

مطالعه تطبیقی تصویربرداری در هنر و علوم پزشکی تشخیصی تا ظهور فن آوری دیجیتال (مطالعه موردی: عکاسی و پرتونگاری)

حامد ممکن^۱، علی خاکسار^۲

۱. دانشجوی دکتری تخصصی پژوهش هنر، گروه مطالعات عالی هنر، دانشکده هنرهای تجسمی، دانشکده‌های هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. استادیار گروه مطالعات عالی هنر، دانشکده هنرهای تجسمی، دانشکده‌های هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۴/۱۱، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۰۵)

چکیده

پژوهش حاضر مطالعه‌ای تطبیقی میان هنر عکاسی و یکی از روش‌های تصویربرداری پزشکی موسوم به پرتونگاری است. در عکاسی، عامل نور و در پرتونگاری، اشعه ایکس در ثبت تصویر دخالت دارد. در این تحقیق، وجوه مشترک ثبت تصویر و فرآیند ظهور و ثبوت فیلم در عکاسی و پرتونگاری و در عین حال تفاوت‌های این دو، شناسایی و بیان می‌شود. لذا مساله بنیادین این پژوهش آن است که چگونه تکنیک‌ها، مهارت‌ها و اصول به کار رفته در هنر عکاسی می‌تواند بر پرتونگاری در خلق و ثبت تصاویری با کیفیت مطلوب‌تر یاری رساند. بر این بنیان، هدف پژوهش حاضر، شناسایی و تعیین وجوه مشترک، میان تصویربرداری در هنر و پزشکی تشخیصی، شناخت تاثیر هنر عکاسی بر پرتونگاری در پزشکی تشخیصی است که در نهایت می‌تواند از حیث ارزش کاربردی، تشخیصی دقیق‌تر را در پی داشته باشد. در این راستا، پژوهش حاضر با رویکردی کاربردی و با روش توصیفی-تحلیلی، مبتنی بر مطالعه‌ای تطبیقی بر موضوع تمرکز کرده و همچنین داده‌ها بر مبنای اسناد کتابخانه‌ای و الکترونیکی گردآوری شده‌است. یافته‌های این پژوهش بر این اذعان دارد که با بهره‌مندی از تجهیزات مفید مورد نیاز و آگاهی از چگونگی فرآیند ثبت تصویر تا دستیابی به محصول نهایی، در کنار کاربرد صحیح قوانین فیزیکی و دگرگونی‌های شیمیایی، می‌توان به نقطه مطلوب دست یافت. همچنین وجود اختلاف فاصله زمانی در اکتشاف این دو فن آوری، مبین قرارگرفتن رفع نیازهای پزشکی در اولویت‌های بعدی بوده است.

واژه‌های کلیدی

عکاسی آنالوگ، پرتونگاری (رادیوگرافی)، تصویربرداری پزشکی، فن آوری دیجیتال.

مقدمه

هر شکلی از بیان خلاق، واسطه^۱ اصلی خود را دارد. رنگ در نقاشی، فضا در مجسمه‌سازی و صدا در موسیقی. از این نظر، واسطه و مسبب اصلی در عکاسی^۲، نور و در پرتونگاری^۳، اشعه ایکس است. از این رو، هنر عکاسی ثبت نور و خلق تصویر است و نقش نور در ایجاد این تصویر اساس عکاسی شمرده می‌شود. در دوربین‌های آنالوگ، نور از لنز عبور می‌کند و تصویر با فوکوس صحیح روی صفحه حساس حلقه فیلم ثبت می‌شود. در واقع روال اصلی به این صورت است که نور از لنز دوربین عبور کرده و پس از برخورد با آئینه، به سمت چشم عکاس هدایت می‌شود و عکاس پس از دیدن تصویر مورد نظر و تنظیم کادر و سایر پارامترهای لازم، دکمه شاتر^۴ را فشار می‌دهد (تصویر ۱). پل استرنده^۵، عکاس هنرمند آمریکایی که اندیشمندی شایسته نیز بود، در کتاب خاطرات خود به نام «شصت سال عکاسی» به روشنی گفته است: «همواره خواسته‌ام بدانم که در اطرافم چه می‌گذرد، و خواسته‌ام از عکاسی به عنوان ابزار تحقیق، درباره زندگی دوران خود و وسیله گزارش استفاده کنم» (بلاف، ۱۳۹۹: ۵۱). امروزه عکس جزیی جدایی‌ناپذیر از مجموعه فعالیت‌ها و زندگی فرهنگی مردم جهان محسوب می‌شود. ما بدون عکس مان در ثبت شرایط زیستی و حتی اثبات هویت خود در جریانات روزمره اداری دچار مشکل می‌شویم. «در بهترین حالت و مناسب‌ترین شکل، ما به دلیل چیزی که در برابر دوربین قرار دارد، برای احترام به چیزی بزرگ‌تر و جذاب‌تر از آن‌چه که ما هستیم، عکس می‌گیریم» (آدامز، ۱۳۸۰: ۱۷۱).

پرتونگاری نیز یک تکنیک آمیخته با علم و هنر است و پرتونگار باید از علم و مهارت این تکنیک آگاه باشد. آن‌جا که آد راینهارت^۶ نقاش گفته است: «نگاه کردن آن‌قدرها هم کار آسانی نیست. یک شخص فقط زمانی به ایده‌های سودمند می‌تواند برسد و ایده‌ها را در قالب نوشتار درآورد که قبلاً نگاه کردن به هنر را آموخته

باشد» (بارنت، ۱۳۹۷: ۷۳). همچنین برای تهیه کلیشه پرتونگاری^۷ با کیفیت ایده‌آل، فرآیند قراردادن بیمار در موقعیت صحیح و انتخاب فاکتورهای پرتودهی مناسب بسیار مهم است. قدیمی‌ترین روش ثبت تصویر پرتونگاری، تابش مستقیم^۸ بود. در روشی دیگر از اثر فلورسانس اشعه ایکس بر روی صفحات تقویت‌کننده استفاده شده و تصویر ثبت می‌شود. یکی از دلایلی که استقبال از عکس‌های سیاه و سفید زیاد است این است که با حذف رنگ از عکس‌ها، آن‌چه که می‌ماند تنها بافت و سایه‌ها هستند و این باعث تمرکز بیشتر بیننده بر سوژه می‌شود، اما دو شاخه از عکاسی هم‌آهنگی بیشتری با این روش دارند: عکاسی پرتره و عکاسی منظره. که همین دلیل در پرتونگاری نیز، مصداق دارد.

تا پیش از ظهور فن‌آوری دیجیتال، هنر عکاسی و پرتونگاری با تکیه بر سیستم ثبت و ضبط تصویری آنالوگ، فضای مشترکی را تجربه می‌کرد. دانش و آگاهی، خلاقیت بصری و ابداع هنری عکاس و پرتونگار هر یک در کنار یکدیگر، سهم عمده‌ای در شکل‌گیری و ارتقای محصول نهایی به عهده خواهد داشت. از این رو، به نظر می‌رسد، یک پرتونگار هنرمند و آشنا به اصول هنر عکاسی، توفیقات بیشتری در کار و حرفه خود به دست می‌آورد. بر این اساس، مساله بنیادین این پژوهش آن است که چگونه تکنیک‌ها، مهارت‌ها و اصول به کار رفته در هنر عکاسی می‌تواند بر پرتونگاری در خلق و ثبت تصاویری با کیفیت مطلوب‌تر اثرگذار باشد؟

بر این اساس، آن‌چه در این تحقیق مورد بحث و بررسی قرار گرفته است شامل معانی ناشی از ثبت نوع نور است. جزییات، تناسبات خاص و ویژگی‌های این معانی بسیار جالب است. تفاوت اصلی بین این دو شیوه تصویربرداری، بیشتر در نحوه ثبت تصویر بر روی فیلم است. و گرنه در بیشتر موارد از نظر اصول و کاربرد، بسیار به یکدیگر شبیه هستند (تصویر ۱).

می‌گیرد که نوع محلول پردازش و نوع فیلم بر کنتراست و دانسیته رادیوگرافی تأثیر معنی‌داری می‌گذارد و فیلم کدک پردازش شده در محلول چمپیون بیشترین دانسیته و کنتراست رادیوگرافیک را ایجاد می‌کند. نویسندگان به تأثیرگذاری این نوع محلول‌ها در هنر عکاسی، اشاره‌ای ندارد.

«بررسی فنی عکاسی رنگی» از داریوش گل‌گلاب، انتشارات جهاد دانشگاهی (۱۳۷۰). کتاب از این حیث در بخش پیشینه ذکر شد که نویسنده آن خود، دانشیار گروه آموزشی رادیولوژی دانشگاه علوم پزشکی تهران بود. وی در بخشی از کتاب مذکور، ضمن تأکید بر بررسی و شناخت تئوری عکاسی، به فیزیولوژی چشم پرداخته و تصریح می‌کند که آگاهی به آن، حتی قبل از شروع به کار عکاسی، برای همه علاقه‌مندان لازم است. نویسنده به‌وضوح به کشف رابطه مفید میان عکاسی و علوم پزشکی اشاره دارد. البته سخنی از پرتونگاری به میان نمی‌آورد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر با رویکردی کاربردی و با روش توصیفی-تحلیلی مبتنی بر مطالعه‌ای تطبیقی بر موضوع تمرکز کرده و جامعه مورد مطالعه شامل آثار خلق شده در دو حوزه عکاسی و پرتونگاری، از ابتدای شکل‌گیری تا ظهور فن‌آوری دیجیتال است. بدین منظور، روابط خاص در تطبیق دو اثر از جمله رابطه تأثیر و تأثر، تشابه و تفاوت، مورد تصوّر است. داده‌های پژوهش به شیوه کیفی تجزیه و تحلیل شده‌اند و از ارزش‌گذاری داده‌ها اجتناب شده‌است. این اطلاعات با مراجعه به اسناد کتابخانه‌ای گردآوری شده و در این فرآیند به کتاب‌ها، نشریات و سایت‌های مربوطه رجوع شده‌است.

۱- تاریخچه مختصر

تاریخ عکاسی شرح‌درازی در تاریخ علوم و فنون دارد. از این‌روست که یکی از گونه‌های گواهی دادن نگاه و

لذا با توجه به وجود مصادیق مشترک فراوان میان دو فن عکاسی و پرتونگاری، ضرورت این پژوهش آن است که می‌توان از این موضوع در جهت تحقق و نیل کاربرد هنر در استفاده بهینه از منابع و امکانات علوم پزشکی، غایت مطلوب را محقق نمود.

پیشینه پژوهش

در خصوص این تحقیق با بررسی‌های انجام شده، به‌نظر می‌رسد پژوهشی مرتبط با این موضوع تاکنون صورت نگرفته‌است. با این وجود، سعی می‌شود تعدادی از پژوهش‌های انجام گرفته، در این زمینه عنوان شود.

«رادیولوژی و هنرهای زیبا»، از اسلوب‌ودان مارینکوویچ، مجله ای. جی. آر در آمریکا، جلد ۱۹۹، شماره ۱. (۲۰۱۲)^۹. نویسنده در این تحقیق سعی دارد از تصاویر رادیولوژیک برای خلق ترکیبات هنری، مجسمه‌های خاص با مفاهیم نمادین، استعاری یا مفهومی استفاده کند. نویسنده به‌صورت کلی به انواع هنرها پرداخته و به‌طور خاص به هنر «عکاسی» نمی‌پردازد.

«تفسیر هم‌زمان عکس‌های رادیوگرافی با عکس‌های بیمار» از سرنی تریدانپانی، نشریه رادیوگرافیک‌ها، جلد ۹۹، شماره ۵ (۲۰۱۹). این مقاله به مطالعه فن‌آوری تلفیق هم‌زمان انجام عکس‌های پرتونگاری (با دستگاه پرتابل) و عکس‌های کنترل کیفیت موقعیت بیمار بستری در بیمارستان (با دوربین عکاسی) به کمک فن‌آوری دیجیتال و سیستم الکترونیکی بایگانی و تبادل تصاویر پزشکی (PACS) به آن می‌پردازد.

«بررسی تأثیر چهار نوع ماده ظهور و ثبوت رایج ساخت ایران بر کیفیت تصویر رادیوگرافیک دو نوع فیلم دندان» از ماهرخ ایمانی مقدم، مجله دندانپزشکی جامعه اسلامی دندان‌پزشکان، دوره ۱۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۵، ۶۶-۶۱. در این تحقیق، نویسنده نتیجه

در اواخر دهه ۱۸۳۰ میلادی، عکاسی به مفهوم امروزه شروع شد. مخترع فرانسوی به نام نیپس^{۱۵} نخستین تصویر لیتوگرافی^{۱۶} نوری را تولید کرد، اما در هنگام رونوشت برداری، این تصویر از بین رفت، ولی این مخترع از تلاش دست برد نداشت و توانست عکسی دایمی را خلق کند. امروزه آن چه سبب تفاوت اصول دوربین آنالوگ می شود، آئینه و فیلم است که برای ثبت و حفظ تصویر ایجاد شده توسط نور مورد استفاده قرار می گیرد (تصاویر ۲ و ۳).

تاریخچه رادیولوژی نیز با «کشف اشعه ایکس در سال ۱۸۹۵ میلادی توسط رونتگن^{۱۷}، پروفیسور دانشگاه وورزبورگ^{۱۸} در آلمان آغاز شد. یکی از اولین تجربه های او در این زمینه، ثبت تصویری از دست همسرش آنا برتا^{۱۹} در اواخر سال ۱۸۹۵ میلادی است» (وینستون، ۱۴۰۱: ۲۳۲؛ تصویر ۴). رونتگن لوله کاتدی را با یک کاغذ سیاه سنگین پوشانده بود و هنگامی که یک نور سبز رشته ای روی یک صفحه فلورسنت مجاور تابیده شد، بسیار شگفت زده شد. وی با انجام این آزمایش متوجه شد که این اشعه از اکثر مواد عبور می کند، اما سایه هایی از اجسام جامد باقی می گذارد و از آن جایی که این پرتو برایش ناآشنا بود، آن را X (یعنی ناشناخته) نامید (تصویر ۴).

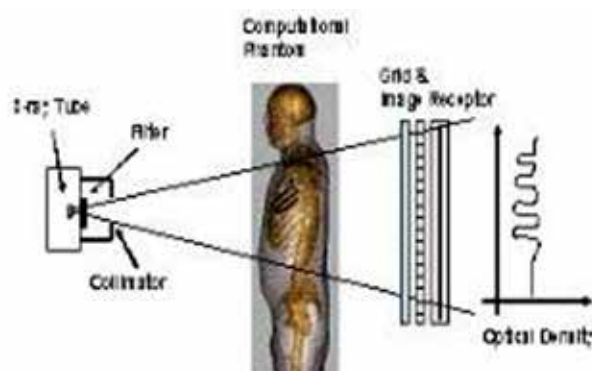
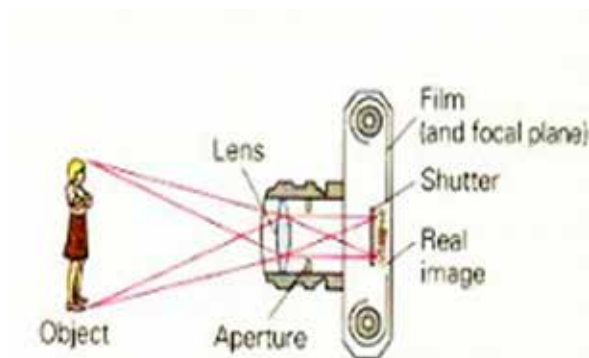
بعضی از هنرمندان با ذوقی زیباشناسانه، توانسته اند با استفاده از تصاویر پرتو نگاری، آثار هنری بدیع و جالبی خلق کنند. اتفاقی که هنر عکاسی و پرتو نگاری را بیش از پیش به یکدیگر نزدیک کرده و خبر از تعاملی سازنده و مفید را نوید می دهد (تصاویر ۵ و ۶).

به گفته پیترو هنری امرسون^{۲۰} در هنر عکاسی «هر تصویری، ترکیب بندی خاص خودش را می طلبد و هر هنرمندی باید به روش شخصی اش عمل کند» (حمیدیان، ۱۳۹۲: ۱۲۸). این در حالی است که چنین موضوعی در پرتو نگاری پزشکی کمتر دیده می شود و پرتو نگار در یک چارچوب معین، باید اقدام به

حافظه آدمی درباره جهانی است که لحظاتی از آن در قالب عکس به ثبت می رسد. «عکاسی اختراع یک فرد نیست، بلکه ماحصل مجموع اکتشافات و تحقیقات افراد بسیاری در حوزه های مختلف شیمی و صنایع است. ثبت تصویر به وسیله نور نیازمند اکتشافات و اختراعاتی در قلمرو دانش شیمی بود، تا امکان تهیه یک عکس، به مفهومی که ما امروزه می شناسیم، فراهم شود» (گشایش، ۱۳۷۷: ۵). نور وقتی از حفره ریز وارد می شود، به دیواره انتهای جعبه که روبه روی سوراخ است، می تابد و تبدیل به یک تصویر بر روی سطح شده و تصویر معکوسی تشکیل می دهد. در صورت ریز بودن سوراخ اتاقک، تصویر پدید آمده وضوح نسبی کم رنگی خواهد داشت و در صورت گشاد بودن سوراخ اتاقک، تصویر واضح نخواهد بود.

برای این که تصویر شفاف باشد، روبه روی روزنه، یک عدسی محدب نصب می شود. از قرن هجدهم به بعد اتاق تاریک^{۲۱}، وسیله ای در دست نقاشان برای طراحی صحیح از روی طبیعت بود. تعداد کمی از هنرمندان دوره رنسانس از جمله لئوناردو داوینچی^{۲۲}، میکل آنژ^{۲۳} و... از اتاق تاریک به عنوان یک کمک در نقاشی استفاده نمودند و باقی هنرمندان به دلیل ترس از متهم شدن از آن استفاده نمی کردند.

یوهانس کپلر^{۲۴}، که بیشتر به عنوان اخترشناس شناخته می شود، از پیش گامان نورشناسی هم بود. «او در اوایل قرن هفدهم میلادی، سازوکار بینایی چشم انسان را هم بررسی کرده و شرح داده بود که عدسی چگونه تصویر تایید شده روی شبکیه را معکوس و وارونه می کند و می گفت که این تصویر وارونه در مغز تصحیح می شود» (وینستون، ۱۴۰۱: ۹۵). البته «کتاب المناظر» (اثر ابن هیثم)^{۲۵} که از دیدگاه نویسندگان دایره المعارف آمریکانا، بزرگانی چون کپلر را به شدت تحت تاثیر قرار داده و تا قرن هفدهم میلادی، یگانه مرجع علم مناظر در اروپا بود» (بلخاری قهی، ۱۳۸۷: ۲۹).



تصویر ۱. فرآیند ثبت تصویر در عکاسی و پرتونگاری (نگارندگان).

(سهیلی، ۱۳۶۲: ۶۵).

بسیاری از عکاسان از تجهیزات علمی برای روش‌های فتوگرافیکی خاص خود استفاده کرده‌اند. لنارت نیلسون^{۲۱}، عکاس سوئدی است که برای عکاسی، مکان‌هایی را انتخاب می‌کند که تصوّر حضور در آن‌جا، باورنکردنی است. مثلاً عکس داخل شریان، گوش میانی، درون چشم، جنین در حال رشد درون رحم که همگی در افراد زنده به وسیله دستگاه‌هایی که خودش اختراع کرده، عکس برداری شده‌است. بدین ترتیب، لنارت نیلسون به نتایجی دست یافت که هم مفاد و پیام تصویر را به بیننده القا می‌کرد و هم عکس از نظر زیباشناختی دارای جاذبه بسیار بود» (تاسک، ۱۳۸۲: ۲۸۳) (تصاویر ۷، ۸ و ۹). نمونه دیگر، رادیوگرافی صنعتی از نقاب طلایی فرعون مصر، با استفاده از اشعه گاما از منبع رادیواکتیو ایزوتوب ایریدیوم^{۲۲} ۲۹۱ است که کاربرد روزافزون عکاسی را در علوم و صنایع امروز نشان می‌دهد. این ماسک دو ورقه جلو و عقب دارد که در پشت گوش به یکدیگر متصل می‌شوند و یک شاهکار هنری بسیار با ارزش است.

۱- دستگاه‌ها و اجزا (مرحله آغازین)

اگرچه دوربین انواع گوناگونی دارد، اساساً، طرز کار آن‌ها یکی است. نور تنها از طریق عدسی و به هنگام باز شدن شاتر به داخل جعبه‌ای راه می‌یابد. شدت نور ورودی به داخل جعبه را دیافراگم، و مدت تابش این

ثبت تصویر و پرتودهی کند. البته شرایطی که با توجه به نوع تکنیک، شرایط قرارگیری شی (بیمار) و حتی فیزیک جسمانی بیمار متغیر است.

۲- مطالعه تطبیقی عکاسی و پرتونگاری

در بحث پیرامون مقایسه میان عکاسی و پرتونگاری، در مرحله آغازین، به دستگاه‌ها، اجزای فنی و شرایط و خصوصیات فیزیکی هر یک از جمله: دهانه دیافراگم، میدان دید کولیماتور و فاصله منبع تا سوژه پرداخته می‌شود. در مرحله میانی یا ثبت تصویر، به فرآیند این سازوکار و همچنین ویژگی‌های فیلم و اختلالات احتمالی تصویر اشاره می‌شود. در مرحله نهایی و پایانی، ظهور و ثبوت فیلم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

یک عکس پرمحتوا، از نقطه نظر هنری باید از سه اصل پیروی کند: «اصل اول: روان‌شناسی عکس؛ اصولاً عکسی که دارای ماهیت هنری باشد تحت تأثیر روان‌شناسی عکس است. اصل دوم: زیبایی‌شناسی؛ کلاً سوژه‌ای از نظر هنری زیباست که تأثیر و انگیزه‌ای در بیننده به وجود بیاورد. چه زشت و کریه، و چه زیبا و فوق‌العاده. اصل مطلب ایجاد رابطه بین عکاس و بیننده است. و اصل سوم: آناتومی؛ بیشتر در مورد سوژه‌های زنده است. سوژه‌ای که دارای ریتم و آهنگی خاص و منظم باشد تا بیننده، فوری با دیدن تصویر توجهش به نوع و حالت سوژه جلب شود»



تصویر ۳: نخستین عکس به روش هلیوگرافی (ژام، ۱۳۹۶: ۱۷).



تصویر ۲: اتاقک تاریک نیسفور نیپس (ژام، ۱۳۹۶: ۱۷).

(عباسی، ۱۴۰۱: ۹۶). عدد دیافراگم «N» که به صورت F-stop با نام مستعار (f-number) نوشته می‌شود، از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$N = \frac{F}{D}$$

یکی از رایج ترین قطعات مورد استفاده در رادیوگرافی، کولیماتور نام دارد. یک قطعه کاربردی برای تنظیم شکل بیم اشعه ایکس است که می‌تواند تاثیر قابل توجهی بر عملکرد دستگاه رادیوگرافی بگذارد. کولیماتور به خروجی تیوب اشعه ایکس متصل می‌شود تا بدون مشکل و با دسترسی کامل به این اشعه، میزان آن را تنظیم کند. دو دریچه قرار گرفته روی این دستگاه که هر کدام چهار صفحه از جنس سرب دارند، باعث می‌شوند تا اشعه ایکس به حد و اندازه مورد نیاز بتابد (تصویر ۱۰). حرف «F» نشان‌دهنده فاصله کانونی و حرف «D» معرف قطر عدسی ورودی (دیافراگم موثر) است. به عنوان مثال، اگر فاصله کانونی لنز ۱۰ میلی‌متر باشد و قطر ورودی آن ۵ میلی‌متر، عدد f برابر ۲ است که با نوشتن «۲ / f» بیان می‌شود و قطر دیافراگم برابر است با ۲ / f، جایی که F فاصله کانونی باشد (جدول ۱).

در رادیوگرافی، عوامل اصلی پرتودهی توسط دو فاکتور Kev و MAS کنترل می‌شود. MA جریانی است که از فیلامان لامپ اشعه ایکس می‌گذرد و باعث گرم شدن آن و نهایتاً آزاد شدن الکترون از سطح

نور را شاتر کنترل می‌کند. با اختلاف و تنوع ظاهری، «دوربین‌ها را از لحاظ اندازه فیلمی که به کار می‌برند، می‌توان به سه گروه اصلی تقسیم کرد:

- دوربین‌های ۳۵ میلی‌متری؛
- دوربین‌های ۶ در ۶ سانتی‌متری؛
- دوربین‌های ۱۲ در ۹ و بزرگ‌تر» (شفائیه، ۱۳۷۲: ۱۵).

اما دستگاه‌های رادیولوژی را براساس قدرت و توان الکتریکی تقسیم می‌کنند. بعضی به صورت پرتابل است که در آمبولانس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و دارای حجم و وزن کم، و قابل حمل و نقل با کیف یا صندوق است و از توان الکتریکی کمی برخوردار بوده و حدوداً بین ۲۰ تا ۰۳ میلی‌آمپر قدرت دارند. نوع دیگر، دستگاه‌های رادیوگرافی بزرگ است که در بیمارستان‌ها و درمانگاه‌های بزرگ نصب می‌گردند و دارای توان الکتریکی بسیار بالایی بوده و به خوبی قادرند از تمام نقاط بدن تصویربرداری نمایند.

۱-۱- دهانه دیافراگم و میدان دید کولیماتور^{۳۳}

«دیافراگم؛ اسبابی قابل تنظیم در دوربین عکاسی که با تغییر دادن گشادگی عدسی، بر مقدار نور ورودی به داخل آن اثر می‌گذارد. با استفاده از دیافراگم تنگ‌تر، تاثیر کج‌نمایی را می‌توان کاهش داد. هم‌چنین با این عمل، عمق میدان و عمق کانون، افزایش می‌یابد»



تصویر ۴: تصویر گراور ویلهلم کُنراد روئنتگن، تصویر رادیوگرافی همسر روئنتگن با حلقه‌ای در انگشت. م. ۱۸۹۵ (وُلبارست، ۲۰۱۳: ۳).

بسته به اندام مورد تصویربرداری، قابل تنظیم است. شاید سازوکار بازشدن ممتد شاتر در عکاسی، مشابه انجام پرتونگاری با تابش ممتد اشعه ایکس باشد. عملی که در واقع به نام فلوروسکوپ^{۲۶} یا فلوروسکوپ معروف است و پرتوهای ایکس عبوری از درون بدن بیمار را به صورت زنده آشکارسازی کرده و سپس سیگنال‌های دریافت شده توسط یک سیستم تلویزیونی مدار بسته (مانیتور) نمایش داده می‌شود.

در قانون عکس مجذور^{۲۷}، هنگامی که سطحی به وسیله یک منبع نور روشن شود، شدت نور در سطح، با مجذور فاصله منبع نور تا آن سطح، نسبت عکس دارد. مثلاً اگر فاصله یک سطح با یک منبع نور دوبرابر شود، شدت روشنائی در سطح به یک چهارم تقلیل خواهد یافت و اگر فاصله سه برابر شود، این میزان به یک نهم کاهش می‌یابد. این نسبت، در رادیوگرافی نیز تکرار می‌شود و در این جا، فاصله منبع اشعه تا سطح یا بدن بیمار، مطرح است. رعایت قانون عکس مجذور در واقع می‌تواند تاثیر قابل توجهی بر کنترل شدت

فیلامان می‌شود. هر چه شدت این جریان بیشتر شود، فیلامان لامپ بیشتر گرم شده و الکترون‌های بیشتری از سطح آن آزاد می‌شود. بنابراین، شدت اشعه ایکس به طور مستقیم متناسب با میلی آمپر است. حاصل ضرب زمان تابش اشعه و میلی آمپر (شدت جریان فیلامان) را میلی آمپر ثانیه (MAS) می‌گویند.

سرعت^{۲۴} (شاتر) در واقع مدت باز و بسته شدن شاتر است. «سرعت شاترهای پرده‌ای یا صفحه کانونی به $1/0002$ ثانیه می‌رسد. شاترها با نشانه‌های حرف‌های T و B مشخص می‌شوند. وقتی شاتر روی حرف T تنظیم شود، با یک بار فشار دادن دکمه، شاتر باز و با فشار دوم بسته می‌شود. در حالی که اگر روی حرف B تنظیم شود با فشار دادن دکمه عکس برداری، شاتر باز و با برداشتن انگشت بسته می‌شود» (عباسی، ۱۳۹۹: ۱۱۳؛ تصاویر ۱۱ و ۱۲).

در کنسول دستگاه‌های پرتونگاری، افزاره‌های مکانیکی^{۲۵} تنظیم زمان و شدت جریان به تفکیک،

اشاره دارد. هر چه دوربین به سوژه‌ای که روی آن فوکوس می‌کند نزدیک‌تر باشد، عمق میدان باریک‌تر خواهد بود. برعکس، هر چه سوژه از دوربین دورتر باشد، عمق میدان بیشتر خواهد بود. با تغییر فاصله بین دوربین و سوژه، می‌توان پرسپکتیو را تغییر داد و طیف وسیعی از جلوه‌های مختلف ایجاد کرد. برای مثال، عکاسی از فاصله نزدیک‌تر می‌تواند پرتوهای صمیمی‌تر و جذاب‌تر ایجاد کند، در حالی که عکاسی از فاصله دورتر می‌تواند حس جدایی یا رسمی بودن را منتقل کند.

فاصله لامپ اشعه ایکس تا بیمار (FFD)^{۲۸}، از فاکتورهای مهم در فرایند رادیوگرافی است. چرا که با عدم تنظیم دقیق این فاصله، اندام مورد تصویربرداری، دچار بزرگ‌نمایی یا کوچک‌نمایی می‌شود و این رخداد، پزشک را در تشخیص دچار خطا می‌کند. به عنوان مثال؛ در گرافی قفسه سینه (CXR)، این فاصله استاندارد، ۱۵۰ cm تعریف می‌شود. چنانچه این فاصله کمتر شود، تصویر دچار بزرگ‌نمایی شده و ابعاد طبیعی عضله قلب و ریه‌ها تغییر می‌کند. «هم‌چنین افزایش FFD یک روش موثر برای کاهش دوز جذبی بیمار (پرتوگیری بیولوژی اشعه ایکس) است. به‌طوری‌که با افزایش FFD از ۱۰۰ سانتی‌متر به ۱۳۰ سانتی‌متر، کاهشی بیش از ۶۰ درصد به همراه خواهد داشت (Brenner, 1998, 258) یا با افزایش فاصله سوژه تا سطح کاست (OFD)^{۲۹}، بزرگ‌نمایی ایجاد کرده و مشاهده اندام‌های کوچک راحت‌تر می‌شود. از جمله رویت وجود جسم خارجی^{۳۰} (شیشه یا براده فلز) در انگشتان یا مشاهده شکستگی‌های مویی کاربرد دارد (جدول ۲).

۲- ثبت تصویر (مرحله میانی)

در عکاسی، برای نگاشت تصویر، پرتوهای نور منعکس شده از جسم، بر روی فیلم ثبت می‌شود و در رادیوگرافی، اشعه ایکس تابیده شده، از جسم (بیمار) عبور کرده و پس از برخورد با صفحات تشدیدکننده در



تصویر ۵: پرتونگاری نمای نیم‌رخ از کف، مچ و ساق پا به صورت تغییر یافته توسط نیک ویسی (Marinković, 2012: 25)



تصویر ۶: بخشی از تصویر پرتونگاری نمای روبرو از کف پا، در تکنیک دیجیتال فوتو کلاژ، اثری از نگارنده.

تابش اشعه ایکس (دوز جذبی) بر روی سوژه (بیمار) و کاهش پرتوهای آسیب‌زا داشته باشد.

۲-۱- فاصله منبع تا سوژه

فاصله تا سوژه به طول بین دوربین و فوکوس تصویر



تصویر ۹: رادیوگرافی نقاب طلایی توت آنخ فرعون مصر، ۱۹۶۸ میلادی (کیم، ۱۳۶۳: ۲۲۳).



تصویر ۸: رادیوگرافی از جنین سی و یک هفته‌ای به صورت حاملگی خارج رحمی (نگارندگان).



تصویر ۷: عکسی از جنین یازده هفته‌ای با عنوان «مرد فضایی» اثر لئارت نیلسون ۱۹۶۵ میلادی (تاسک، ۱۳۸۲: ۲۸۵).

که باز و بسته می‌شود و اجازه می‌دهد نور وارد شود و به فیلم ضربه بزنند. میزان نوری که با فیلم در تعامل است، نحوه نمایش تصویر روی فیلم را تعیین می‌کند.

کاست، نور مریی حاصل شده را بر اساس تغییر میزان عبور اشعه، بر روی فیلم ثبت می‌کند. بنابراین، باز هم ثبت نهایی با عامل نور انجام می‌شود.

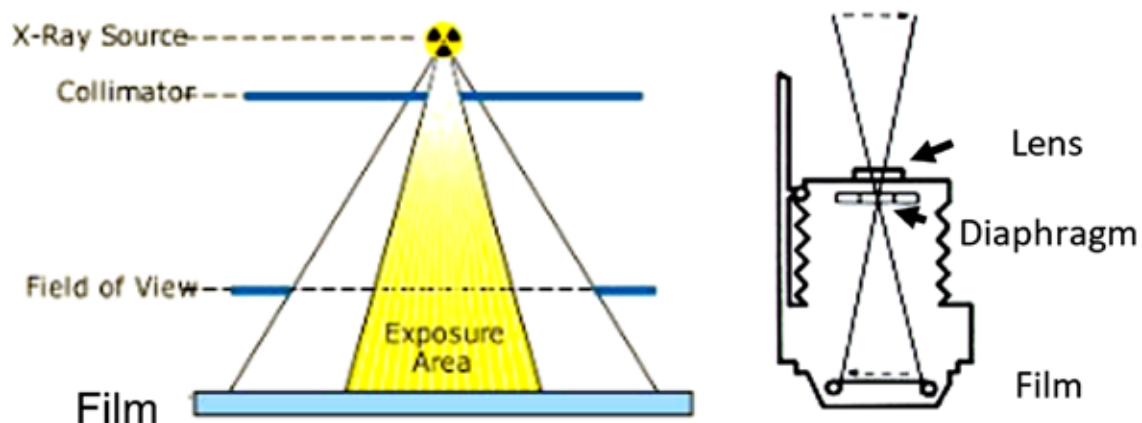
در رادیوگرافی، فرآیند تولید تصویر کاملاً متفاوت است. دوربین در واقع یک منبع تشعشع است و عملکرد آن کاملاً متفاوت از دوربین عکاسی است. فیلم در داخل دوربین قرار نمی‌گیرد، بلکه در سمت مخالف جسم مورد تصویربرداری قرار می‌گیرد. تابش به فیلم منعکس نمی‌شود، بلکه از جسم عبور می‌کند و سپس به فیلم برخورد می‌کند. تصویر شکل گرفته روی فیلم بستگی به این دارد که چه مقدار از تابش، از طریق جسم عبور کرده و به فیلم وارد می‌شود. برخی مواد مانند استخوان‌ها و فلز، بیشتر از موادی مانند بافت نرم و هوا، مانع از عبور تابش می‌شوند و به عبارتی دارای کدری یا اپاسیته بیشتری هستند.

۱-۲- نوردهی^{۳۱} و پرتودهی^{۳۲}

امواج نوری از جنس اشعه الکترومغناطیس است که ساختمان آن از ذرات کوچکی به نام فوتون شکل یافته و سرعتی معادل ۳۰۰ هزار کیلومتر در ثانیه پیمایش دارد. علاوه بر پرتوهای مریی نور، اشعه ماوراء بنفش، ایکس و گاما، طول موج کوتاه‌تری از طیف مریی داشته و در پرتونگاری پزشکی و صنعتی استفاده می‌شود (جدول ۲). در عکاسی، به مقدار نوری که به فیلم یا گیرنده تصویر می‌رسد، نوردهی گفته می‌شود. این مقدار ترکیبی از نور موجود، عدد دیافراگم و سرعت شاتر بوده و متاثر از درجه حساسیت فیلم مورد استفاده است. «در نور دادن به مواد حساس، همیشه دقت می‌شود تا نور کافی (نه زیاد و نه کم) به فیلم یا کاغذ برسد. زیرا در عکسی که نور کافی ندیده‌است، سایه‌ها و بخش‌های تیره، فاقد جزئیات و در عکسی که زیاد نور دریافت کرده باشد، بخش‌های روشن فاقد جزئیات و تخت خواهد شد» (عباسی، ۱۳۹۹: ۲۴۴). در عکاسی، تصویر روی فیلم به دلیل انعکاس نور تولید می‌شود. وقتی قرار است عکس گرفته شود، عکاس از دوربینی استفاده می‌کند که دارای یک شاتر است

۲-۲- اهمیت رعایت تناسبات طلایی

در عکاسی معمولاً وقتی سوژه اصلی در یک سوم سمت راست قاب عکس قرار می‌گیرد، عکس بهتر به نظر می‌رسد و موفق‌تر است. این تقریباً یک قانون روان‌شناختی است (تصویر ۱۳). «ماهیت چشم این است که از سمت چپ وارد فضایی شده و به



تصویر ۱۰: مقایسه موقعیت جای گیری دیافراگم در دوربین عکاسی و کولیماتور در فرآیند رادیوگرافی (نگارندگان).

خود را بر روی جزییات تصویر متمرکز می کند. تعیین سمت چپ و راست تصویر نیز بسیار مهم است (تصویر ۱۴).

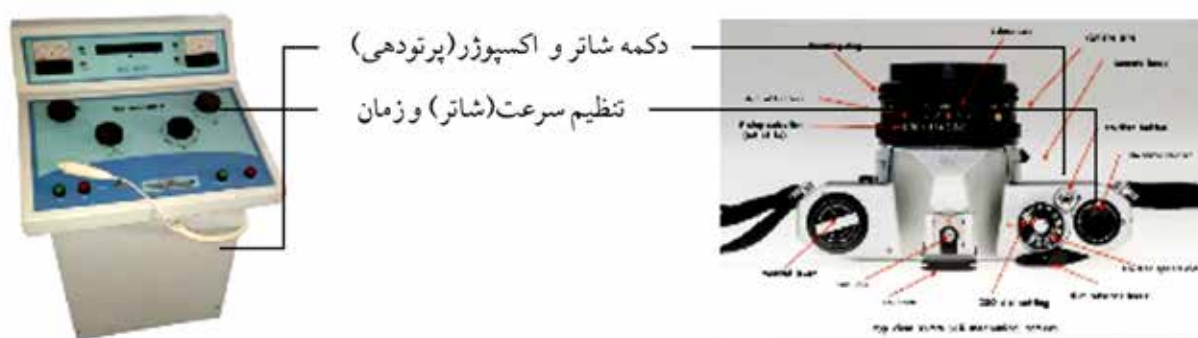
به عنوان مثال نواحی اطراف کلیشه رادیوگرافی روبه رو از استخوان های مجمله، از لحاظ تشخیصی، اهمیتی نداشته و دانسیته های بسیار بالاتری را دارا هستند. به عبارتی، در محدوده دامنه^{۳۵} دانسیته های مفید قرار نمی گیرند. این نواحی که خارج از سوژه اصلی است، نواحی مناسبی برای قرارگیری نشان های^{۳۶} اختصاصی از جمله تعیین راست و چپ اندام مذکور است، که در این جا حرف اختصاری «R» به نشانه «سمت راست» در همان نقاطی که بیان شد، توسط پرتونگار بر روی کاست مربوطه جای گذاری می شود. این نشان های اختصاصی جهت افتراق بهتر نسبت به زمینه، از جنس فلز سرب ساخته می شود (تصویر ۱۴).

سمت راست حرکت می کند. این نه تنها در هنگام نگاه کردن به یک تصویر، بلکه هنگام تماشای یک نقاشی، خواندن یا حتی ورود به اتاق نیز صادق است. به محض این که سوژه ای از سمت چپ وارد کادر شود، چشم به دنبال مکانی برای توقف می گردد که بیشتر اوقات ترجیح می دهد در سمت راست باشد. اگر عکاس چنین انتظاری از عکس های خود دارد، ابتدا باید کارکردها، خواص، اشکال، منابع و کاربردهای نور را بشناسد» (فینینگر، ۱۳۸۵: ۲۶).

این حالت به شکلی متفاوت، در کلیشه های رادیوگرافی نیز ظاهر می شود. در این جا فضای خالی به حداقل می رسد و به عبارتی محدود به یک محل خاص^{۳۴} می شود که با توجه به نوع و اندازه اندام مورد عکس برداری، اندازه کاست و نحوه قرار گرفتن آن عضو مذکور تغییر می کند. بیننده، فقط پزشک است و بیماری را تشخیص می دهد. بنابراین، او تمام توجه

جدول ۱: نسبت درصد افزایش و کاهش متغیرها، به صورت موردی در عکاسی و پرتونگاری. *کاهش، †افزایش (نگارندگان).

پرتونگاری		عکاسی		
متغیر ۲	متغیر ۱	متغیر ۳	متغیر ۲	متغیر ۱
MAS (میلی آمپر ثانیه)	Kev (کیلو الکترون ولت)	N (F-Stop) (میلی متر)	D (قطر عدسی) (میلی متر)	F (فاصله کانونی) (میلی متر)
↑ ۱۰۰٪	↓ ۱۵٪	↓ ۵۰٪	↑ ۱۰۰٪	ثابت
↓ ۵۰٪	↑ ۱۵٪	↑ ۱۰۰٪	ثابت	↑ ۱۰۰٪



تصویر ۱۱: قسمت های مختلف بدنه دوربین عکاسی (نگارندگان).

تصویر ۱۲: کنسول کنترل و فرمان دستگاه اشعه ایکس (Bushong, 2001: 107).

۳-۲-۳- حساسیت

حساسیت فیلم، آستانه فیلم به نور را توصیف می کند.^{۳۹} آ.اس. آ.، معیاری برای درجه بندی حساسیت فیلم های عکاسی توسط انجمن استاندارد آمریکا است. همچنین «دین»^{۴۱}، معیاری برای درجه بندی حساسیت فیلم های عکاسی بر مبنای لگاریتمی که موسسه استاندارد صنعتی آلمان^{۴۲}، معین کرده است» (همان: ۹۷).

فیلم کند، فیلمی است با درجه حساسیت ۲۵ تا ۵۰ آ.اس. آ.؛

فیلم متوسط، فیلمی است با درجه حساسیت ۱۰۰ تا ۲۰۰ آ.اس. آ.؛

فیلم سریع، فیلمی است با درجه حساسیت ۴۰۰ تا ۱۲۵۰ آ.اس. آ.

کاربرد این فیلم ها، بستگی به نیاز عکاس دارد. «گاه مواردی پیش می آید که عکاس ناگزیر است از فیلم های سریع یا بسیار حساس استفاده کند، مثل موقعی که نور محیط کم است و یا موضوع، حرکت سریع دارد و عکاس می خواهد موضوع را ایستا یا منجمد نمایش دهد» (گشایش، ۱۳۷۷: ۵۲).

۴-۳-۲- دانسیته^{۴۳} و کنتراست^{۴۴}

یک دوربین، تصویر نوری از یک شیء که نیاز به عکس برداری دارد، جمع آوری کرده و بر روی مواد حساس به نور (مانند فیلم) که در پشت دوربین قرار

۳-۲-۲- خصوصیات و ساختمان فیلم و کاست

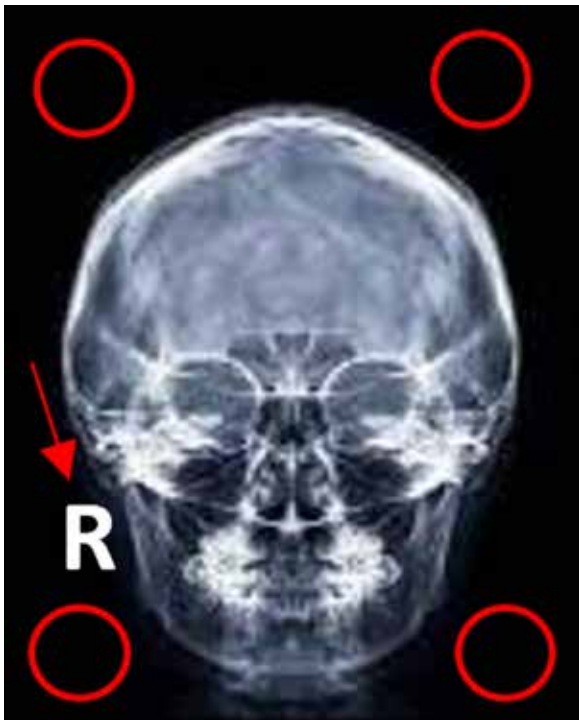
۱-۳-۲- فیلم

فیلم عکاسی که پهنای آن ۳۵ میلی متر یا دوربین عکاسی که پهنای فیلم آن ۳۵ میلی متر باشد، به این نوع دوربین و فیلم، ۳۵ میلی متری گفته می شود. «فیلم دولایه^{۳۷}: فیلمی است که یا هر دو سطح آن امولسیون دارد یا دو نوع امولسیون بر یک سطح آن اندود شده باشد. معمولاً یکی از دولایه امولسیون خیلی حساس و دیگری با حساسیت کمتر است» (عباسی، ۱۳۹۹: ۱۷۵).

۲-۳-۲- امولسیون^{۳۸}

اصولاً هر فیلمی اعم از عکاسی و رادیوگرافی، متشکل از قسمت مهمی به نام امولسیون است که همان سطح آغشته به املاح نقره است و در برابر نور به شدت متاثر می شود. «در عکاسی امولسیون یا لایه حساس فیلم، تشکیل یافته از ذرات خرد برومید نقره که به واسطه ژلاتین با هم نگاه داشته شده اند» (عباسی، ۱۳۹۹: ۱۸).

امولسیون فیلم رادیولوژی حاوی هالیدهای نقره و ژلاتین است. این هالیدها، مواد حساس به نور در امولسیون فیلم هستند که برای ثبت تصاویر پرتونگاری استفاده می شوند. از دیگر ترکیبات نقره مورد استفاده می توان به برومید نقره و یدید نقره اشاره کرد. همچنین کلرید نقره نیز در موارد خاصی استفاده می شود.



تصویر ۱۴: پرتونگاری روبرو از استخوان‌های جمجمه (نگارنده).

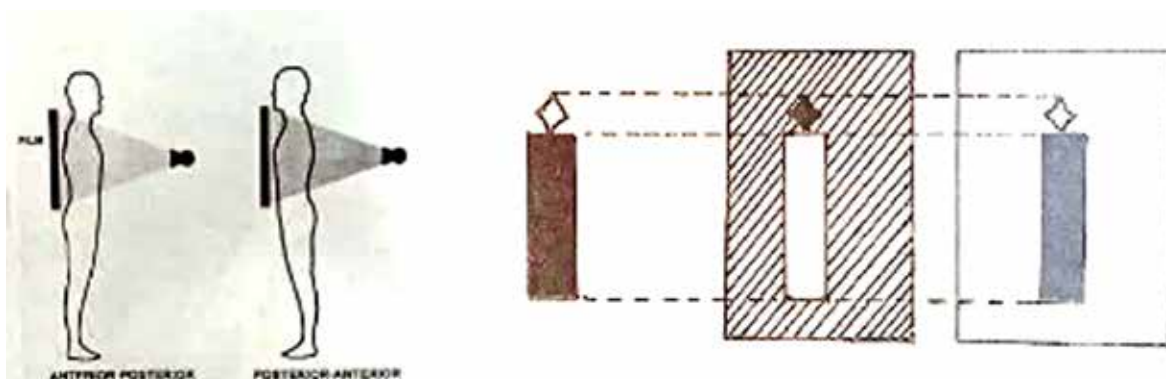


تصویر ۱۳: اولگادی مایر، سال ۱۹۰۵ م. (حمیدیان، ۱۳۹۲: ۱۷۵).

ثابت بماند، این کاغذ پس از توسعه و تثبیت، تصویری را تشکیل می‌دهد. به عنوان مثال، ناحیه سیاه روی فیلم منفی در چپ، ناحیه سفید و ناحیه سفید در فیلم منفی، پس از چپ، مشکی دیده می‌شود. این نوع تصویر، به نام تصویر مثبت^{۴۶} معروف است (تصویر ۱۵).

تصویر پرتونگاری کاملاً مشابه تصویر منفی عکاسی است و سیاهی فیلم توسط اشعه ایکس یا پدیده فلورسانس حاصل از صفحه‌های تشدیدکننده داخل

دارد، ثبت می‌کند. پس از ظاهر شدن فیلم، تصویر آن شیء دیده می‌شود. این تصویر شامل یک سایه خاکستری وسیع است که از طیف سیاه به سفید تغییر می‌کند. درجه تاریکی هر قسمت از این تصویر با شدت نوری که آن قسمت از تصویر نوری را تشکیل می‌دهد، نسبت مستقیم دارد. هر چه شدت نور بیشتر باشد، تصویر تیره‌تر است. بنابراین، تصویر تشکیل شده، درست برعکس جسم است. به این نوع تصویر، تصویر منفی^{۴۵} می‌گویند. اگر نور از فیلم منفی عبور کند و برای مدت زمان کنترل شده‌ای روی کاغذ حساس



تصویر ۱۵: تصویرهای مثبت و منفی، نماها و حالت‌های رایج در پرتونگاری اندام فوقانی با اشعه ایکس، PA و AP.^{۴۷} (متلر، ۱۳۸۱: ۵).



تصویر ۱۶: کاست فیلم رادیولوژی (24x30 cm) حاوی یک کلیشه فیلم، رول کاست فیلم عکاسی (35mm) حاوی سی و شش عدد فریم فیلم (نگارندگان).

کنتراست هیچ تصویری قابل رویت نیست. یک نقطه هنگامی قابل رویت است که نسبت به زمینه، تیره‌تر یا روشن‌تر باشد. تصویری که تون‌های میانی متعدد (انواع خاکستری) دارد، کم کنتراست و تصویری که تون‌های میانی کمتری دارد، پُر کنتراست خوانده می‌شود.

۵-۳-۲- کاست^{۴۸} فیلم

در عکاسی، کاست فیلم، محفظه‌ای برای فیلم بوده تا در معرض نور نباشد. کاست در واقع قوطی فلزی یا پلاستیکی برای فیلم ۳۵ میلی‌متری است. زبانه فیلم از شکاف باریک قوطی که دارای نوربند است، بیرون گذاشته می‌شود. در سیستم‌های رادیوگرافی، کاست‌ها در انواع و اندازه‌های مختلف هستند (جدول ۲). کاست‌های رادیولوژی از یک قاب فولادی (فولاد ضد زنگ) یا آلومینیومی ساخته می‌شوند که بسته به نوع و کاربرد، رُویه آن از آلومینیوم یا فیبر کربن ساخته می‌شود. کاست‌های تک فولی (صفحه تشدیدکننده) در دو سایز ۲۴x۱۸cm و ۳۰x۲۴cm، معمولاً در انجام ماموگرافی استفاده می‌شوند (تصویر ۶۱).

۴-۲- اختلالات تصویر^{۴۹}

به‌طور کلی، به هر گونه خطایی در تصویرگیری یا پردازش تصاویر، اعم از اختلالات اپتیکی یا

کاست ایجاد می‌شود. اگر اشعه ایکس از بدن انسان عبور کند، آن بخش از اندام‌ها که ساختار متراکمی دارند (مانند استخوان‌ها) یا از نظر فیزیکی ضخیم هستند (مانند شکم) نسبت به اندام‌هایی که متراکم نیستند، تشعشعات بیشتری جذب می‌کنند (بنی‌احمدی، ۱۳۷۰: ۷). در جاهایی که جذب تشعشع توسط بدن زیاد باشد، تابش بسیار کمی به فیلم می‌رسد و میزان سیاهی کم است. برعکس، زمانی که جذب اشعه توسط بدن کم باشد، تابش زیادی به فیلم می‌رسد و میزان سیاهی زیاد می‌شود. در پرتونگاری، دانسیته فیلم بر اساس میزان تیره یا سیاه شدن فیلم به دلیل فرایندهای تابش، ظاهر و تثبیت می‌گردد. بنابراین تصویر پرتونگاری، همیشه یک تصویر منفی است.

برای اندازه‌گیری میزان تیرگی یا سیاه شدن می‌توان از میزان نور عبوری از فیلم استفاده کرد. به عبارت دیگر، مقدار نوری که از یک فیلم اشعه ایکس عبور می‌کند، می‌تواند دانسیته فیلم را نشان دهد. دانسیته فیلم به صورت معادله ریاضی زیر بیان می‌شود. از این نظر، دانسیته فیلم عبارت است از: نسبت شدت تابش نور به میزان نور عبوری از فیلم است.

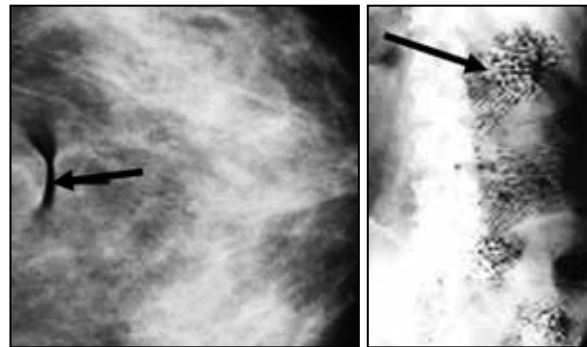
کنتراست به معنای تفاوت ظاهری در روشنایی بخشی از عکس با بخش دیگر تعریف می‌شود. بدون وجود

ناخن دست) یا الکتریسیته ساکن (تصویر صاعقه‌ای) است (تصویر ۱۷).

۳- مرحله ظهور و ثبوت (مرحله نهایی)

بعد از گرفتن عکس و بیرون آوردن فیلم از دوربین، نوبت به ظهور و چاپ آن می‌رسد. این عملیات برای دو هدف صورت می‌گیرد: «اول، به جهت مری کردن تصویر پنهانی که روی فیلم ثبت شده‌است؛ دوم، به جهت پایدار و تثبیت کردن آن تصویر» (گشایش، ۱۳۷۷: ۸۳). تاریک‌خانه اتاقی برای چاپ عکس یا ظهور و ثبوت فیلم و عکس بوده که نور ناخواسته مطلقاً وارد نمی‌شود. مواد حساس به نور را می‌توان در تاریک‌خانه از محفظه خارج کرد، بی‌آن‌که آسیب ببینند. «یک تاریک‌خانه مناسب دارای آب جاری، لوله فاضلاب، وسیله تهویه، سیستم صحیح برق، نور امن و میزهای کار است» (عباسی، ۱۳۹۹: ۴۸). هم‌چنین عوامل موثر در ظهور فیلم، شامل: حساسیت فیلم، نوع فیلم، دمای داروی ظهور، غلظت داروی ظهور، هم زدن داروی ظهور و نوع داروی ظهور می‌باشد.

«داروی ظهور^{۵۲}، دارویی است که تصویر نهان و نامریی را، که در مرحله نوردهی بر روی ماده حساس تشکیل شده‌است، مری می‌کند. بدین‌سان که ترکیبات املاح نقره فیلم را به فلز نقره یعنی نقره آزاد تبدیل می‌کند. داروی ثبوت^{۵۳} نیز محلول شیمیایی (تیوسولفات سدیم یا تیوسولفات آمونیوم) که حساسیت سطوح حساس (فیلم یا کاغذ) را نسبت به نور از بین می‌برد. داروی ثبوت، املاح نور ندیده نقره را حل می‌کند و تصویر ایجاد شده را پایدار می‌سازد» (عباسی، ۱۳۹۹: ۷۸). ظهور یک تصویر، ایجاد یک فرم فیزیکی از یک عکس است. و ثبوت، از پردازش فیلم یا کاغذ با محلول نمک تیوسولفات حاصل شده و آن‌ها نسبت به اثر بیشتر نور دیگر حساس نیستند و هالید نقره باقی‌مانده باعث مه‌آلود شدن تصویر نمی‌شود. ظهور به‌طور اعم، تمامی مراحل ظهور، ثبوت و شست‌وشو با آب را شامل می‌شود.



تصویر ۱۷: آرتیفکت‌های ناشی از وجود الکتریسیته ساکن به صورت نمایش تصویر صاعقه‌ای در نمای روبه‌رو از مهره‌های کمر و اثر فشاری زیاد دست در بخشی از تصویر ماموگرافی در فیلم‌های رادیوگرافی (نگارندگان).

الگوریتم‌های پردازش داخلی تصویر، اختلالات تصویر یا آرتیفکت گفته می‌شود. از جمله شایع‌ترین آن‌ها می‌توان به: موج‌دار شدن تصویر، محوشدگی، فشردگی و نویز اشاره کرد؛ که محوشدگی تصویر^{۵۴} در نتیجه حرکت سوژه یا بیمار است.

در عکاسی، به غیر از محوی‌هایی که به‌وسیله تنظیم دوربین به‌دست می‌آید، عکس‌ها گاهی اثرهای محوی را عرضه می‌کنند که به‌وسیله حرکت آفریده می‌شود. محوی حرکت در هنگامی به‌وجود می‌آید که زمان نوردهی طولانی انتخاب شود. این اختلال را با کاهش سرعت عکس‌برداری یا استفاده از سه‌پایه مخصوص، می‌توان کاهش داد. بنابراین برای جلوگیری از تارشدن عکس باید چهار منبع مهم در تارشدن عکس را مد نظر قرار داد. یعنی: تاری حرکتی، عدم فوکوس مناسب، پراش (انکسار) و اختلالات و مشکلات لنزی (جدول ۲).

در پرتونگاری نیز می‌توان با تغییر شرایط پرتودهی این اختلال را می‌توان کنترل نمود. با کاهش زمان پرتودهی یا ثابت نگه‌داشتن و مهار کردن اندام هدف (بیمار)، این مهم تا حدودی محقق می‌شود. البته بعضی از آرتیفکت‌ها در حین خارج کردن فیلم از کاست یا در مرحله ظهور آن در تاریک‌خانه پدید می‌آید (جدول ۲) که بیشتر ناشی از خطای کاربر (اثر فشاری



تصویر ۱۸: عملیات ظهور و ثبوت دستی فیلم رادیولوژی (24x30cm) و فیلم عکاسی (35mm) به همراه گیره و انبرک مربوطه، در تاریک‌خانه (نگارنده)

ثبوت، کریستال‌های برمید نقره ظهور نشده و تابش ندیده را از امولسیون فیلم حذف کرده و امولسیونی را که در طول فرآیند ظهور نرم شده است را دوباره سخت می‌کند. ثبوت یعنی جداسازی دانه‌های برمید نقره نور ندیده از امولسیون به‌طور کامل و به‌حدی که پس از آن نور بر فیلم، کاملاً بی‌اثر باشد، که نتیجه تمام این مراحل تبدیل تصویر پنهان به یک تصویر مری و قابل مشاهده است (تصویر ۱۸).

عکاسی و رادیوگرافی، هرکدام به تنهایی در هر دو حوزه شاخه‌های مختلف هنری و علوم پزشکی دخالت مستقیم دارند. هنر عکاسی، علاوه بر جنبه علمی، صنعتی و هنری، در علوم پزشکی نیز نقش ایفا می‌کند. عکاسی به‌صورت پدیده‌ای علمی متولد شد، به‌شکل یک صنعت گسترش یافت و به‌عنوان هنر

در رادیوگرافی اما این روند، متفاوت است. فیلم رادیوگرافی پس از تابش باید یک سری مراحل شیمیایی را طی کند تا تصویری قابل مشاهده و دائمی بر روی آن تشکیل شود و در نتیجه با وضوح بیشتری در معرض نور دستگاه نگاتسکوپ^{۵۴} قرار گیرد. فرآیند کامل ایجاد یک تصویر بر روی کلیشه رادیوگرافی در تاریک‌خانه عبارت است از: مرحله ظهور، آب‌گیری میانی، مرحله ثبوت، شست‌وشو و خشک کردن نهایی. «در ماشین‌های ظهور و ثبوت خودکار، آب‌گیری میانی، بین ظهور و ثبوت، با توجه به عمل فشار دادن غلتک‌ها، حذف شده است» (بنی احمدی، ۱۳۷۰: ۵۵). هدف ظهور قابل مشاهده کردن تصویر نهفته است. یک ماده شیمیایی خاص در محلول ظهور با کاهش کریستال‌های برمید نقره تابش دیده به نقره فلزی سیاه، بر روی فیلم اثر می‌گذارد. و محلول

جدول ۲. مقایسه مراحل آغازین و میانی در عکاسی و پرتونگاری (نگارندگان).

مرحله آغازین	مرحله میانی				مرحله آغازین	
	فاصله منبع تا سوژه	فرآیند تابش امواج الکترومغناطیس	امولسیون فیلم (یک طرفه یا دو طرفه)	دانشیته، کنتراست		کاست حاوی فیلم
عمق میدان Depth of Field	نوردهی	✓	✓	✓	رولی (۲۴ یا ۳۶ تایی)	استفاده از سهپایه، کاهش سرعت
فاصله منبع تا شی (FFD) فاصله شی تا کاست (OFD)	پرتودهی	✓	✓	✓	تک فیلم	ثابت کردن اندام هدف، کاهش عامل زمان (Mas)

جدول ۳: مقایسه مرحله ظهور و ثبوت در تاریخ خانه در یک لابراتوار عکاسی و بخش رادیولوژی (نگارندگان).

وسایل تاریک خانه	عکاسی	پرتونگاری	توضیحات
چراغ امن ^{۵۱}	✓	✓	شامل انواع دیواری، سقفی، رومیزی، فیلتر رنگ قرمز در فیلم سیاه - سفید و رادیوگرافی (نکته مهم: از چراغ امن، برای فیلم رنگی استفاده نمی شود)
آگرانسیسمان	✓	✓	به معنای بزرگ سازی، چاپ کردن عکسی که بزرگ تر از نگاتیو باشد
زمان سنج (کُرنومتر)	✓	✓	برای مشخص کردن پایان زمان فرآیند ظهور و ثبوت
دماسنج	✓	✓	(ظهور: حدود سه و نیم دقیقه، ثبوت: شش تا هفت دقیقه)
تانک ظهور	ظهور	ظهور	برای سنجش دمای داروها (حدود ۳۸ درجه سانتی گراد) و هم دمای (محیط) (۱۸-۲۲ درجه سانتی گراد)
مرحله توقف	(هیدروکینین و غیره)	(هیدروکینین و غیره)	ذرات ترکیبات نقره دچار تحول می شود و سبب پدید آمدن تصویر پنهان می شود
آب کشی میانی	✓	-	مرحله متوقف ساختن اعمال ظهور
تانک ثبوت	-	✓	در ماشین های ظهور اتوماتیک، مرحله آب کشی میانی، بین ظهور و ثبوت با توجه به عمل فشردن غلتک ها، حذف می شود
تانک آب و شست و شو	ثبوت (تیوسولفات سدیم و غیره)	ثبوت (تیوسولفات سدیم و غیره)	مدت زمان مرحله ثبوت در هر دو شیوه، ۱۰ حدود دقیقه، ثبوت در عکاسی: تبدیل هالیدهای نقره به نمک های قابل حل نقره
خشک کردن فیلم	✓	✓	مرحله شست و شو، در هر دو شیوه: عاری سازی امولسیون از مواد شیمیایی زائدی چون تیوسولفات سدیم (هیپو) است. چنان چه در مرحله نهایی از محلول دوام بخش استفاده شود، نیاز به شست و شو نیست.
رتوش نگاتیو	✓	✓	آخرین مرحله در فرآیند ظهور و ثبوت است
دستگاه اسم زن	✓	✓	لوازم رتوش: مدادها، قلم موها، تیغ ها، رنگ های مشکی، قهوه ای و خاکستری، محلول مانولین، اربراش (قلم بادی)
(تابش نور لحظه ای)	✓	✓	قبل از مرحله ظهور، فیلم را به واسطه این دستگاه نور داده و اطلاعات بیمار، تاریخ و نام مرکز درمانی در قسمت پائین فیلم درج می شود.
نگتسکوپ	✓	✓	وسیله ای با ایجاد نور در یک صفحه، دیدن و بررسی فیلم های رادیولوژی را مهیای می کند.
کاست های فیلم	✓	✓	15x30, 13x18, 24x30, 35x35, 14x17 (Inch)
کشوی میز قرارگیری فیلم های خام	✓	✓	با بازکردن کشوی 45 درجه (حاوی همه سایر فیلم ها)، اتاق تاریک شده و چراغ امن روشن می شود
گیره و انبرک	✓	✓	جهت برداشتن، نگهداری و آویختن کلیشه و حلقه های فیلم (مرحله ظهور و ثبوت)
کاتر	✓	✓	جهت برش و تقطیع فیلم به اندازه و سایزهای مورد نیاز

و غیره باشد که به عکس برداری پزشکی^{۵۵} شناخته می شود. رادیوگرافی هم این چنین است. «رادیوگرافی در پزشکی و در صنعت برای آشکار ساختن وضع

تثبیت شد. شاید نمونه بارز کاربرد آن در درمان های مربوط به عمل های زیبایی مانند جراحی های پلاستیک، دندان پزشکی و ارتودنسی، پوست و مو

جدول ۳. مقایسه فنی و شکلی فرآیند تصویربرداری در عکاسی و پرتونگاری (نگارندگان).

تاریخ اکتشاف	دستگاه و اجزاء (مرحله آغازین)	ثبت تصویر (مرحله میانی)	ظهور و ثبوت (مرحله نهایی)
عکاسی (۱۸۳۰ م)	چشم	کاست	ظهور یک تصویر، ایجاد یک فرم فیزیکی از یک عکس است و ثبوت، از پردازش فیلم با کاغذ یا محلول نمک تیوسولفات حاصل می‌شود.
		فیلم ۳۵ میلیمتری	
		کاست	
		فیلم (سایز، نوع، فرمت)	
پرتونگاری (۱۸۹۵ م)	چشم	کاست	در ظهور، کاهش کریستالهای پرمیید نقره سیاه و تابش دیده به نقره فلزی سیاه و در ثبوت، حذف پرمیید نقره ظهور نشده و تابش ندیده از سطح فیلم.
		فیلم	
		فولی (صفحه تشدیدکننده)	
		فولی (صفحه تشدیدکننده)	

دست دادن اطلاعات تشخیصی شود (جدول ۴). با درک این شباهت‌ها و تفاوت‌های بین دو فن عکاسی و رادیوگرافی، می‌توان از چالش‌ها و فرصت‌های منحصر به فردی که هر رشته ارائه می‌دهد، به نیکی بهره جست.

نتیجه‌گیری

عکاس در پی انتقال یک پیام، و پرتونگار به دنبال ارائه اکتشاف و تشخیص است. در عکاسی، عامل نور و در پرتونگاری، اشعه ایکس در ثبت تصویر دخالت دارد. با این حال، پرتونگاری می‌تواند آگاهانه در عین حفظ چارچوب‌های علمی پرتونگاری از هنر عکاسی سود جویند. بدین معنا که هنرمندان عکاس و پرتونگاری، هر دو می‌توانند به شیوه‌های مختص به خود از مهارت‌های شخصی، زیبایی‌شناسانه و آشنایی با علوم فیزیک و شیمی در حرفه خود بهره ببرند. بر این اساس می‌توان اذعان داشت که شناسایی وجوه مشترک بین این دو شیوه‌ی تصویربرداری، و سود جستن از آموزه‌های هنر عکاسی، می‌تواند نویدبخش گام‌هایی

داخلی عنصر به کار می‌رود. همچنین به وسیله آن می‌توان تابلوهای قدیم نقاشی و اصل را، از تابلوهای دست‌کاری شده تمیز داد. عکس حاصل را، رادیوگراف یا پرتونگاشت می‌نامند» (عباسی، ۱۳۹۹: ۹۸).

در بیان جمع‌بندی از یافته‌های تحلیلی پژوهش باید گفت عکاسی و رادیوگرافی دو رشته مجزا هستند که با وجود تفاوت در اهداف و کاربردهای شان، شباهت‌هایی با یکدیگر دارند. در عکاسی، تصویر با استفاده از نور مریی ایجاد می‌شود، در حالی که در رادیوگرافی، تصویر با استفاده از پرتوهای یونیزان (مانند اشعه ایکس یا اشعه گاما) ایجاد می‌شود. در عکاسی، نور توسط سوژه جذب، بازتاب یا منتقل می‌شود، در حالی که در رادیوگرافی، تابش توسط سوژه جذب یا پراکنده می‌شود. از سویی، هر دو زمینه، به تجهیزات و تکنیک‌های تخصصی برای ثبت تصاویر با کیفیت بالا نیاز دارند. نوردی و پرتودهی بیش از حد یا کمتر می‌تواند منجر به کیفیت پایین تصویر یا از

جدول ۴. مقایسه تطبیقی و تحلیل یافته‌ها در عکاسی و پرتونگاری (نگارندگان).

رشته	تکنیک و تجهیزات	شکل‌گیری تصویر	بهره‌وری شرایط (کنتراست)	پردازش تصویر	تفسیر تصویر	تجسم	مشاهده‌گر	ملاحظات ایمنی
عکاسی	دوربین‌ها، لنزها و تجهیزات نورپردازی	استفاده از نور مری	تقویت بافت، اصلاح کنتراست رنگ	تنظیم نوردهی، کنتراست و تعادل رنگ	نور و سایر عناصر زیبایی‌شناختی برای انتقال یک پیام یا گفتن یک داستان	اهداف هنری، تجاری و صنعتی	عکاس، منتقد و عموم مردم	کاهش شرایط نوری سخت
پرتونگاری	دستگاه‌های اشعه ایکس، آشکارسازها و نرم‌افزارهای پردازش	استفاده از پرتوهای یونیزان	بهبود دید، تشخیص بهتر تصویر	اصلاح سخت شدن پرتو (عمق نفوذ)	تشخیص شرایط پزشکی، صدمات و نظارت بر پاسخ درمانی	در درجه اول برای اهداف پزشکی و بعد، صنعتی و گاهی هنری	پرتونگار، پزشک	کاهش تشعشعات مضر

6. Ad Reinhardt

7. Exposure

8. Direct-exposure- X Ray film

9. "Radiology and Fine Art", by Slobodan Marinković, American, Journal of Roentgenology (AJR) Volume 199, Issue 1, (2012).

10. Camera Obscura

11. Leonardo da Vinci

12. Michelangelo

13. Johannes Kepler

۱۴. ابوعلی حسن ابن حسن ابن هيثم که اروپاییان او را با عنوان «Alkazen» می‌شناسند (گیلیسپی، ۱۳۹۵: ۵).

15. Joseph Nicéphore Niépce

۱۶. لیتوگرافی (Lithography) یا چاپ سنگی.

17. Wilhelm Conrad Roentgen

18. Würzburg

19. Anna Bertha

20. Peter Henry Emerson

21. Lennart Nilsson

22. Iridium

23. Collimator

24. Shutter

25. Selector Switch

26. Fluoroscopy

27. Invers-Square Law

۲۸. فاصله میان مرکز آند در تیوب اشعه X با فیلم (بالای کاست) در پرتونگاری: (FFD) Film-Focus Distance

۲۹. فاصله سوژه تا فیلم: (OFD) Object to Film Distance

30. Foreign Body

31. Exposure

32. Radiation

33. Photon

34. localize

35. latitude

36. landmark or Marker

راه‌گشا جهت ارتقای سطح کیفی تصویربرداری پزشکی و به‌خصوص پرتونگاری شود. درست است که در رادیوگرافی، تابش اشعه ایکس فاکتور مهمی است، ولی در نهایت ثبت تصویر، باز هم به‌واسطه عامل نور، محقق می‌شود و بیننده فقط پزشک است. هم‌چنین وجود اختلاف فاصله زمانی در اکتشاف این دو شیوه تصویربرداری، مبین قرارگرفتن رفع نیازهای پزشکی در اولویت‌های بعدی است. از این‌رو، تجربه زیسته پرتونگاری این نکته را روشن می‌نماید که در این راستا، تکنیک‌های هنری، می‌تواند پتانسیلی را برای ارتقای سطح کیفی تصاویر پرتونگاری به ارمغان آورد. بدین معنا که پرتونگار در کار و حرفه خود، به رغم دارا بودن یک چارچوب مشخص، معین و تقید و الزاماتی در حرفه تشخیص پزشکی خود، اما می‌تواند با بهرمندی از مشترکات مفید میان عکاسی و پرتونگاری و البته حفظ مختصات مربوطه، محصول نهایی را جذاب‌تر و کاربردی‌تر ارایه نماید.

پی‌نوشت‌ها

1. Medium

2. Photography

3. Radiography

۴. پرده متحرکی است که در مقابل فیلم یا گیرنده تصویر قرار می‌گیرد. در زمان عکس‌برداری این پرده، کنار رفته و مجدداً بسته می‌شود.

5. Paul Strand

تهران: سروش.
سهیلی، بابک؛ دلخواه، خسرو (۱۳۶۲)، **عکاسی ۳۵ میلی متری**، تهران: روزبهان.
شفائیه، هادی (۱۳۷۲)، **فن و هنر عکاسی**، تهران: علمی فرهنگی.
عباسی، اسماعیل (۱۳۹۹)، **فرهنگ عکاسی**، تهران: سروش.
فینینگر، آندرناس (۱۳۸۵)، **نور و نورپردازی در عکاسی**، ترجمه سید امیر ایافت، تهران: سروش.
کیم، ژان. آ (۱۳۶۳)، **تاریخ عکاسی**، ترجمه حسین و داریوش گل گلاب، تهران: پنگوئن.
گشایش، فرهاد (۱۳۷۷)، **عکاسی: از تاریخ تا تکنیک**، تهران: عفاف.
گل گلاب، داریوش (۱۳۷۰)، **بررسی فنی عکاسی رنگی**، تهران: جهاد دانشگاهی.
گیلیسی، چارلز کولستون (۱۳۹۵)، **زندگی نامه علمی دانشمندان اسلامی**، جلد ۲، ترجمه احمد بیرشک، تهران: انتشارات علمی و فرهنگی.
مترلر، فرد (۱۳۸۱)، **رادیولوژی برای پزشکان عمومی**، ترجمه پروین علی پور، تهران: بُشری.
وینستون، رابرت (۱۴۰۱)، **تاریخ علم**، ترجمه الهام شوشتری زاده، تهران: سایان.

ب/ غیرفارسی

Marinković, Slobodan. (2012), Radiology and Fine Art, American Journal of Roentgenology (AJR), Volume 199, Issue 1.
Tridandapani, Srini. (2019), Interpreting Radiographs with Concurrently Obtained Patient Photographs. Radiology; 39:1356-1367, 5.10.1148/rg.2019180198.
P. C. Brennan, M. Nash. (1998), Increasing FFD: an effective dose-reducing tool for lateral lumbar spine investigations, UCD School of Diagnostic Imaging, Radiography, 4, 251-259.
Wolbarst, Anthony.B. (2013), **Medical Imaging Essentials For Physicians**, Publisher: Wiley-Blackwell, 1st edition.
Bushong, Stewart C. (2001), **Radiologic Science For Technologists 7/E: Physics, Biology, And Protection**, Published by Mosby, 7st edition.
Dowsett, David. (2009), **Radiological Sciences Dictionary: Keywords, names and definitions** (Hodder Arnold Publication) 1st Edition, Kindle Edition, CRC Press.

37. Double-Coated Film
38. Emulsion
۳۹. استاندارد بین المللی برای رتبه بندی حساسیت فیلم، مقیاس ISO است که بر اساس قالب NID/ASA می باشد (عباسی، ۱۳۹۹: ۱).
40. American Standards Association
41. DIN
Deutsche Industrie Norm
42. Density
43. Contrast
44. Negative
45. Positive
۴۶. نماهای عکس برداری رادیولوژی از اندام فوقانی شامل نمای خلفی - قدامی (AP)، در این مورد، بیمار در حالت ایستاده قرار دارد. اشعه از پشت به سمت جلو می تابد. تصاویر این نما، بسیار شفاف و دقیق است. نمای قدامی - خلفی (PA)، در این نما برعکس حالت قبلی، اشعه از سمت جلو به پشت تابانده می شود (Anterior: A, Posterior: P) (مترلر، ۱۳۸۱: ۵).
47. Cassette
48. Artifacts
49. Motion Blur
50. Safelight
51. Developer
52. Fixer
۵۳. این دستگاه با تولید نور یک نواخت باعث مطالعه راحت و آسان کلیشه های (فیلم) رادیوگرافی و همچنین بهبود کیفیت ارزیابی آن ها می شود (Dowsett, 2009: 116).
54. Medical Photography
۵۵. F-pots با نام مستعار (f-rebmun) عددی است که هنگام تنظیم اندازه دیافراگم، روی دوربین یا لنز دیده می شود (عباسی، ۱۳۹۹: ۱۳۷).

فهرست منابع

الف/ فارسی

آدامز، رابرت (۱۳۸۰)، **چرا مردم عکس می گیرند**، ترجمه رعنا جوادی، تهران: انتشارات دفتر پژوهش های فرهنگی.
آقازاده، جمشید (۱۳۴۶)، **بررسی تشخیصی کلینیکی فوتوگرافی و پرتونگاری**، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، دانشکده دندانپزشکی، رساله دکتری.
ایمانی مقدم، ماهرخ (۱۳۸۵)، بررسی تاثیر چهار نوع ماده ظهور و ثبوت رایج ساخت ایران بر کیفیت تصویر رادیوگرافیک دو نوع فیلم دندان، مجله دندانپزشکی جامعه اسلامی دندانپزشکان / دوره ۱۸ شماره ۳، پاییز ۱۳۸۵، ۶۶-۶۱.
بارنت، سیلوان (۱۳۹۷)، **راهنمای تحقیق و نگارش در هنر**، ترجمه بتی آواکیان، تهران: سمت.
بلافا، هالا (۱۳۹۹)، **فرهنگ دوربین**، ترجمه رعنا جوادی، تهران: انتشارات سروش.
بلخاری قهپی، حسن (۱۳۸۷)، **معنا و مفهوم زیبایی، المناظر و تنقیح المناظر**، تهران: فرهنگستان هنر.
بنی احمدی، قاسم (۱۳۹۸)، **کتاب اصول تاریک خانه در رادیوگرافی**، تهران: حیدری.
تاسک، پتر (۱۳۸۲)، **سیر تحول عکاسی**، ترجمه محمد ستاری، تهران: سمت.
حمیدیان، تورج (۱۳۹۲)، **حرفه: عکاس / فرهنگ عکاسان جهان**، جلد یک و دو، تهران: حرفه هنرمند.
ژام، آندره (۱۳۹۶)، **سرگذشت پیدایش عکاسی**، ترجمه پیروز سیار،

A Comparative Study of Imaging in the Art and Diagnostic Medical Sciences until the Advent of Digital Technology (Case study: Photography and Radiographie)

Hamed Momken

Ph.D. Student, Research of Art, Department of Advanced Studies in Art, Faculty of Visual Arts, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran.

Ali Khaksar

Assistant Professor, Department of Advanced Studies in Art, Faculty of Visual Arts, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran.

(Received: 01 Juiller 2024, Accepted: 05 Decembre 2024)

Abstract

In this research, the common aspects of image registration and the process of film development and fixation in photography and radiography, and at the same time the differences between the two, are identified and expressed. Therefore, the fundamental problem of this research is how the techniques, skills and principles used in the art of photography can help radiography in creating and recording images with better quality. Based on this, the aim of the current research is to identify and determine commonalities between imaging in art and diagnostic medicine, to know the effect of photography on radiography in diagnostic medicine, which can ultimately lead to a more accurate diagnosis in terms of practical value. In this sense, the current research focuses on the subject with a practical approach and analytical-comparative method, and data has been collected based on library and electronic study. The findings of this research claim that the use of useful equipment is required and knowledge of how the process of recording the image until reaching the final product, Along with the correct application of physical laws and chemical transformations, you can reach the desired point. Also, the existence of a time difference in the discovery of these two technologies has shown that staying on the medical needs is placed in the next priorities.

Keywords

Analog photography, Radiography, Medical Imaging, Digital Technology