 = 1/000$). هم‌راستایی تقریباً کامل نقاط با خط رگرسیون بیانگر آن است که در داده‌های این مطالعه، دز پزشک به‌طور مستقیم و هم‌زمان با افزایش مدت زمان تابش افزایش یافته است.

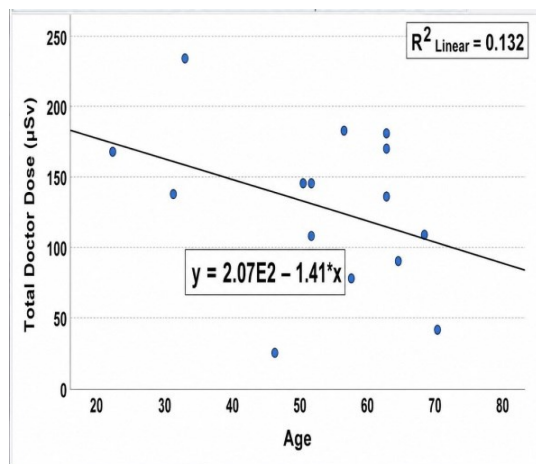
در مقابل، ارتباط بین دز پزشک و تعداد نماهای تصویربرداری ضعیف و از نظر آماری غیرمعنادار بود ($r = 0/274$, $P = 0/333$, $R^2 = 0/075$). همان‌گونه که در شکل ۲c مشاهده می‌شود، پراکندگی نقاط زیاد است و روند خطی مشخص و قدرتمندی دیده نمی‌شود. این یافته نشان می‌دهد که افزایش تعداد نماها به‌تنهایی الزاماً به افزایش دز دریافتی پزشک منجر نمی‌شود. عدم مشاهده رابطه معنادار می‌تواند ناشی از تفاوت در مدت هر تابش، شدت پرتو، تنظیمات دستگاه یا تکنیک‌های تصویربرداری باشد؛ به‌طوری که تعداد نماها به‌تنهایی شاخص دقیقی برای میزان کل انرژی تابشی محسوب نمی‌شود. همچنین در شکل ۲c، پراکندگی گسترده



شکل (۲a): نمودار پراکندگی رابطه بین دز کل پزشک (μSv) و شاخص ($\text{DAP (Gy}\cdot\text{cm}^2$) به همراه خط رگرسیون خطی نشان می‌دهد. بین دو متغیر همبستگی مثبت و از نظر آماری معنادار مشاهده شد ($r = 0/589$, $P = 0/021$, $R^2 = 0/347$) بیانگر آن است که با افزایش DAP ، دز دریافتی پزشک نیز افزایش می‌یابد. مقدار R^2 نشان می‌دهد که DAP حدود ۳۵٪ از تغییرات دز پزشک را تبیین می‌کند و بخش باقی‌مانده احتمالاً تحت تأثیر سایر عوامل مؤثر قرار دارد.

در این مطالعه، قوی‌ترین ارتباط بین دز پزشک و زمان فلوروسکوپی بیمار مشاهده شد، ($r = 1/00$, $P < 0/001$, $R^2 = 1/000$) همان‌گونه که در شکل ۲b دیده می‌شود، نقاط داده تقریباً به‌طور کامل بر روی خط رگرسیون قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده یک همبستگی خطی بسیار قوی میان این دو متغیر است. این یافته بیانگر آن است که در داده‌های این مطالعه، دز دریافتی پزشک عملاً هم‌راستا با مدت زمان تابش افزایش یافته است. با این حال، باید تأکید کرد که این همبستگی صرفاً نشان‌دهنده یک رابطه آماری در نمونه مورد بررسی است و لزوماً به معنای وجود رابطه علت و معلولی قطعی نیست. همچنین امکان وجود همخطی ساختاری بین متغیرها یا وابستگی محاسباتی آن‌ها باید در تفسیر نتایج مورد توجه قرار گیرد. همان‌طور که در شکل ۲b مشاهده می‌شود، قرارگیری تقریباً کامل نقاط بر روی خط رگرسیون و مقدار $r = 1/00$ بیانگر همبستگی خطی بسیار قوی است و مقدار P کمتر از ۰/۰۰۱ نیز

این ارتباط از نظر آماری معنادار محسوب نمی‌شود و نمی‌توان سن بیمار را به‌عنوان عامل مستقل و تعیین‌کننده در افزایش دز پزشک در نظر گرفت.

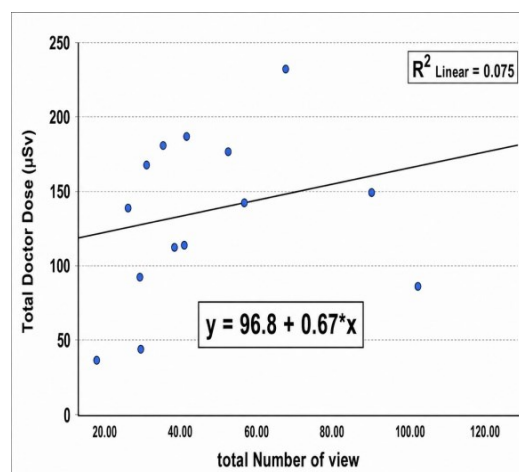


شکل (۲د): نمودار پراکندگی رابطه بین دز کل پزشک (μSv) و سن بیمار به همراه خط رگرسیون خطی نشان می‌دهد. همبستگی ضعیف و از نظر آماری غیرمعنادار وجود دارد، ($r = 0.363$, $P = 0.182$, $R^2 = 0.132$) پراکندگی قابل توجه داده‌ها پیرامون خط رگرسیون و مقدار پایین R^2 نشان می‌دهد که تنها بخش کوچکی از تغییرات دز پزشک توسط سن بیمار قابل تبیین است. این یافته بیانگر آن است که در نمونه مورد بررسی، سن بیمار به‌تنهایی پیش‌بینی‌کننده قابل اتکایی برای دز دریافتی پزشک محسوب نمی‌شود.

در مجموع، نتایج این بخش نشان می‌دهد که در میان شاخص‌های بررسی‌شده، زمان فلوروسکوپی قوی‌ترین همبستگی را با دز پزشک داشته و DAP نیز ارتباطی با شدت متوسط اما معنادار با آن نشان داده است. در مقابل، تعداد نماها و سن بیمار ارتباط معناداری با دز پزشک نداشتند.

۳.۳. بررسی پارامترهای پرتودهی و میزان پرتوگیری پزشک
یافته‌های این پژوهش نشان داد که پارامترهای پرتودهی دستگاه و میزان دز جذبی دریافتی پزشک در مداخلات آنژیوگرافی بیماران مبتلا به آنوریسم مغزی از تنوع قابل توجهی برخوردار است. میانگین شاخص مقدار دوز سطحی (DAP)

نقاط پیرامون خط رگرسیون و مقدار پایین R^2 بیانگر آن است که مدل خطی در این مورد توان توضیح‌دهندگی محدودی دارد. مقدار P بزرگ‌تر از ۰/۰۵ نیز تأیید می‌کند که این ارتباط از نظر آماری معنادار نیست و نمی‌توان وجود یک رابطه خطی قابل اتکا بین تعداد نماها و دز پزشک را تأیید کرد.



شکل (۲ع): نمودار پراکندگی رابطه بین دز کل پزشک (μSv) و تعداد نماهای تصویربرداری به همراه خط رگرسیون خطی نشان می‌دهد. همبستگی مشاهده‌شده ضعیف و از نظر آماری غیرمعنادار بود ($r = 0.274$, $P = 0.323$, $R^2 = 0.075$) پراکندگی گسترده داده‌ها و مقدار پایین R^2 بیانگر آن است که رابطه خطی قابل اتکایی بین این دو متغیر در نمونه مورد بررسی مشاهده نمی‌شود.

همچنین بین دز پزشک و سن بیماران رابطه آماری معناداری مشاهده نشد ($r = -0.363$, $P = 0.182$, $R^2 = 0.132$)، همان‌طور که در شکل ۲د مشخص است، پراکندگی نقاط زیاد بوده و روند خطی واضحی دیده نمی‌شود. این نتیجه نشان می‌دهد که در این مطالعه، سن بیمار به‌تنهایی نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان پرتوگیری پزشک نداشته و احتمالاً عوامل تکنیکی و به‌ویژه مدت زمان تابش نقش مهم‌تری در تعیین دز دریافتی پزشک ایفا می‌کنند. در شکل ۲د نیز پراکندگی داده‌ها پیرامون خط رگرسیون و مقدار نسبتاً پایین R^2 نشان‌دهنده ضعف ارتباط خطی است. هرچند مقدار r برابر با ۰/۳۶۳ - نشان دهنده یک روش کاهشی ضعیف (منفی)، اما با توجه به مقدار $P = 0.182$

($248/3 \pm 115/6$ Gy·cm²)، زمان فلوروسکوپی (دقیقه ۸/۶) و تعداد نماهای تصویربرداری نما ($23/2 \pm 51/7$) به دست آمد. دامنه این تغییرات بیانگر تفاوت در پیچیدگی ضایعات عروقی، شرایط بالینی بیماران و نحوه مدیریت پرتودهی در طول مداخله درمانی است.

مقادیر به دست آمده با گزارش های زارعی و همکاران [۱۷] و بور و همکاران [۱۸] در زمینه مداخلات عروقی مغزی هم راستا است؛ به گونه ای که در آن مطالعات نیز شاخص مقدار دوز سطحی (DAP)، در محدوده های مشابهی گزارش شده است. این همخوانی نشان می دهد که سطح پرتودهی بیماران و در نتیجه مواجهه شغلی پزشک در این مطالعه در چارچوب مقادیر متداول این نوع مداخلات قرار دارد.

از دیدگاه فیزیک پرتو، منبع اصلی دز شغلی پزشک پرتوهای پراکنده شده از بدن بیمار است؛ بنابراین هر عاملی که موجب افزایش انرژی تابشی در میدان شود، می تواند احتمال مواجهه پزشک را افزایش دهد. نتایج نشان داد که افزایش شاخص حاصل ضرب دز در سطح و طولانی تر شدن زمان فلوروسکوپی با افزایش دز دریافتی اندام های پزشک همراه است. این روند با یافته های عسگری و همکاران [۱۹] و بور و همکاران [۱۷] نیز همخوانی دارد و نقش پارامترهای پرتودهی را در تعیین میزان دز شغلی تأیید می کند. از منظر کاربردی، این نتایج بر اهمیت کنترل مدت زمان تابش و مدیریت بهینه خروجی دستگاه در کاهش مواجهه تأکید دارد.

بررسی الگوی توزیع دز در اندام های مختلف پزشک نشان داد که اندام های سمت چپ، به ویژه مچ دست و مچ پای چپ، بیشترین میزان پرتوگیری را داشته اند، در حالی که کمترین مقدار در سمت راست ثبت شد. این اختلاف با آزمون آماری مناسب بررسی و از نظر آماری معنادار تأیید شد ($p < 0/05$) تبیین این الگو را می توان در موقعیت استقرار پزشک در سمت راست بیمار

و قرارگیری لوله پرتو ایکس در وضعیت زیرمیزی دانست؛ به گونه ای که اندام های سمت چپ در معرض پراکندگی بیشتری قرار می گیرند. این یافته با گزارش شوشتری و پیرایش اسلامیان [۲۰] و نیز عسگری و همکاران [۱۹] همسو است که افزایش دز اندام های نزدیک تر به مسیر پرتوهای پراکنده را گزارش کرده اند. همچنین بررسی نسبت دز پوست ورودی به شاخص مقدار دوز سطحی (DAP) نشان داد که با افزایش بار پرتودهی، میزان دز در اندام های فاقد حفاظ به طور متناسب افزایش می یابد. این موضوع با نتایج بحرینی طوسی [۲۱] همخوانی دارد که شاخص مقدار دوز سطحی (DAP) را یکی از شاخص های عملی برای برآورد مواجهه شغلی معرفی کرده اند.

در مجموع، تحلیل پارامترهای پرتودهی در این مطالعه نشان می دهد که مواجهه شغلی پزشک حاصل اثر همزمان چند عامل شامل مدت تابش، شرایط هندسی میدان، موقعیت استقرار پزشک و نحوه استفاده از تجهیزات حفاظتی است؛ بنابراین راهبردهای کاهش دز باید بر مدیریت زمان تابش، بهینه سازی شرایط پرتودهی و اصلاح موقعیت کاری پزشک متمرکز باشند. در تکمیل این یافته ها، بررسی همزمان پارامترهای پرتودهی و دز جذبی نشان داد که شدت ارتباط میان این متغیرها در حد ضعیف تا متوسط قرار دارد؛ به گونه ای که به جز رابطه زمان فلوروسکوپی که همبستگی بسیار قوی نشان داد، سایر روابط معنادار عموماً در بازه ۰/۳ تا ۰/۶ قرار داشتند. این موضوع نشان می دهد که اگرچه پارامترهای پرتودهی نقش مهمی در تعیین دز شغلی دارند، اما به تنهایی تعیین کننده نیستند و عوامل دیگری نیز در این میان اثرگذارند. چنین الگویی می تواند ناشی از عواملی نظیر زاویه تابش، فاصله فیزیکی پزشک از بیمار، شرایط هندسی میدان و نحوه استفاده از تجهیزات حفاظتی باشد. همان گونه که وانو و همکاران [۲۲] نیز گزارش کرده اند، تغییرات در موقعیت اپراتور و شرایط هندسی میدان می تواند موجب نوسان قابل توجه

در میزان دز پراکنده شود. افزون بر این، جعفری زاده و همکاران [۲۳] بر اهمیت ثبت منظم داده‌های دزیمتری و تحلیل دز تجمعی برای ارزیابی خطرات دیررس، از جمله آسیب‌های پوستی و عدسی چشم، تأکید کرده‌اند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که پایش مستمر دز و تحلیل چندعاملی پارامترهای پرتودهی برای مدیریت مؤثر مواجهه شغلی ضروری است.

۳.۴. الگوی توزیع دز جذبی پزشک در آنژیوگرافی بیماران

آنوریسم مغزی

در این مطالعه، الگوی توزیع دز جذبی پزشک در چهار ناحیه شامل مچ دست راست، مچ دست چپ، مچ پای راست و مچ پای چپ در جریان ۱۵ مداخله آنژیوگرافی بیماران مبتلا به آنوریسم مغزی بررسی شد. نتایج نشان داد میانگین دز دریافتی بین این نواحی یکسان نبوده و مقایسه زوجی اندام‌های چپ و راست با آزمون تی زوجی نشان داد اختلاف دز بین دو سمت از نظر آماری معنادار است ($p < 0.05$). بیشترین دز به ترتیب در مچ دست چپ و مچ پای چپ ثبت شد و کمترین مقدار مربوط به مچ دست راست بود.

مقایسه اندام‌های هم‌نام نشان داد که دز اندام‌های سمت چپ به‌طور معناداری بالاتر از سمت راست است. به‌طور مشخص، دز مچ دست راست حدود ۷۷ درصد کمتر از مچ دست چپ اندازه‌گیری شد. این اختلاف که از نظر آماری معنادار بود، نشان می‌دهد توزیع دز در اطراف بدن پزشک به‌صورت قرینه و یکنواخت نیست. به بیان دیگر، شدت پرتوهای پراکنده در میدان کار در دو سمت بدن یکسان توزیع نمی‌شود و یک سمت بدن در معرض شار پراکندگی بیشتری قرار دارد.

از دیدگاه فیزیک پرتو، این عدم تقارن را می‌توان با نحوه استقرار پزشک و شرایط کاری حین هدایت کاتتر تبیین کرد. در جریان پیشبرد و کنترل کاتتر داخل عروق بیمار، سمت چپ بدن پزشک عملاً نزدیک‌تر به لوله پرتو ایکس زیرمیزی قرار می‌گیرد.

این نزدیکی باعث می‌شود اندام‌های سمت چپ در فاصله کمتری از منبع پراکندگی ثانویه (بدن بیمار) قرار داشته باشند و در نتیجه در معرض شدت بیشتری از پرتوهای پراکنده‌شده قرار گیرند؛ بنابراین، الگوی مشاهده‌شده در توزیع دز با موقعیت واقعی کاری پزشک و هندسه میدان تابش سازگار است و صرفاً ناشی از نوسانات تصادفی اندازه‌گیری نیست.

تفاوت بیشتر مشاهده‌شده در مطالعه حاضر، در مقایسه با نتایج زارعی و همکاران [۱۷] و بور و همکاران [۱۸]، می‌تواند ناشی از تفاوت در شرایط حفاظتی و نحوه استقرار پزشک در میدان تابش باشد. در برخی مطالعات پیشین استفاده از حفاظ‌های زیرمیزی یا تجهیزات کاهنده پراکندگی گزارش شده است، در حالی‌که در شرایط این مطالعه حفاظ سربی زیرمیزی مورد استفاده قرار نگرفت. این موضوع می‌تواند منجر به افزایش سهم پرتوهای پراکنده در اندام‌های نزدیک‌تر به میدان تابش شود. افزون بر این، همان‌گونه که شوشتری و پیرایش اسلامیان [۲۰] بر نقش نزدیکی اندام‌ها به منبع پراکندگی تأکید کرده‌اند، نحوه قرارگیری اندام فوقانی پزشک در حین هدایت کاتتر می‌تواند موجب نزدیک‌تر شدن یک سمت بدن به میدان تابش گردد. در جریان مداخله، دست فعال پزشک برای کنترل کاتتر در موقعیتی نزدیک‌تر به میدان پرتو قرار می‌گیرد و این وضعیت می‌تواند باعث تمرکز بیشتر پرتوهای پراکنده در یک سمت بدن شود؛ حتی در شرایطی که فاصله اسمی پزشک از تیوب در طول مداخله ثابت در نظر گرفته شده باشد.

در مقابل، عسگری و همکاران [۱۹] اختلاف معناداری میان اندام‌های چپ و راست گزارش نکرده‌اند. این تفاوت نتایج می‌تواند به شرایط متفاوت کاری در آن مراکز مربوط باشد؛ از جمله استفاده از تجهیزات حفاظتی جانبی در کنار تخت بیمار، رعایت فاصله بیشتر از میدان تابش یا به‌کارگیری راهبردهای بهینه‌سازی پرتودهی. این موضوع نشان می‌دهد که الگوی توزیع

دز تنها به هندسه میدان وابسته نیست، بلکه تحت تأثیر نحوه سازماندهی محیط کار و سطح حفاظت پرتویی نیز قرار دارد. در مجموع، یافته‌های این بخش نشان می‌دهد که توزیع دز جذبی پزشک در آنژیوگرافی بیماران مبتلا به آنوریسم مغزی به صورت نامتقارن بوده و به شرایط هندسی میدان تابش وابسته است. براین اساس، در شرایطی که تجهیزات حفاظتی جانبی در میدان کار استفاده نشود، اندام‌های سمت چپ در معرض مواجهه بیشتری قرار می‌گیرند. به‌کارگیری تجهیزات حفاظتی مناسب برای اندام‌های انتهایی، از جمله دستکش‌های سربی و حفاظ‌های کاهنده پرتوهای پراکنده در کنار تخت، در کنار اصلاح نحوه استقرار پزشک نسبت به میدان تابش، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش این اختلاف و ارتقای ایمنی شغلی ایفا کند.

۳.۵. برآورد دز سالانه و ارزیابی ایمنی پرتوی پزشک

با توجه به میانگین دز اندازه‌گیری شده در هر مداخله، برآورد دز تجمعی سالانه پزشک انجام شد. بیشترین میانگین دز مربوط به مچ دست چپ با مقدار $79/5 \mu\text{Sv}$ در هر مداخله بود. با فرض انجام حدود ۲۰۰ مداخله مشابه در سال، دز سالانه این ناحیه برابر با $15/9 \text{ mSv}$ برآورد شد. این مقدار به مراتب کمتر از حد مجاز سالانه اندام‌های انتهایی 500 mSv و نیز پایین‌تر از سطح اقدام پیشنهادی معادل ۳۰ درصد حد مجاز (150 mSv) بر اساس توصیه‌های کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوها است. براین اساس، از نظر حدود قانونی، مواجهه سالانه پزشک در محدوده مجاز قرار دارد و احتمال بروز اثرات قطعی با آستانه مشخص، مانند آسیب‌های پوستی، بسیار پایین ارزیابی می‌شود. با این حال، پایین بودن دز نسبت به حدود مجاز به معنای نبود خطر کامل نیست؛ زیرا اثرات تصادفی پرتوگیری فاقد آستانه قطعی بوده و با تجمع دز در بلندمدت مرتبط‌اند؛ بنابراین حتی در سطوح پایین‌تر از حدود مجاز نیز پایش مستمر و بهینه‌سازی شرایط کاری ضروری است.

از نظر آماری، تحلیل همبستگی نشان داد که بین kVp و mAs با دز اندام‌های پزشک ارتباط معناداری مشاهده نشد، در حالی که شاخص مقدار دز سطحی و مدت زمان فلوروسکوپ با دز اندام‌ها ارتباط مثبت و معنادار داشتند ($p < 0/05$). این یافته نشان می‌دهد که در عمل، مدت تابش و بار پرتودهی تجمعی نقش تعیین‌کننده‌تری نسبت به تنظیمات لحظه‌ای دستگاه دارند و کنترل زمان تابش می‌تواند مؤثرترین راهکار در کاهش دز سالانه باشد.

در مجموع، هرچند برآورد دز سالانه اندام‌های پزشک در این مطالعه در محدوده ایمن قرار دارد، اما تداوم این میزان مواجهه در سال‌های متمادی فعالیت حرفه‌ای می‌تواند به افزایش دز تجمعی منجر شود. از این رو، رعایت اصول پایه حفاظت پرتویی شامل کاهش زمان تابش، افزایش فاصله از منبع و استفاده از تجهیزات حفاظتی مناسب در کنار پایش منظم دز فردی، برای حفظ سلامت بلندمدت پزشک ضروری است. به‌کارگیری این اقدامات ساده اما مؤثر می‌تواند بدون کاهش کیفیت درمان، احتمال بروز عوارض دیررس ناشی از پرتوگیری را به حداقل برساند.

۳.۶. بررسی ارتباط فاصله و موقعیت پزشک با دز جذبی اندام‌ها

در این مطالعه، ارتباط فاصله مؤثر اندام‌های پزشک از میدان تابش و موقعیت قرارگیری پزشک در حین کار با میزان دز جذبی مورد بررسی قرار گرفت. هرچند فاصله کلی پزشک از لوله پرتو ایکس در طول مداخلات تقریباً ثابت در نظر گرفته شده بود، نتایج نشان داد اندام‌هایی که در عمل به بدن بیمار و میدان تابش نزدیک‌تر قرار می‌گرفتند، دز بیشتری دریافت می‌کردند. این یافته با اصل شناخته‌شده کاهش شدت پرتو با افزایش فاصله هم‌خوانی دارد و نشان می‌دهد آنچه در عمل تعیین‌کننده است، فاصله واقعی اندام‌ها از منبع پراکندگی (بدن بیمار) در حین کار است، نه صرفاً فاصله ثبت‌شده در جدول مشخصات. به‌ویژه

هنگام هدایت کاتتر، موقعیت دست‌ها می‌تواند فاصله مؤثر آن‌ها از میدان تابش را تغییر دهد و همین موضوع سبب تفاوت در دز دریافتی می‌شود.

در میان اندام‌های بررسی‌شده، بیشترین دز در مچ دست چپ ($79/5 \mu Sv$) و کمترین مقدار در مچ دست راست ($18 \mu Sv$) ثبت شد. این تفاوت را می‌توان با شرایط واقعی کار پزشک هنگام انجام مداخله توضیح داد. در زمان هدایت و کنترل کاتتر، یکی از دست‌ها ناگزیر نزدیک‌تر به میدان تابش قرار می‌گیرد و به همین دلیل در معرض پرتوهای پراکنده بیشتری است؛ بنابراین، الگوی مشاهده‌شده در توزیع دز بیش از آن که صرفاً به یک مقدار عددی ثبت‌شده مربوط باشد، بازتاب نحوه واقعی ایستادن و کارکردن پزشک در کنار تخت بیمار است.

مطالعات پیشین نیز بر اهمیت فاصله و موقعیت اندام‌ها تأکید کرده‌اند. شوشتری و پیرایش اسلامیان [۲۰] و عسگری و همکاران [۱۹] نقش نزدیکی اندام‌ها به منبع پراکندگی را در افزایش دز نشان داده‌اند. همچنین دیکسون و همکاران [۲۴] و وانو و همکاران [۲۲] گزارش کرده‌اند که افزایش فاصله دست‌ها از میدان تابش یا استفاده از ابزارهایی که فاصله کاری را بیشتر می‌کنند، می‌تواند کاهش قابل توجهی در دز اندام‌ها ایجاد کند. افزون بر این، بریدی و همکاران [۸] و دوران و همکاران [۱۵] بیان کرده‌اند که حتی تغییرات جزئی در زاویه ایستادن یا قرارگیری در سمت مخالف منبع پراکندگی می‌تواند به کاهش چشمگیر دز دریافتی منجر شود. هم‌سویی نتایج حاضر با این گزارش‌ها، پشتوانه فیزیکی و تجربی یافته‌های این مطالعه را تقویت می‌کند.

از نظر آماری نیز تحلیل همبستگی نشان داد مدت‌زمان فلوروسکوپی با دز اندام‌ها ارتباط مثبت و معنادار دارد ($r = 1/0, P < 0/05$) به بیان ساده، هرچه زمان تابش

طولانی‌تر باشد، اندامی که در موقعیت نزدیک‌تری قرار دارد سهم بیشتری از پرتو پراکنده دریافت می‌کند. این تعامل بین «موقعیت» و «مدت تابش» نشان می‌دهد که کنترل تنها یکی از این عوامل کافی نیست و باید هر دو به‌طور هم‌زمان موردتوجه قرار گیرند. این یافته با نتایج فردید و همکاران [۱۰] و بحرینی‌طوسی و همکاران [۲۱] نیز هم‌راستا است.

در مجموع، نتایج این بخش نشان می‌دهد که فاصله مؤثر اندام‌ها از میدان تابش و نحوه استقرار پزشک در حین کار، نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان دز جذبی دارند. حتی تغییرات کوچک در موقعیت دست‌ها یا افزایش اندک فاصله از بیمار می‌تواند به کاهش محسوسی در دز منجر شود. از این‌رو، توجه به ارگونومی محیط کار، تنظیم مناسب محل ایستادن و استفاده از ابزارهای افزایش‌دهنده فاصله کاری، می‌تواند راهکاری ساده اما مؤثر برای کاهش پرتوگیری اندام‌های پزشک در آنژیوگرافی بیماران مبتلا به آنوریسم مغزی باشد.

۴. نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف ارزیابی میزان پرتوگیری پزشک متخصص مغز و اعصاب در حین انجام ۱۵ پروسیجر آنژیوگرافی بیماران مبتلا به آنوریسم مغزی انجام شد در این مطالعه، دز جذبی چهار اندام شامل مچ دست راست، مچ دست چپ، مچ پای راست و مچ پای چپ با استفاده از دزیترهای ترمولومینسانس (GR-۲۰۰) اندازه‌گیری شد تا توزیع دز و عوامل مؤثر بر آن در شرایط واقعی بالینی مورد بررسی قرار گیرد.

نتایج نشان داد که میزان پرتوگیری در اندام‌های پزشک بسته به موقعیت قرارگیری و فاصله از بدن بیمار تفاوت قابل توجهی دارد. بیشترین دز جذبی در مچ دست چپ و پس از آن به‌ترتیب در مچ پای چپ، مچ پای راست و مچ دست راست ثبت شد ($p < 0/05$). این الگوی توزیع دز بیانگر اثر موقعیت کاری پزشک

³ Brady et al.

⁴ Durán et al.

¹ Dixon et al.

² Vano et al.

مانند دستکش‌های سربی، شیلدهای زیرمیزی و پیش‌بندهای حفاظتی تأکید دارد. همچنین، آموزش مداوم پزشکان در زمینه اصول حفاظت پرتویی و به‌کارگیری فناوری‌های کم‌دز می‌تواند نقش چشمگیری در کاهش مواجهه جمعی و ارتقای ایمنی شغلی در بخش‌های مداخلات عروقی مغزی داشته باشد.

در مجموع، یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که پایش منظم دز جذبی اندام‌ها و بهینه‌سازی رفتار کاری پزشکان در کنار استفاده از تجهیزات حفاظتی، می‌تواند گامی مؤثر در کاهش خطرات دیررس پرتوگیری و ارتقای سلامت حرفه‌ای پرسنل پزشکی باشد.

باتوجه به تک مرکزی بودن مطالعه و حجم نمونه محدود، انجام پژوهش‌های گسترده‌تر با تعداد موارد بیشتر و در چند مرکز درمانی می‌تواند به افزایش قابلیت تعمیم نتایج در مطالعات آینده کمک کند.

۵. تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از همکاری صمیمانه و ارزشمند مجموعه بیمارستان امام حسین (ع) تهران و مدیریت محترم بخش آنژیوگرافی مغز و اعصاب محیطی که زمینه انجام این پژوهش را فراهم نمودند، صمیمانه قدردانی می‌شود. همچنین از تمامی همکاران گرامی آن بخش که در فرایند اجرای مطالعه و جمع‌آوری داده‌ها همکاری مؤثر داشتند، سپاسگزاری می‌گردد. بدون حمایت و همکاری ایشان، انجام این پژوهش میسر نبود.

و جهت تابش لوله پرتو ایکس زیرمیزی دستگاه است که منجر به تمرکز پرتوهای پراکنده در سمت چپ بدن می‌شود.

تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین شاخص مقدار دز سطحی (DAP) و دز جذبی اندام‌ها رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد ($r=0/589$, $p=0/021$). در حالی‌که بین سایر پارامترهای فنی دستگاه مانند kVp و mAs ارتباط معناداری مشاهده نشد ($p<0/05$).

همچنین، افزایش زمان فلوروسکوپی به‌طور مستقیم با افزایش دز دریافتی اندام‌ها همراه بود که اهمیت کنترل زمان تابش را در کاهش مواجهه شغلی پزشک تأیید می‌کند. بر اساس نتایج حاصل، میانگین دز جذبی در مچ دست چپ، مچ پای چپ، مچ دست راست و مچ پای راست به‌ترتیب $79/5 \mu Sv$ ، $22/7 \mu Sv$ ، $18/0 \mu Sv$ و $11/0 \mu Sv$ بود.

با در نظر گرفتن حدود ۲۰۰ عمل مشابه در سال، دز سالانه برآوردی برای مچ دست چپ حدود $15/9 mSv$ تقریباً ($16 mSv$) محاسبه شد. این مقدار به‌طور قابل‌توجهی پایین‌تر از حد آستانه پایش ($150 mSv$) و حد مجاز سالانه ($500 mSv$) توسط کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر پرتو (ICRP) است. با این حال، از آن‌جا که اثرات تصادفی مانند سرطان‌زایی فاقد آستانه مشخص هستند، رعایت اصول حفاظت پرتویی حتی در مواجهه‌های پایین نیز ضروری است.

نتایج این پژوهش بر اهمیت کنترل موقعیت کاری پزشک، حفظ فاصله ایمن از بیمار و استفاده از تجهیزات حفاظتی مؤثر

۶. مراجع

1. D.C. Lauzier, A. L. Huguenard, A. I. Srienc, S. J. Cler, J. W. Osburn, A. R. Chatterjee, A. K. Vellimana, A. P. Kansagra, C. P. Derdeyn, D. T. Cross, C. J. Moran. A review of technological innovations leading to modern endovascular brain aneurysm treatment. *Front. Neurol.* 14 (2023) 1156887.
2. S. Sanchez, M. Hickerson, R.R. Patel, D. Ghazaleh, R. Tarchand, G.S. Paranjape, H. Pope, S. Ortega-Gutierrez, J.M. Pederson, D. Hasan, M.L. Raghavan, E.A. Samaniego. Morphological Characteristics of Ruptured Brain Aneurysms: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *Stroke Vasc. Interv. Neurol.* 3 (2023) e000707.

3. K. Fatania, D.T. Patankar. Comprehensive review of the recent advances in devices for endovascular treatment of complex brain aneurysms. *Br. J. Radiol.* 95 (2022) 20210538.
4. M. Ismail, A. Muthana, T.A. Al-Ageely, F.O. Ahmed, R.H. Al-Taie, A.O. Al-Khafaji, M.F. Al-Zaidy, H.R. Salih, M.A. Alrawi, A. Aktham, H. Al-Jehani, S.S. Hoz. Teleproctoring in therapeutic neurointervention: Experience from Iraq-Saudi Arabia collaboration. *Surg. Neurol. Int.* 15 (2024) 280.
5. H. R. Reynolds, C.N. Bairey Merz, C. Berry, R. Samuel, J. Saw, N.R. Smilowitz, A.C.d.A.H. de Souza, R. Sykes, V.R. Taqueti, J. Wei. Coronary arterial function and disease in women with No obstructive coronary arteries. *Circ. Res.* 130 (2022) 529-551.
6. F. O. Efthymiou, C. F. Pitros, V. I. Metaxas, C. N. Antonopoulos, C. P. Dimitroukas, S. K. Kakkos, G. S. Panayiotakis, K. G. Moulakakis. A Systematic Review and Meta-analysis of Intraoperative Patient Dosimetric Data in Standard Endovascular Repair for Infrarenal Abdominal Aortic Aneurysms Versus Fenestrated and Branched Endovascular Procedures for Thoracoabdominal Aortic Aneurysms. *J. Endovasc. Ther.* (2025) 5266028251380519.
7. E. H. Chan, J. Xiang. Continuous quality improvement project to reduce radiation dose in neurointerventional procedures. *EuroSafe Imaging* (2025) ESI-18993.
8. Z. Brady. Radiation doses and risks from paediatric computed tomography [PhD Thesis]. RMIT University, Melbourne, 2012.
9. B. Mussmann, T.R. Larsen, M. Godballe, A.J. Abdi, A. Kantsø, A.R. Jakobsen, M.V. Nielsen, J. Jensen. Radiation dose to multidisciplinary staff members during complex interventional procedures. *Radiography* 30 (2) (2024) 512-516.
10. R. Fardid, F. Mirzadeh, H. Rezaei. Occupational doses of cardiologists in cath labs and simulation method. *J. Cancer Res. Ther.* 13 (6) (2017) 901-907.
11. A. Gutierrez-Barrios, D. Cañadas-Pruaño, I. Noval-Morillas, L. Gheorghe, R. Zayas-Rueda, G. Calle-Perez. radiation protection for the interventional cardiologist: practical approach and innovations. *World J. Cardiol.* 14 (1) (2022) 1-12.
12. B. Modarai, S. Haulon, E. Ainsbury, D. Böckler, E. Vano-Carruana, J. Dawson, M. Farber, I. Van Herzele, A. Hertault, J. van Herwaarden, A. Patel, A. Wanhainen, S. Weiss. Editor's choice – european society for vascular surgery (esvs) 2023 clinical practice guidelines on radiation safety. *Eur. J. Vasc. Endovasc Surg.* 65 (2) (2023) 171-222.
13. A. Asgari, F. S. Zarei, R. F. M. Al-Naser, S. S. Hoz. Occupational eye dose to medical staff in various interventional cardiology procedures: is the need for lead goggles the same in all groups of radiation workers?. *Int. J. Cardiovasc. Imaging* 36 (2020) 1417-1425.
14. J.M. Ordiales, J.M. Nogales, E. Vano, J.R. López-Mínguez, F.J. Alvarez, J. Ramos, G. Martínez, R.M. Sánchez. Occupational dose reduction in cardiac catheterisation laboratory: a randomised trial using a shield drape placed on the patient. *Radiat. Prot. Dosimetry* 174 (2) (2017) 255-261.
15. A. Durán, S.K. Hian, D.L. Miller, J. Le Heron, R. Padovani, E. Vano. Recommendations for occupational radiation protection in interventional cardiology. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 82 (1) (2013) 29-42.
16. C. Furetta, C. Leroy, F. Lamarche. A precise investigation on the TL behavior of LiF: Mg, Cu, P (GR-200A). *Med. Phys.* 21 (10) (1994) 1605-1609.
17. F. Zarei, B. Zeinali-Rafsanjani, M. Saeedi-Moghadam, A. Rasekhi, A. Abolhasani Foroughi. Assessment of the Possibility of Radiation Dermatitis in the Legs of Interventional Radiologists. *Iran. J. Radiol.* 14 (2017) e22030.
18. D. Bor, S. Cekirge, T. Türkay, O. Turan, M. Gülay, E. Önal, B. Çil. Patient and staff doses in interventional neuroradiology. *Radiat. Prot. Dosimetry* 117 (2006) 62-68.
19. A. Asgari, A. A. Parach, E. Daneshian, Z. Nekoofar, F. Bouzarjomehri, A. H. Mehrparvar, S. J. Mirmohammadi, S. M. Seyed-Hossaini, J. Dastmalchi, M. Emami, A. Andishmand. Radiation exposure of interventional cardiologists for different types of procedures in catheterization lab, is it more concern about extremities? *Radioprotection* 55 (3) (2020) 187-194.
20. A. Shoshtary, J. Pirayesh Islamian, M. Asadinezhad, A. Sadremomtaz. An evaluation of the organ dose received by cardiologists arising from angiography examinations in educational hospital in Rasht. *Glob. J. Health Sci.* 8 (7) (2015) 185-194.
21. M. T. Bahreyni Toossi, M. Mehrpouyan, H. Nademi, R. Fardid. Preliminary results of an attempt to predict over apron occupational exposure of cardiologists from cardiac fluoroscopy procedures based on DAP (dose area product) values. *Australas. Phys. Eng. Sci. Med.* 38 (2015) 83-91.
22. E. Vano, J. M. Fernandez-Soto, J. I. Ten, R. M. Sanchez Casanueva. Occupational and patient doses for interventional radiology integrated into a dose

- management system. *Br. J. Radiol.* **96** (2023) 20220607.
23. M. Jafari-Zadeh, F. Nazeri, S. M. Hosseini-Pooya, M. Taheri, F. Gheshlaghi, M. R. Kardan, A. Babakhani, N. Rastkhah, F. Yousefi-Nejad, M. Darabi, T. Oruji, Z. Gholamali-Zadeh, J. Karimi-Diba, A. A. Kazemi-Movahed, M. R. Dashti-Pour, A. Enferadi, M. H. Jahanbakhshian, M. R. Sadegh-Khani. Occupational dose assessment and National Dose Registry System in Iran. *Radiat. Prot. Dosimetry* 144 (1-4) (2011) 52-55.
24. S. Dixon, D. Schick, J. Harper. Radiation protection methods for the interventionalist's hands: use of an extension tube. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* **38** (2015) 463-469.