



مروری بر کاربردهای مختلف فن آوری چاپ سه بعدی در علوم پزشکی

علی عمادزاده^۱، رؤیا وطن خواه^{۲*}، محمد اعتضاد رضوی^۳، حسین کریمی مونیقی^۴، سیروس نکویی^۵، بهار تفقدی یوسفی^۶

^۱ استادیار، گروه آموزش پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران
^{۲*} کارشناس ارشد آموزش پزشکی و تکنولوژی آموزشی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران
^۳ دانشیار، مرکز تحقیقات چشم پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران
^۴ استاد: مرکز تحقیقات مراقبت پرستاری و مامایی، گروه داخلی و جراحی، دانشکده پرستاری و مامایی، گروه آموزش پزشکی دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.
^۵ گروه رادیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران
^۶ فلوشیپ استراییسم، بیمارستان خاتم الانبیاء، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران

مشخصات مقاله

چکیده

نوع مقاله

مروری

پیشینه پژوهش

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۴/۰۴

کلمات کلیدی

فن آوری چاپ سه بعدی
چاپ سه بعدی در پزشکی
کاربرد فن آوری چاپ سه بعدی

مقدمه: اگرچه فن آوری چاپ سه بعدی در اواسط دهه ۱۹۸۰ وارد دنیای علوم پزشکی شد، فقط در سالهای اخیر در جهان به طور گسترده ای شناخته شده است. پیشرفت های اخیر در سرعت چاپ، فن آوری و انتخاب مواد، تأثیرات قابل توجهی در چندین صنعت و حتی مراقبت های بهداشتی دارد. این فن آوری در رشته های مختلفی کاربرد دارد. به همین ترتیب، فن آوری چاپ سه بعدی می تواند در نمونه سازی ماکتها یا ترسیم بعضی از قسمت های بدن انسان اعم از بافت سخت و نرم مؤثر باشد. هدف از این مطالعه مروری بررسی کاربردهای مختلف فن آوری چاپ سه بعدی در علوم پزشکی می باشد.

روش کار: این مطالعه مروری با استفاده از جستجوی در پایگاه های اطلاعاتی از جمله Scopus, ERIC, Science Direct Elsevier, PubMed, Google scholar, ProQuest با کلیدواژه های آموزش، فن آوری آموزشی، آموزش سه بعدی، پرینت اعضای بدن، اوربیت و آناتومی به زبان انگلیسی و فارسی بدون محدودیت زمانی جستجو انجام شد که بعد از بررسی نتایج مرتبط ترین پژوهش های انجام شده ارائه شده است.

نتایج: در مجموع ۲۲۰ مقاله یافت شد. پس از بررسی عنوان و چکیده، مرتبط ترین مقالات مورد ارزیابی قرار گرفتند. یافته های این مطالعات حاکی از آن بود که فن آوری چاپ سه بعدی باعث تحول در سیستم های علوم پزشکی شده است. این فناوری در رشته های مختلف پزشکی اعم از داروسازی، چشم پزشکی، ارتوپدی پزشکی، جراحی پزشکی، قلب، دندانپزشکی و ... مورد استفاده قرار گرفته و نتایج رضایت بخشی داشته است.

نتیجه گیری: اهمیت فن آوری چاپ سه بعدی در بکارگیری آن در پزشکی سبب طراحی ایمپلنت ها که خود باعث کاهش زمان جراحی ها، افزایش دقت تشخیص، ایجاد انگیزه در کسب دانش و جلب توجه، اثرات مثبت نگرش و تفکر منطقی، ایجاد شبیه سازهایی برای جراحی و بازنمایی آناتومیک و ویژگی های بافت واقعی شده است.

► نحوه ارجاع به این مقاله

Emadzadeh A, Vatankhah R, Etezad Razvi M, Karimi Moonaghi H, Nekouei S, Tafaghodi Yousefi B. An Overview of the Applications of 3D Printing Technology in Medicine. Horizon of Medical Education Development. 2020;11(1):78-88

مقدمه

امروزه به لطف فن آوری چاپ سه بعدی می توان قدم دیگری برداشت و از دنیای مجازی به سمت فیزیکی حرکت کرد. فن آوری چاپ سه بعدی اخیراً به عنوان سومین انقلاب صنعتی تعریف شده است. به نظر می رسد این تعریف در رابطه با تعداد زیادی از امکاناتی که توسط این فن آوری در زمینه های مختلف ارائه شده است، بسیار مناسب است (۱).

ریشه چاپ سه بعدی را می توان در دهه ۱۹۵۰ با اختراع ماشینهای کنترل عددی کامپیوتری، ردیابی کرد. ماشینهای کنترل عددی کامپیوتری از لیزرها و افشانهای برش آب برای ذوب مواد اولیه براساس دستورالعمل استفاده می کنند. امروزه چاپگرهای سه بعدی از دستورالعمل های فایل دیجیتالی بهره می گیرند تا با استفاده از نرم افزار طراحی رایانه ای و یا از طریق اینترنت، لایه های بسیار نازک از مواد پلاستیکی گرم شده را برای خارج کردن شیء سه بعدی تولید کنند (۲).

مواد چاپی و ابزارهای صوتی، ویدئو کنفرانس، ابزارهای کامپیوتری و تلفیقی از کلیه این ابزارها، فن آوری های ارائه یا ابزارهای ارتباطی را فراهم ساخته است که به عنوان پل ارتباطی میان دنیای واقعی و مجازی می باشد (۳).

با توجه به مزایای استفاده از نمونه سازی سریع، دیجیتالی شدن و سفارشی سازی، می تواند نیازهای درمانی شخصی و دقیق پزشکی را برآورده سازد و در زمینه پزشکی بسیار مورد مطالعه و استفاده قرار گرفته شود (۴). از مزیت های چاپ سه بعدی ارائه عناصر دیداری مانند هنرهای تجسمی و طراحی فن آوری در پیش زمینه دوره ها می توان نام برد. تصور می شود آزادی هندسی ارائه شده به کاربران چاپ سه بعدی در شکل گیری این دیدگاه مؤثر است. چاپگرهای

سه بعدی اساساً مشابه چاپگرهای سنتی هستند که در حال حاضر مورد استفاده قرار می گیرند (۵).

تا به امروز، فن آوری چاپ سه بعدی آغاز شده، در بعضی از زمینه های پزشکی مانند دندانپزشکی، جراحی، ارتوپدی و آسیب شناسی نقش نوظهوری ایفا می کند (۱) و (۶). موفقیت بزرگ آن در این زمینه ها ناشی از سهولت پردازش تصویر پزشکی است زیرا به طور عمده شامل ساختار استخوانها می شود و دید و کنتراست بالایی را نشان می دهد. فرآیند تقسیم بندی که امکان ترجمه از تصاویر پزشکی را به مدل مجازی می دهد شامل استخراج ساختار خاص در هر یک از لایه های مجموعه داده تصویر است. پس از اتمام این روند، مدل نهایی به فرمت مناسب برای فن آوری چاپ سه بعدی و نمونه اولیه صادر می شود. در پایان یک مرحله پس از پردازش که مطابق با فن آوری تولید خاص بیان شده است، می توان ماکت آناتومی مورد نظر را تهیه کرد (۱). فن آوری چاپ سه بعدی مبتنی بر یک فرآیند تولید افزودنی است که می تواند برای ایجاد یک شیء سه بعدی، با اضافه کردن لایه های از مواد بر روی لایه ای دیگر تحقق بخشد (۷) و (۱) و (۸) و (۹).

در واقع فن آوری چاپ سه بعدی فعلی، چاپ دو بعدی را به بعد سوم می برد. بسیاری از چاپگرهای سه بعدی تا حدی شبیه چاپگرهای جوهر افشان هستند به این ترتیب که رولهای پلاستیکی انعطاف پذیر، ذوب (به جای جوهر در چاپگر جوهر افشان) و برای ایجاد یک جسم مصنوعی سه بعدی لایه به لایه ساخته می شوند (۷). یعنی یک شیء رایانه ای به چاپگر ارسال می شود و چاپگر خروجی فیزیکی آن شیء را به کاربر ارائه می دهد. با این حال، تفاوت اصلی چاپگرهای سه بعدی این است که اشیاء سه بعدی تهیه شده در محیط رایانه در خروجی های سه بعدی به کاربران ارائه می شوند. این چاپگرها، به عنوان ابزاری که امکان تولید

انتخاب مواد، تأثیرات قابل توجهی در چندین صنعت از جمله مراقبت های بهداشتی دارد. در زمینه فیزیک پزشکی نیز محققان کاربردهای آن را در جنبه های مختلف بالینی مشاهده می کنند. با این حال، هنوز هم در چند مرکز آکادمیک که تجملات داشتن چنین غیر متعارف را دارند، منافع وجود دارد (۸).

این فن‌آوری در رشته های مختلفی کاربرد دارد. از جمله به موارد زیر می توان اشاره کرد؛ در زمینه معماری، مهندسی مکانیک، از ابزارها و فن‌آوری های سه بعدی به جای نقاشی سنتی استفاده می شود زیرا دانشجویان، نتایج بهتری در آموزش گرافیک، آموزش بصری، درک فضایی، نتایج دانشگاهی و رضایت کسب می کنند (۱۷) و (۱).

از آنجاییکه فن‌آوری چاپ سه بعدی تقریباً در همه زمینه های زندگی روزمره استفاده می شود و بسته به نیازهای افراد، نوع کاربرد آن متفاوت است. تصور می شود خصوصاً در رشته های علوم پزشکی یا در تولید ابزارهای خاص پزشکی کاربران را به خود جلب می کند. به همین ترتیب، فن‌آوری چاپ سه بعدی می تواند در نمونه سازی ماکتها یا ترسیم بعضی از قسمت های بدن انسان اعم از بافت سخت و نرم مؤثر باشد. بنابراین برآن شدیم تا این مطالعه را با هدف مروری بر انواع کاربردهای فن‌آوری چاپ سه بعدی در پزشکی انجام دهیم.

روش کار

برای یافتن مقالات مرتبط با نگارش مطالعه حاضر در پایگاه داده گوگل با استفاده از وبسایت های اطلاعاتی مانند، Scopus, ERIC, Science Direct Elsevier, SAGE, PubMed, Google scholar, ProQuest, با کلمات کلیدی آموزش Education و Instruction, فن‌آوری آموزشی Educational

اشیاء سه بعدی از انواع مختلف مواد اولیه که در لایه ها جمع شده و مواد ملموس سه بعدی را تولید می کند، تعریف می شوند (۵).

فن‌آوری چاپ سه بعدی برای مصارف بالینی به طور گسترده ای در دسترس بوده و به پزشکان و جراحان اجازه می دهد تا بازسازی های چشم دقیق تری را انجام دهند (۱۰) و (۱۱) و (۱۲) و (۱۳) و (۱۴) و (۱۵) و ابزاری است برای یافتن کاربردهای جدید در تشخیص پزشکی و برنامه ریزی درمانی (۱۶). چاپگرهای سه بعدی ساده، از پلاستیک و چاپگرهای سه بعدی گرانتر، از فلز استفاده می کنند. رایج ترین مواد بکار گرفته در چاپگرهای سه بعدی ساده، فلامنت پلاستیکی است. که برای پخش شدن، ذوب شده و سپس به یک پلاستیک جامد خشک می شود. تغذیه این فلامنت ها مطابق با چهارمین بعد در چاپ سه بعدی است، که علاوه بر سه بعد، فضایی نیز وجود دارد. این فلامنت ها باید با دمای مناسب گرم و سپس به صورت مداوم استفاده شود. به طور معمول، سیستم عاملی که چاپگر سه بعدی را اجرا می کند، این کار را با یک رابط کاربری در رایانه میزبان کنترل می کند تا چنین جنبه هایی از چاپگر سه بعدی را تنظیم و نظارت کند (۷). مدل های سه بعدی با استفاده از برنامه های نرم افزاری طراحی رایانه ای مانند تینکرکاد ساخته می شوند. و همچنین می توانند با استفاده از اسکنرها برای اسکن یک شیء که می تواند به عنوان یک مدل سه بعدی با رگیری شود، ایجاد شوند (۸). فن‌آوری های فعلی امکان ایجاد مولاژهای سه بعدی با دقت، در محدوده وضوح تصویربرداری بالینی را فراهم می کند (۶).

اگرچه فن‌آوری چاپ سه بعدی در اواسط دهه ۱۹۸۰ وارد دنیای علوم پزشکی شد، فقط در سالهای اخیر در جهان جراحی و غیر جراحی به طور گسترده ای شناخته شده است (۱). پیشرفت های اخیر در سرعت چاپ، فن‌آوری و

پزشکی، جراحی پزشکی، قلب، دندانپزشکی و ... اشاره شده است که تقسیم بندی مطالعات در سه حیطه "فن آوری"، "کاربردهای پزشکی"، "چاپ سه بعدی" به شرح زیر می باشد؛

فن آوری

فن آوری با رویکرد سه بعدی، دگرگونی در سیستم های تحویل دارو به وجود آورده و چاپ سه بعدی قادر به ساخت داروهای شخصی، دوزهای مناسب، تجزیه سریع، ترکیب دوزهای بالا و ظرفیت پوشش طعم شده است.

فن آوری های فعلی در پزشکی امکان ایجاد مولاژهای سه بعدی با دقت، در محدوده وضوح تصویربرداری بالینی را فراهم می کند. استفاده از مولاژهای سه بعدی جایگزینی برای مدل های فیزیکی محسوب می شوند زیرا به راحتی قابل دسترسی هستند و امکان لمس را ارائه می دهند، که شبیه به یک ماکت ملموس هستند. مولاژهای سه بعدی این امکان را فراهم می کند که دانشجویان، اشیاء را از جهت گیری های مختلف تصور و تجسم فضایی را هم تفسیر کنند.

کاربردهای پزشکی

مدلهای آناتومیک می توانند در طول عمل جراحی از کاربرد مستقیم برخوردار باشند. در زمینه چشم پزشکی مدل های آناتومیک چاپی سه بعدی در حوزه جراحی چشم وارد شده و تکنیک های بازسازی سه بعدی دیواره چشم و شکستگی های آن را با ایجاد قالب های ایمپلنت سه بعدی قابل جذب برای ترمیم جراحی، ایمپلنت های حدقه چشم انجام می شود.

در همین راستا نقش مدل های آناتومیک چاپ شده سه بعدی شکستگی ارتوپدی در بهبود درک شکستگی و برنامه ریزی جراحی در شکستگی های آن در بین دستیاران و اساتید ارتوپدی حائز اهمیت است و همچنین مدل های چاپی سه

Technology، آموزش سه بعدی 3D training پرینت اعضای بدن Printing body، اوربیت Orbit و آناتومی Anatomy و بدون محدودیت زمانی جستجو انجام شد.

در این جستجو دویست و بیست مقاله بررسی و طبق ملاک های زیر موارد مربوط استخراج شدند. برای انتخاب مقالات مورد استفاده ابتدا عناوین یافت شده توسط موتور جستجوگر از نظر ارتباط موضوعی بررسی شدند. مستندات دریافت شده در سه گروه درگاه اینترنتی، مقاله و کتاب تقسیم شدند. ملاک انتخاب درگاه های اینترنتی پس از ارتباط موضوعی، داشتن پسوند دانشگاهی ac یا آموزشی Edu بود. بعد از بررسی درگاه ها، مواردی که برابرتر از بقیه بودند به عنوان مرجع مورد استفاده قرار گرفتند. در خصوص کتاب، ملاک انتخاب، ارتباط موضوعی و در دسترس بودن بود. مقالات نیز پس از بررسی عنوان، در مرحله بعد از لحاظ نزدیکی چکیده با هدف مورد نظر ارزیابی شدند.

موارد منتخب به طور کامل مطالعه شدند. مواردی که به جای مقاله چاپ سه بعدی، مفهوم یا نقد را در برداشت از مطالعه حذف شد.

از مقالات منتخب خلاصه برداری شد. مطالب جمع آوری شده در سه حیطه "چاپ سه بعدی"، "فناوری" و کاربردهای پزشکی "تقسیم بندی و شدند. در صورت نیاز نقد مطالب توسط نگارنده صورت پذیرفت.

نتایج

نتایج بررسی های انجام شده نشان داد که فن آوری با چاپ سه بعدی باعث تحول در سیستم های علوم پزشکی شده است. در زیر به چند نمونه از کاربردهای مختلف فن آوری چاپ سه بعدی در رشته های متفاوت پزشکی اعم از داروسازی پزشکی، چشم پزشکی، ارتوپدی

شده سه بعدی برای برنامه ریزی قلب و عروق مانند کاشت دریچه جلدی، ترمیم آئورت و آنوریسم های مجمه و برنامه ریزی جراحی ناهنجاریهای پیچیده مادرزادی قلب و تترالوژی فالوت که رضایت بخشی استفاده از این مدل ها در دستیاران این رشته حاکی از مفید بودن کاربرد نمونه های چاپی سه بعدی است.

همچنین چاپ سه بعدی فک و صورت اغلب برای شکل دادن ایمپلنت ها قبل از عمل مورد استفاده قرار می گیرند، ضمن افزایش نتایج بالینی و زیبایی، سرعت عمل جراحی را نیز افزایش می دهد.

جدول ۱-۱ ویژگی های مطالعاتی که در تحلیل نهایی گنجانده شده است را نشان می دهد.

بعدی می توانند نقش مهمی در برنامه ریزی جراحی و آموزش جراحان تازه کار و نیز کاهش میزان عمل مجدد داشته باشند.

در حین جراحی در دندانپزشکی، از مدل های سه بعدی دندان برای تهیه محل کاشت دندان استفاده می شود و میزان موفقیت این روش را بهبود می بخشد. علاوه بر این، از مدل های آناتومیکی دهان برای ساختن راهنماهای حفاری برای ایمپلنت های دندانی و ایجاد انسدادهای سفارشی برای بیماران تحت فک بالا استفاده می شود که باعث کاهش میزان کار شدید از طرف دندانپزشکان و تکنسین ها می شود.

چاپ سه بعدی

مدل های چاپی سه بعدی دنده ها و ریه به عنوان ساختار پیچیده ای هستند که کاربرد آن، پوشش بیشتر ذهنی بیشتری همراه دارد و همچنین مدل های آناتومیکی چاپ

جدول ۱-۱: ویژگی های مطالعاتی

نویسنده	سال انتشار	کشور	طراحی	نوع مطالعه	یافته	حیطه
وینمن	۲۰۱۴	استنفورد کالیفرنیا	-	کاربردی	تأثیر مهمی در توسعه محیط های یادگیری و تسهیل درک دارد.	فن آوری
کانسا	۲۰۱۳	ایتالیا	-	کاربردی	تسریع و کارآمدی در فعالیتهای یادگیری و آموزش اطلاعات مفهومی و توسعه موقعیتهای پیچیده	فن آوری
بلیکستین	۲۰۱۳	کلمبیا امریکا	-	کاربردی	افزایش انگیزه، عملکرد و حفظ دانش	فن آوری
لوتولف	۲۰۱۳	آلمان	-	کاربردی	افزایش انگیزه و علاقه مندی به پروژه	فن آوری
اسلاکوسکی	۲۰۱۲	هاروارد امریکا	-	کاربردی	تأثیر در آموزش دوره های مطالعات اجتماعی	فن آوری
مالک	۲۰۱۵	لندن	-	مروری	کاشت و پروتز مدل های آناتومیک جراحی	کاربرد در جراحی
تاک	۲۰۱۶	بلژیک	-	مروری	راهنماهای جراحی، مدل های	کاربرد در

جراحی	آناتومیکی و کاشتهای سفارشی					
کاربرد در جراحی	مشاهده ساختارهای عروقی با تغییرات آناتومیکی بالینی در سر و گردن	کاربردی	-	می سی	۲۰۱۵	سیو
جمعیه				سی پی امریکا		
کاربرد در بیماری قلبی	بروز، مرگ و میر، و دسترسی به مراقبت، چالش جهانی بیماری مادرزادی قلب	مروری	-	کانادا	۲۰۱۰	برنیر
کاربرد در اوربیت	رضایت از استفاده در جراحی اوربیت	کاربردی	طراحی مدل	المان	۲۰۱۷	لیچنستین
کاربرد در داروسازی	کسب مهارتهای روانی- حرکتی به پیشرفت شایستگی در روشهای اندودنتیک	مروری	-	لندن	۲۰۱۸	شه
کاربرد در اوربیت	الگو برداری از محل شکستگی اوربیت	کاربردی	توصیفی و ارزیابی	کره جنوبی	۲۰۱۸	کانگ
کاربرد در اوربیت	درمان سایر شکستگیهای اطراف چشم	کاربردی	-	ژاپن	۲۰۱۶	پارک
چاپ سه بعدی	تاثیر مثبت آموزش چاپ سه بعدی	مداخله ای	کنترل- شاهد	واشنگتن	۲۰۱۷	لوک
چاپ سه بعدی	درک و دانش والدین از نتایج مفید استفاده از مدل های چاپ سه بعدی	مبتنی بر پرسشنامه	کنترل- شاهد	لندن	۲۰۱۴	بیگلینو
چاپ سه بعدی	روش آموزشی مطلوب و نمایانگر افزایش دقیق تشخیص شکستگی استابولار	مداخله ای	کنترل- آزمایش	کالیفرنیا	۲۰۱۸	لیم
چاپ سه بعدی	ابزار آموزشی ارزشمند برای شکستگی های پیچیده ارتوپدی	مقایسه ای آینده نگر	-	کانادا	۲۰۱۹	مونتگومری
چاپ سه بعدی	استقبال از چاپ سه بعدی	مطالعه موردی	-	ترکیه	۲۰۱۸	یلدریم
چاپ سه بعدی	کارآیی بیشتری و توانایی تفکر سه بعدی در طراحی محیط و زمینه های دیگر	کاربردی	-	امریکا	۲۰۱۰	لیسی

بوون	۲۰۱۵	هند	-	گزارش موردی	منجر به پیشرفت توانایی های فضایی چاپ سه بعدی
هونانگ	۲۰۱۶	چین	طراحی مدل و اجرا	مداخله ای	اثربخشی مثبت آموزش سه بعدی در مقابل آموزش سنتی
ابریو	۲۰۱۸	وینا	-	مروری	تحریک ابزار بالینی آموزش مهارت های دندانپزشکی در دانشجویان و کارآموزان
ون دیر میر	۲۰۱۶	لندن	-	کاربردی	راهنماهای سفارشی اجازه پیش بینی و محل مدیریت کانال بدون عارضه را می دهند.

بحث و نتیجه گیری

مدل های ارگان چاپی سه بعدی در درجه اول به پزشکان کمک می کنند تا آنالیز جراحی و آموزش قبل از عمل را انجام دهند. مدل های پزشکی شخصی با اشکال پیچیده ای که با استفاده از چاپ سه بعدی ساخته شده اند می توانند برای ارتباط با پزشکان و دستیاران فراهم کنند و می توانند در برنامه ریزی و تشخیص درمانی کمک کنند (۱۸). به طور مشابه مالک و همکاران ۲۰۱۵، مقاله های مرتبط با کاربردهای جراحی فعلی را بررسی کردند و به نتیجه گیری مشابه رسیدند که مدل های آناتومیک سه بعدی بیشترین سهم را در سال های اولیه چاپ پزشکی سه بعدی تشکیل می دادند، راهنماهای چاپ شده سه بعدی جراحی امروزه متداول ترین نوع برنامه چاپ شده سه بعدی است که مورد استفاده قرار می گیرد (۱۹).

مدل های آناتومیک با چاپ سه بعدی، کاربرد گسترده ای را در زمینه جراحی ارتوپدی دارند. به طور مشابه بررسی تک و همکاران ۲۰۱۶، نشان داد که استفاده از آنها مفید است، به خصوص در تعویض پیچیده لگن، که در آن نتایج پزشکی به اتفاق آرا گزارش شده است (۲۰).

همچنین، نتایج حاکی از آن بود که مدل های چاپی سه بعدی شکستگی های جمجمه (عمدتاً اوربیت) نتایج بهتری را نشان داده است که به استفاده از مدل های آناتومیک به عنوان راهنما قبل و در حین عمل جراحی داده شده است، تا بتوانند با اندازه گیری حجم بافت حلقه چشم در استخوان قبل و بعد از عمل، آسیب شناسی را بهتر بشناسند و از بروز شکستگی جلوگیری کنند. تحقیقات کانگ و همکاران ۲۰۱۸، اظهار داشت که مدل های آناتومیک نیز اغلب در شکل دادن ایمپلنت قبل از عمل جراحی مورد استفاده قرار می گیرند، در نتیجه مناسب تر شدن ایمپلنت، بهبود نتیجه پزشکی و کاهش زمان جراحی است (۱۰).

بررسی حاضر، مدل های آناتومیک را برای برنامه ریزی اقدامات قلبی-عروقی مانند کاشت دریچه، ترمیم و آنورسم و برنامه ریزی جراحی ناهنجاری های پیچیده مادرزادی قلب را مفید نشان داد. علاوه بر این، دو مطالعه قلبی عروقی برنیر و همکاران ۲۰۱۰ و بگلینو و همکاران ۲۰۱۵، نشان دادند که این مدل ها در مقایسه با تصویربرداری پزشکی استاندارد، انتخاب بیماران را برای انجام اقدامات اندوواسکولار بهبود می بخشد (۲۱ و ۲۲).

از چالش‌های کاربرد فن‌آوری‌های سه‌بعدی در علوم پزشکی می‌توان به بهینه‌سازی فن‌آوری، بهبود عملکرد برای استفاده چندمنظوره، انتخاب مواد مورد نیاز چاپ و ... اشاره کرد. برای تولید نمونه‌های سه‌بعدی محدودیت‌هایی وجود دارد که مهمترین آنها امکان دسترسی به چاپگرهای سه‌بعدی و نیاز به تجهیزات خاصی است که تنها در شرکت‌های خصوصی در ایران میسر است. زمان‌بر بودن فرآیند تهیه نمونه چاپ سه‌بعدی را نیز می‌توان به عنوان محدودیت در نظر گرفت. از مزایای فن‌آوری‌های سه‌بعدی کمک به پزشکان برای برقراری ارتباط با دستیاران و همچنین بهبود نتیجه پزشکی و کاهش زمان جراحی را می‌توان نام برد.

تشکر و قدر دانی

از تمامی کسانی که ما را در انجام مطالعه حاضر یاری رساندن مخصوصاً خانم دکتر صادقی تشکر و جناب آقای دکتر مجید خادم رضائیان سپاسگزاری می‌کنیم.

تضاد منافع

بین نویسندگان مقاله حاضر تضاد منافع وجود ندارد.

مطالعه حاضر، استفاده از مدل‌های آناتومیکی دندانپزشکی را به همراه راهنماهای جراحی چاپ شده برای ساختن راهنماهای حفاری برای ایمپلنت‌های دندانی و ایجاد انسدادهای سفارشی مفید می‌داند بطور مشابه مطالعه شه و همکاران ۲۰۱۸، فن‌آوری مرتبط با تولید اشیاء چاپ سه‌بعدی و عملکرد شبیه‌سازهای شکاف در دندانپزشکی را در مدیریت موارد مربوط به کاشت، ارتودناتی و پرپودنتال نیز کمک‌شایانی کرده است (۲۳).

از مطالعات انجام شده در سال‌های اخیر که در این مقاله مروری بررسی شده‌اند، می‌توان نتیجه گرفت که بکارگیری چاپ سه‌بعدی در علوم پزشکی سبب طراحی ایمپلنت‌ها که خود باعث کاهش زمان جراحی‌ها، افزایش دقت تشخیص، ایجاد انگیزه در کسب دانش و جلب توجه، اثرات مثبت نگرش و تفکر منطقی، ایجاد شبیه‌سازهایی برای جراحی و بازنمایی آناتومیکی و ویژگی‌های بافت واقعی می‌شود.

مدل‌های سه‌بعدی بدنی با استحکام بالا در درمان بالینی و آموزش پزشکی نقش بسزایی دارند. چاپ سه‌بعدی این مزیت را دارد که به سرعت می‌توان مدل‌های پزشکی منحصر به فرد را بسازد. به طور کلی کاربرد چاپ سه‌بعدی شامل مدل‌های پزشکی در رشته‌های مختلف علوم پزشکی اعم از داروسازی، چشم پزشکی، ارتوپدی پزشکی، جراحی پزشکی، قلب و دندانپزشکی مفید بوده است.

از خصوصیات مدل‌های چاپ شده سه‌بعدی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- رنگ روشن و قابل دید
- ساینز متناسب با ارگان
- جنس دارای استحکام کافی و قابل لمس
- وزن، سبک و به سهولت قابل حمل

References

1. Auricchio F, Marconi S. 3D printing: clinical applications in orthopaedics and traumatology. *EFORT open reviews*. 2016; 1(5):121-7.
2. Koehler K.E. et al. Implications of 3-D printing for Teaching Geoscience Concepts to Students with Visual Impairments. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*. 2018; 21(1):49-81.
3. Zanganeh H Editor, *Theoretical and Practical Foundations of Educational Technology / A group of authors*; Tehran: Avaye Noor, 2011 [Persian]
4. Zou Q, Jin J, Huang T, Chu Y. Research Progress of 3D Printing Technology in Medical Field. *Zhongguo yi liao qi xie za zhi= Chinese journal of medical instrumentation*. 2019; 43(4):279-81.
5. Yildirim G. Opinions of Secondary School Students on 3D Modelling Programs and 3D Printers According To Using Experiences. *The Turkish Online Journal of Educational Technology -TOJET*. 2018; 17(4):19-31.
6. George E, Liacouras P, Rybicki FJ, Mitsouras D. Measuring and Establishing the Accuracy and Reproducibility of 3D Printed Medical Models. *RaidioGraphic*. 2017; 37(5):1424-50.
7. Snyder RM. An overview of the past, present, and future of 3D printing technology with an emphasis on the present. *ASCUE Proceedings*. 2013:93-9.
8. Elder R. Tinkering with Teachers: The Case for 3D Printing in the Education Library. *Education Libraries*. 2016; 39(1):1-13.
9. Gurer M-D, Tekinarslan E. Development and validation of an attitude assessment scale for the use of 3D printing in education. *The International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology*. 2019; 15(1):204-17.
10. Kang S et al. Generation of customized orbital implant templates using 3-dimensional printing for orbital wall reconstruction. *The Royal College of Ophthalmologists*. 2018; 32:1864.
11. Vehmeijer M, Eijnatten MV, Liberton N, Wolff J. A novel method of orbital floor reconstruction using virtual planning, 3-dimensional printing, and autologous bone. *J Oral Maxillofac Surg*. 2016; 74:1608-12.
12. Park SW CJ, Koh KS, Oh TS. Customized orbital wall reconstruction using three-dimensionally printed rapid prototype model in patients with orbital wall fracture. *J Craniofac Surg. J Oral Maxillofac Surg*. 2016; 27:2020-4.
13. Callahan AB, Campbell AA, Petris C, Kazim M. Low-cost 3D printing orbital implant templates in secondary orbital reconstructions. *Ophthal Plast Reconstr Surg*. 2017; 33:376-80.
14. Zielinski R MM, Kozakiewicz M. Classical versus custom orbital wall reconstruction: Selected factors regarding surgery and hospitalization. *Journal of Craniomaxillofac Surg*. 2017; 45:710-5.
15. Fan B CH, Sun YJ, Wang BF, Che L, Liu SY, et al. Clinical effects of 3-D printing-assisted personalized reconstructive surgery for blowout orbital fractures. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2017; 255:2051-7.
16. Weadock WJ. Molds for Shaping Implants for Surgical Repair of Orbital Fractures. *Academic Radiology*. 2019; 1.()
17. AlvarezAyala, Blazque P, Montes T. Assessment of 3D Models Used in Contours Studies. *Universal Journal of Educational Research*. 2015; 3(11):877-90.
18. Vatankhah R. Designing an Objective-Visual Training Model (Three-Dimensional Technology) of Normal Anatomy, Orbital Fractures and Anomalies, Determining its Impact on the Learning of Resident's Eye. *School of Medicine: Mashad University of Medical Sciences*; 2020 .
19. Malik HH, Darwood AR, Shaunak S, Kulatilake P, Abdulrahman A, Mulki O, Baskaradas A. Three-dimensional printing in surgery: a review of current surgical applications. *Journal of Surgical Research*. 2015; 199(2):512-22.
20. Tack P, Victor J, Gemmel P, Annemans L. 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review. *Biomedical engineering online*. 2016 Dec 1; 15(1):115.

21. Bernier PL, Stefanescu A, Samoukovic G, Tchervenkov CI. The challenge of congenital heart disease worldwide: epidemiologic and demographic facts. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu.* 2010; 13(1):26–34. doi:10.1053/j.pcsu.2010.02.005.

22. Biglino G, Capelli C, Wray J, et al. 3D-manufactured patient-specific models of congenital heart defects for communication in clinical practice: feasibility and acceptability. *BMJ Open.*

2015; 5(4):e007165. Doi:10.1136/bmjopen-2014-007165.

23. Shah P. et al. 3D imaging, 3D printing and 3D virtual planning in endodontics. *Clinical Oral Investigations.* 2018; 22: 641–654

An Overview of the Applications of 3D Printing Technology in Medicine

Ali Emadzadeh¹, Roya Vatankhah^{2*}, Mohammad Etezzad Razavi³, Hossein Karimi Moonaghi

⁴, Sirous Nekouei⁵, Bahar Tafaghodi Yousefi⁶

¹ Department of Medical Education, Faculty of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

² * Department of Medical Education, Faculty of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

³ Khatam Al-Anbia Hospital, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

⁴ Professor: Nursing and Midwifery Care Research Center, Department of Medical Surgical Nursing, School of Nursing and Midwifery, & Department of Medical Education, School of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

⁶ Khatam Al-Anbia Hospital, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

ARTICLE INFO

Article type

Review article

Article history

Received: 7 May 2019

Accepted: 24 June 2020

Keywords

3D printing

3D printing in medicine

Application of 3D printing

technology

ABSTRACT

Introduction: Although 3D printing technology entered the medical world in the mid-1980s, it has only become widely known in the world in recent years. Recent advances in printing speed, technology, and material selection have had a significant impact on several industries, and even health care. This technology is used in various fields. Similarly, 3D printing technology can be effective in modelling replicas or drawing some parts of the human body, including hard and soft tissue. The purpose of this review is to review the various applications of 3D printing technology in medical sciences.

Materials & Methods: This review study uses search in databases such as Scopus, ERIC, Science Direct Elsevier, PubMed, Google scholar ProQuest with the keywords training, educational technology, 3D training, body print, orbit and anatomy. The search was conducted in Persian and English without any restrictions. The most relevant research is reported.

Results: A total of 220 articles were found. After reviewing the title and abstract, the most relevant articles were evaluated. The findings suggest that 3D printing technology has revolutionized medical science. This technology has been used in various fields of medicine, including pharmacy, ophthalmology, medical orthopedics, medical surgery, cardiology, dentistry, etc., and has had satisfactory results.

Conclusion: The importance of 3D printing technology in its' use in medicine has led to the design of implants that reduce the time of surgery, increase diagnostic accuracy, motivate knowledge and attract attention, positive effects of attitude and logical thinking, create simulators for surgery, and real anatomical representation and characteristics of the tissue.

► Cite this paper as:

Emadzadeh A, Vatankhah R, Etezzad Razvi M, Karimi Moonaghi H, Nekouei S, Tafaghodi Yousefi B. An Overview of the Applications of 3D Printing Technology in Medicine. *Horizon of Medical Education Development*2020;11(1):78-88

***Corresponding author:** Roya Vatankhah
Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

Tel: -0513605 1556

Email: vatankhahr1@mums.ac.ir