ساخت فنتومهای آموزشی رادیوگرافی و بررسی کارایی آنها

اکبر علی اصغرزاده[1]، حسین نیکزاد[2]، حمید رضا ملکوتی شاد[3]

خلاصه

سابقه و هدف: یکی از اهداف ایجاد رشته فنآوری رادیولوژی تربیت افرادی است که بتوانند تصاویر رادیوگرافی با کیفیت بالا تهیه نمایند. برای اینکار دانشجویان ابتدا در دروس نظری اصول مربوطه را فرا می‌گیرند، سپس این اصول و روشها را در آزمایشگاه بصورت عملی تجربه می‌کنند و در نهایت جهت گرفتن تصویر بر روی بیمار اعمال می‌نمایند. در حال حاضر مرحله دوم به دلیل نبود امکانات مورد نیاز در کشور ما انجام نمی‌شود که باعث بروز مشکلاتی می‌گردد. این پژوهش بمنظور ساخت فنتومهای آموزشی‌رادیوگرافی و بررسی کارایی آنها انجام شد تا دانشجویان قبل از اعمال اصول و فنون فرا گرفته بر روی بیمار، موارد مزبور را بر روی فنتومها اجرا کرده و بعد از بدست آوردن آمادگی لازم وارد بخشهای رادیولوژی‌گردند.

مواد و روش‌ها: در ابتدا استخوانهای طبیعی مربوط به فنتوم مورد نظر تهیه شدند. سپس با توجه به موقعیت آناتومیکی در بدن و نمای رادیوگرافیک مورد درخواست، در داخل قالبی از ناحیه مزبور تنظیم و تثبیت گردیدند. آنگاه قالب پر از پارافین مذاب شد. بعد از سرد شدن و خارج کردن فنتوم از قالب، اطراف آن پوشانده و سطح خارجی آن رنگ‌آمیزی گردید. جمعاً تعداد ۹ فنتوم ساخته شدکه عبارت بودند از: فنتومهای کف و مچ دست، ساعد، آرنج، بازو، زانو، اندام تحتانی، لگن و شکم و جمجمه. بعد از اتمام ساخت، تصاویر رادیوگرافیک فنتومها با تصاویر رادیوگرافیک حقیقی از بدن از نظر پارامترهای فیزیکی کنتراست و دانسیته فیلم و تشابه رادیوگرافیکی مقایسه شدند.

یافته‌ها: از نظر ظاهری فنتومهای ساخته شده با نمونه‌های انسانی مشابهت داشت و بررسی و مقایسه تصاویر رادیوگرافیگ آنها با رادیوگرافی اندامهای انسانی مشابه بود. میانگین کنتراست اندام فوقانی در فنتوم و بدن انسان (۰/۵ و ۰/۵)، اندام تحتانی در فنتوم و بدن انسان (۰/٦و ۰/۷)، جمجمه در فنتوم و بدن انسان (۰/٦ و ۰/٤) و لگن در فنتوم و بدن انسان (۱/۲ و ۰/۸) محاسبه گردید.

نتیجه‌گیری: امکان ساخت و تهیه چنین فنتومهایی در داخل کشور وجود دارد. از نظر کیفیت و کارایی نیز این فنتومها در حدی می‌باشند که می‌توانند در آموزش عملی دانشجویان مورد استفاده قرار گیرند.

واژگان کلیدی: فنتوم، رادیوگرافی، آموزش

۱- استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی کاشان، گروه رادیولوژی
۲- استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی کاشان، گروه آناتومی
۳- کارشناس رادیولوژی، بیمارستان نقوی
پاسخگو: دکتر اکبر علی اصغرزاده
✍ کاشان، کیلومتر ۵ جاده راوند، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، دانشکده پیراپزشکی

تاریخ دریافت مقاله: ۸۳/۵/۱۷
تاریخ تایید مقاله: ۸٤/۱۱/۱۵

مقدمه

از جمله اهداف ایجاد رشته کاردانی و کارشناسی رادیولوژی تربیت افرادی است که بتوانند تصاویر رادیوگرافی را با کیفیت بالا، حداقل دوز پرتویی و بدون تحمیل هزینه‌های غیرضروری تهیه کنند. جهت نیل به این هدف دانشجویان ابتدا در دروس نظری، اصولی را که رعایت آنها منجر به تولید تصاویری با حداکثر کیفیت تشخیصی و حداقل دوز پرتویی می‌گردد فرا می‌گیرند، آنگاه طی دروس عملی و کارآموزیهای مختلف که در بیمارستانها انجام می‌شود، اصول فوق‌الذکر را عملا به اجرا می‌گذارند (۱) در حال حاضر مشکلی که گروههای آموزشی و دانشجویان رادیولوژی در کشور ما با آن روبرو هستند عمدتا مربوط به قسمت دوم یعنی دروس عملی و کارآموزیها می‌باشد، چرا که دانشجویان بعد از فراگیری دروس نظری بلافاصله در بخش رادیولوژی حاضر شده و آموزش عملی دروس نظری خود را بر روی بیماران فرا می‌گیرند. این مسأله با توجه به اثرات سوء تابش پرتوهای ایکس و همچنین قیمت بالای تجهیزات و

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-21]

دستگاههای مورد استفاده باعث بروز مشکلاتی می‌شود که از جمله مهمترین آنها می‌توان به پرتوگیری غیرضروری بیماران و پرسنل، خراب شدن فیلم‌ها و تکرار رادیوگرافی، اتلاف منابع و آموزش نامناسب دانشجویان اشاره نمود (۲).

بررسی حل این مشکلات بایستی دانشجویان قبل از ورود به بخش رادیولوژی بیمارستانها آزمونهای مربوط به کیفیت تصویر و روشهای پرتونگاری را بر روی فنتومها نمونه‌هایی مشابه بدن بیمار (۳) انجام دهند. از آنجا که هدف عمده ساخت این فنتومها آموزش دانشجویان می‌باشد تصاویر رادیوگرافیک آنها می بایست با تصاویر رادیوگرافیک بدن کاملاً مشابه باشد.

در این رابطه وجود تشابه آناتومیک از نظر وضعیت قرارگیری استخوانها پارامترهای فیزیکی مهم و موثر در کیفیت تصاویر اهمیت زیادی دارد. دو پارامتر فیزیکی مهم دانسیته یا سیاهی فیلم و کنتراست یا اختلاف دانسیته تعیین‌کننده کیفیت تصاویر رادیوگرافی می باشند (٤). برای اینکه تصاویر حاصل از فنتومها از نظر پارامترهای فوق با تصاویر واقعی مشابهت داشته باشند، همچنین با توجه به اینکه در تصاویر رادیوگرافی بطور عمده دو نوع بافت استخوانی و نرم مشاهده می شوند در ساخت فنتومها نیز می بایست از مواد مشابه استفاده نمود. در تحقیق حاضر از استخوان طبیعی و پارافین که از نظر عدد اتمی و چگالی مشابه بافت نرم است استفاده شد (۵ و ٦).

دانشجویان با بکارگیری این فنتومها و کسب مهارت، می‌توانند به امر تصویربرداری از بیماران اقدام نمایند. این‌کار باعث پرهیز از تابش پرتو ایکس غیرضروری به بیماران و پرسنل، جلوگیری از تکرار رادیوگرافی و اتلاف منابع، انجام آزمونها با اطمینان بیشتر و دلهره کمتر دانشجویان و ارتقای سطح آموزشی آنان می شود (۲).

متأسفانه هم اکنون در کشور ما فنتومهای ذکر شده موجود نمی‌باشند و خرید آنها از خارج نیز مستلزم پرداخت هزینه بالایی می‌باشد. بررسی برنامه آموزشی مراکز دانشگاهی خارج از کشور مؤید این است که در بیشتر آنها جهت آموزش دانشجویان رادیولوژی از فنتوم استفاده می شود (۷ و ۱۲). هدف از اجرای این تحقیق فراهم آوردن امکان ساخت فنتومهای فوق‌الذکر در داخل کشور می باشد.

مواد و روشها

در این مطالعه برای ساخت فنتوم از استخوانهای طبیعی موجود در گروه آناتومی استفاده گردید. استخوانها توسط متخصص مربوطه و بوسیله چسب مخصوص در وضعیت طبیعی مورد نیاز برای رادیوگرافی از نمای روبرو یا نیمرخ تنظیم گردید. سپس در داخل قالب گچی عضو مربوطه که قبلا تهیه شده بود ثابت گشت. جهت کنترل موارد فوق از تصاویر رادیوگرافی استفاده گردید. آنگاه قالبها با پارافین مذاب پرشدند. بعد از سرد شدن پارافین، قالب گچی برداشته شد. در این مرحله با توجه به پایین بودن نقطه ذوب پارافین و امکان کنده شدن و تخریب پارافین اطراف استخوانها لایه محافظ نازکی در اطراف فنتوم پیچیده شد. در نهایت فنتومهای ساخته شده رنگ‌آمیزی شدند.

فنتومها با توجه به نیازهای آموزشی و امکانات موجود مورد نظر جهت ساخت عبارت بودند از: فنتوم کف و مچ دست و ساعد در دو وضعیت رادیوگرافیک روبرو و نیمرخ، فنتوم ساعد در وضعیت رادیوگرافیک روبرو، فنتوم بازو در وضعیت رادیوگرافیک روبرو، فنتوم زانو در وضعیت رادیوگرافیک نیمرخ، فنتوم آرنج در وضعیت رادیوگرافیک نیم رخ، فنتوم اندام تحتانی شامل کف پا، مچ، ساق پا، زانو و ران در وضعیت رادیوگرافیک روبرو، فنتوم لگن و شکم شامل لگن، مهره‌های کمری و گردن فمور در وضعیت رادیوگرافیک روبرو، فنتوم جمجمه شامل جمجمه و بخشی از مهره‌های گردنی در وضعیت رادیوگرافیک روبرو. جمعاً تعداد ۹ فنتوم ساخته شد. بعد از پایان ساخت، در شرایط یکسان اکسپوژر، از فنتومها و اندامهای مشابه آنها رادیوگرافی بعمل آمد.تصاویر حاصله از نظر پارامترهای فیزیکی همچون کنتراست و دانسیته فیلم و همچنین تشابه ظاهری رادیوگرافیکی، مورد بررسی قرار گرفت. برای اینکار دانسیته تصاویر فنتومها و اندام واقعی با استفاده از یک دستگاه دانسیتومتر مدل *SAKURA PDA-81* ساخت ژاپن اندازه‌گیری و کنتراست نقاط مشابه در تصاویر محاسبه شد. در نهایت کیفیت و کارایی فنتومها توسط متخصصین رادیولوژی تایید گردید.

یافته‌ها

عکس فتوگرافیک فنتومهای ساخته شده اندام فوقانی در تصویر ۱، تصاویر رادیوگرافیک کف دست فنتوم اندام فوقانی (راست) و بدن انسان (چپ) در وضعیت رادیوگرافیک روبر و در تصویر ۲ و نتایج حاصل از اندازه‌گیری دانسیته و کنتراست فنتومهای اندام فوقانی ساخته شده و بدن انسان در جدول ۱ آمده است.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-21]

تصویر۱- تصویر فتوگرافیک فنتومهای اندام فوقانی

تصویر۲ - تصاویر رادیوگرافیک کف دست فنتوم اندام فوقانی (راست)، بدن انسان (چپ) در وضعیت‌رادیوگرافیک روبرو

جدول ۱- نتایج حاصل از اندازه‌گیری دانسیته و کنتراست در فنتومهای اندام فوقانی و بدن انسان

پارامترمورد بررسی	دانسیته فنتوم		دانسیته بدن انسان		کنتراست	
	پارافین	استخوان	بافت نرم	استخوان	فنتوم	بدن انسان
کف دست	۱/۵	۱	۱/٦	۰/۹	۰/۵	۰/۷
مچ دست	۱/٤	۰/۹	۱/٤	۱	۰/۵	۰/٤
ساعد	۱/۳	۰/۹	۱/٤	۱	۰/۵	۰/٤
آرنج	۱/۵	۰/۷	۱/۳	۰/٦	۰/۸	۰/۷
بازو	۱/۲	۰/۸	۱/۳	۰/۸	۰/٤	۰/۵

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-21]

۱/۳±۰/۱	۰/۹±۰/۱	۱/٤±۰/۱	۰/۹±۰/۲	۰/۵±۰/۱	۰/۵±۰/۱

Mean ±SD

عکس فتوگرافیک فنتومهای ساخته شده اندام تحتانی در تصویر ۳، تصاویر رادیوگرافیک کف پای فنتوم اندام تحتانی (راست) و بدن انسان (چپ) در وضعیت رادیوگرافیک نیمرخ در تصویر ٤ و نتایج حاصل از اندازه‌گیری دانسیته و کنتراست فنتومهای اندام تحتانی ساخته شده و بدن انسان در جدول ۲ آمده است.

تصویر ۳- تصویرفتوگرافیک فنتومهای اندام تحتانی

تصویر ٤- تصاویر رادیوگرافیک کف پای فنتوم اندام فوقانی (راست)، بدن انسان (چپ) در وضعیت رادیوگرافیک نیم رخ

جدول ۲- نتایج حاصل از اندازه‌گیری دانسیته و کنتراست در فنتوم‌های اندام تحتانی و بدن انسان

پارامترمورد بررسی	دانسیته فنتوم		دانسیته بدن انسان		کنتراست	
	پارافین	استخوان	بافت نرم	استخوان	فنتوم	انسان
کف پا	۱/۸	۱/۲	۱/۸	۱/۲	۰/٦	۰/٦
مچ پا	۱/۵	۱/۲	۱/۵	۰/۹	۰/٤	۰/٦

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-21]

ساق	۱/٤	۰/۸	۱/۲	۰/۷	۰/٦	۰/۵
زانو	۱	۰/٦	۱	۰/۸	۰/۵	۰/٦
ران	۱/۷	۰/۸	۱/۷	۰/۷	۰/۹	۱
Mean ±SD	۱/۵±۰/۳	۰/۹±۰/۳	۱/٤±۰/۳	۰/۹±۰/۲	۰/٦±۰/۲	۰/۷±۰/۲

عکس فتوگرافیک فنتوم ساخته شده جمجمه در تصویر ۵ ، تصاویر رادیوگرافیک فنتوم جمجمه (راست) و بدن انسان (چپ) در وضعیت رادیوگرافیک نیمرخ در تصویر ٦ و نتایج حاصل از اندازه‌گیری دانسیته و کنتراست فنتوم جمجمه ساخته شده و بدن انسان در جدول ۳ آمده است.

تصویر۵- تصویرفتوگرافیک فنتوم جمجمه

تصویر ٦- تصاویر رادیوگرافیک فنتوم جمجمه (راست)، بدن انسان (چپ) در وضعیت‌رادیوگرافیک نیمرخ

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-21]

جدول ۳- نتایج حاصل از اندازه‌گیری دانسیته و کنتراست در فنتوم جمجمه و بدن انسان

پارامتر موردبررسی	دانسیته فنتوم		دانسیته بدن انسان		کنتراست	
	پارافین	استخوان	بافت نرم	استخوان	فنتوم	بدن انسان
جمجمه	۱/۲	۰/٦	۱/۸	۰/۹	۰/٦	۰/۵
مهره های گردنی	۱/۷	۱/۱	۱/۸	۱/۵	۰/٦	۰/۳
Mean ±SD	۱/۵±۰/٤	۰/٦±۰/٤	۱/۸±۰/۰	۱/۲±۰/٤	۰/٦±۰/۰	۰/٤±۰/۱

عکس فتوگرافیک فنتوم ساخته شده لگن در تصویر ۷، تصاویر رادیوگرافیک فنتوم لگن (راست) و بدن انسان (چپ) در وضعیت رادیوگرافیک روبرو در تصویر ۸ و نتایج حاصل از اندازه‌گیری دانسیته و کنتراست فنتوم لگن ساخته شده و بدن انسان در جدول ٤ آمده است.

تصویر ۷- تصویر فتوگرافیک فنتوم لگن

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-21]

تصویر ۸ - تصویر رادیوگرافیک فنتوم لگن (راست)، بدن انسان (چپ) در وضعیت رادیوگرافیک روبرو

جدول ٤ نتایج حاصل از اندازه‌گیری دانسیته و کنتراست در فنتوم لگن و بدن انسان

پارامترموردبررسی	دانسیته فنتوم		دانسیته بدن انسان		کنتراست	
	پارافین	استخوان	بافت نرم	استخوان	فنتوم	انسان
گردن فمور	۱/۲	۰/٦	۱/۳	۰/۹	۱/۳	۰/۹
ناحیه لگن	۱/۵	۱/۲	۱/۳	۰/۹	۱/۳	۰/۹
مهره های کمری	۱/٤	۰/۸	۱/۱	۰/۷	۱/۱	۰/۷
Mean±SD	۱/٤±۰/۲	۰/۹±۰/۳	۱/۲±۰/۱	۰/۹±۰/۰	۱/۲±۰/۱	۰/٦±۰/۱

بحث

نتایج نشان داد که فنتومهای ساخته شده از نظر شکل ظاهری، تصاویر رادیوگرافیکی و پارامترهای فیزیکی یعنی دانسیته و کنتراست با نمونه‌های انسانی مشابهت دارند. علت این تشابه آنست که در تصاویر رادیوگرافی بطور عمده دو نوع بافت استخوانی و بافت نرم مشاهده میشود و در ساخت فنتومها نیز استخوان طبیعی و پارافین استفاده شده بود.

به دو دلیل در ساخت فنتومها از استخوان طبیعی و پارافین استفاده شد: اول اینکه پارافین و استخوان طبیعی از نظر چگالی و عدد اتمی مشابه با بافت طبیعی بوده و از مهمترین عوامل تعیین کننده دانسیته و کنتراست رادیوگرافیها می باشند (٤). دوم اینکه علاوه بر موجور نبودن فنتوم رادیوگرافی خارجی در ایران، بدلیل سری بودن اطلاعات شرکتهای تولیدکننده خارجی در این زمینه، اطلاعی از نحوه ساخت و ترکیبات فنتوم وجود نداشت.

در این تحقیق برای ارزیابی کیفیت و کارایی فنتومها، تصاویر رادیوگرافی آنها با تصاویر رادیوگرافی بدن انسان، توسط متخصصین رادیولوژی مقایسه و مورد تایید قرار گرفت. علت مقایسه با تصاویر مشابه بدن عدم دسترسی به فنتومهای ساخت خارج بود.

این فنتومها از نقطه نظر ساخت و کاربرد قابل ارزیابی می‌باشند. در ساخت این فنتومها می‌توان از استخوانهای طبیعی موجود و بدون استفاده در گروههای آناتومی استفاده نمود. بعلاوه پارافین با قیمت ارزان و قابلیت شکل‌گیری خوب و آسان، امکان ساخت فنتوم را در داخل کشور بدون خروج ارز و به قیمت یک پانزدهم نمونه خارجی فراهم می سازد.

از نظر کاربردی، استفاده از این فنتومها منجربه افزایش مهارتهای تصویربرداری و اعتماد به نفس دانشجویان، کاهش تکرار رادیوگرافی، کاهش اتلاف وقت و منابع و حفاظت بیشتراز بیماران و پرسنل در نتیجه کاهش پرتوگیری می شود، ضمنا جهت اندازه‌گیری مقدار اشعه دریافت شده در بافتها و اندامهای مختلف بدن و اصلاح روشهای پرتونگاری می توان از این فنتومها استفاده نمود (۱۳-۱۵).

نتیجه‌گیری

در پایان پیشنهاد می‌گردد در خصوص مواد بکار گرفته شده در ساخت این فنتوم و همچنین تاثیرات مختلف آن بر آموزش دانشجویان و نقش آن در کاهش هزینه‌ها تحقیقات بیشتری بعمل آید.

References:

۱. شورای عالی برنامه ریزی وزارت فرهنگ و آموزش عالی. مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس دوره کاردانی تکنولوژی پرتوشناسی. مصوبه سیصد و سیزدهمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی، مورخ ششم بهمن ماه ۱۳۷٤.

*2. Dowd SB. **Practical Radiation Protection and Applied Radiobiology**. Philadelphia: W.B.Saanders: 1994; 75- 93.*
*3. Geise RA , Richard A, Palchevsky A , Anatoly MS . **Composition of Mammographic Phantom Materials**. Radiology, 1996; 198: 347-350.*

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-21]

4. Curry III TS, Dowdey JE, Murry JR, Robert C. ***Christensen's Physics of Diagnostic Radiology****. Philadelphia, Lea and Febiger: 1990; 163-185.*
5. Anderson JA, Wang J, Clarke GD. ***Choice of phantom material and test protocols to determine radiation exposure rates for fluoroscopy****. Radiographics, 2000; 20: 1033-1042.*
6. Allahverdi M, Nisbet A, Thwaites DL. ***An Evaluation of Epoxy Resin Phantom Materials for Megavoltage Photon Dosimetry.*** *Phys Med Biol , 1999;44:1152-1132.*
7. Constantinou C, Cameron J, DeWerd L, Liss M. ***Development of radiographic chest phantoms.*** *Med Phys. 1986; 13: 917-921.*
8. Yaffe MJ, Bung JW, Caldwell CB, Bennett NR. ***Anthropomorphic radiological phantoms for mammography.*** *Med Prog Technol. 1993; 19: 23-30.*
9. Redlich U, Reissberg S, Hoeschen C, Effenberger O, Fessel A, Preuss H, Scherlach C, Dohring W. ***Chest radiography: ROC phantom study of four different digital systems and one conventional radiographic system.*** *Rofo. 2003; 175: 38-45.*
10. Baydush AH, Ghem WC, Floyd CE. ***Anthropomorphic versus geometric chest phantoms: a comparison of scatters properties****. Med Phys. 2000; 27: 894-897.*
11. Vassileva J. ***A phantom approach to find the optimal technical parameters for plain chest radiography.*** *Br J Radiol. 2004; 77: 648-653.*
12. Mansson LG, Kheddache S, Lanhede B, Tylen U. ***Image quality for five modern chest radiography techniques: a modified FROC study with an anthropomorphic chest phantom.*** *Eur Radiol. 1999; 9: 1826-1834.*
13. Compagnone G, Pagan L, Bergamini C. ***Comparison of six phantoms for entrance skin dose evaluation in 11 standard X-ray examinations****. J Appl Clin Med Phys. 2005; 6: 101-1013.*
14. Jones NF, Palarm TW, Negus IS. ***Neonatal chest and abdominal radiation dosimetry: a comparison of two radiographic techniques.*** *Br J Radiol. 2001; 74: 920-925.*

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-21]