

چاپ سه بعدی مواد پروتز فک و صورت: چالش‌ها و فرصت‌ها

چکیده

میلیون‌ها نفر در سراسر جهان از نقایص هنگام تولد، آسیب‌های روحی یا بیماری رنج می‌برند که بر آرامش روانی، تعاملات اجتماعی، زندگی حرفه‌ای، مالی و کیفیت زندگی آن‌ها تأثیر می‌گذارد. پروتز استاندارد زندگی اکثر افراد مبتلا را با بازگرداندن زیبایی و عملکرد به قسمت‌های آناتومیکی که جراحی پلاستیک نامناسب و پرهزینه است، بهبود می‌بخشد. برای غلبه بر مشکلات ساخت متعارف مانند عدم اتصال، عملکرد، استحکام، زیبایی و هزینه، پرینت سه بعدی می‌تواند یک فناوری مناسب برای تولید محصولات پروتز باشد. با این حال، پرینت سه بعدی مواد پروتز در حال حاضر در مراحل اولیه تکامل است و با چالش‌های مختلفی مانند چاپ سه بعدی محدود مواد پروتز سازگار، مشکلات مربوط به قابلیت چاپ، نقص و مقاومت مکانیکی پایین در قطعات چاپی مواجه است. از طرفی رابط و نرم افزار ساخت محصولات پروتز فک و صورت پرهزینه است. هدف این مطالعه مروری پرداختن به چالش‌ها و فرصت‌های مرتبط با چاپ سه بعدی مواد پروتز فک و صورت با استفاده از طراحی به کمک رایانه است. پیشرفت‌های فعلی در پرینت سه بعدی مواد پروتز خلاصه می‌شود و چشم‌اندازهای آینده تولید افزودنی مواد پروتز به منظور تشویق تحقیقات بالقوه در این زمینه به طور جامع مورد بحث قرار می‌گیرند. علاوه بر این، اجرای موفقیت آمیز تکنیک‌های ساخت افزودنی در پروتز، پتانسیل آن را در کاربردهای زیست پزشکی در مقیاس بزرگ و سفارشی سازی مقیاس پذیر افزایش می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: ساخت افزودنی، پروتز فک و صورت، نمونه سازی سریع.

خلاصه و چشم‌انداز آینده

بررسی این مطالعه مروری بطور کلی تولید افزودنی مواد پروتز فک و صورت را خلاصه می‌نماید. تکنیک‌های چاپ سه بعدی با اشاره خاص به مواد پروتز، مانند تکنیک استریولیتوگرافی و مدل سازی رسوب

مایع مورد بحث قرار می‌گیرند. جدیدترین پیشرفت‌ها در ساخت افزودنی مواد پروتز فک و صورت برجسته می‌شوند. چالش‌های کنونی مربوط به پرینت سه‌بعدی مواد پروتز فک و صورت موجود مورد بحث قرار می‌گیرد. در نهایت، تلاشی برای ایجاد رابطه بین مواد مصنوعی موجود و فرآیند چاپ سه‌بعدی آن‌ها انجام می‌شود. در حال حاضر چندین تکنیک سنتی ساخت برای محصولات پروتز فک و صورت استفاده می‌شود. با این حال، تمام فرآیندهای مرسوم زمان‌بر، پرهزینه و پرزحمت هستند و اساساً در این دوره غیرقابل اعتماد هستند. فن‌آوری‌های ساخت سه‌بعدی مواد پروتز می‌تواند محصولات بهداشتی مقرون‌به‌صرفه را تولید نماید و پروتزهای بهتری را در دسترس تعداد زیادی از بیماران قرار دهند. پرینت سه‌بعدی پروتزهای فک و صورت یک زمینه نسبتاً جدید است که فرصت‌های زیادی را برای توسعه پروتزهای سفارشی و خاص بیمار ارائه می‌دهد. پروتزهای فک و صورت برای اطمینان از عملکرد و زیبایی‌شناسی مناسب نیاز به نصب و جای‌گیری دقیقی دارند. فن‌آوری‌های پرینت سه‌بعدی می‌توانند جزئیات دقیق آناتومی صورت را به منظور ایجاد پروتزهایی که به درستی متناسب هستند را بازتولید نمایند. قسمت‌های معیوب فک و صورت از نظر شکل و اندازه بسیار پیچیده هستند. پروتز باید دقیقاً بر روی بافت‌های زیرین قرار گیرد تا توان بخشی داشته باشد و از رها نمودن دستگاه به دلیل تاول، زخم یا ناراحتی توسط کاربر جلوگیری نماید. استفاده از فناوری پیشرفته مانند اسکن سه‌بعدی امکان دستیابی سریع اندازه‌گیری‌های فیزیکی کامل یک قسمت خارجی بدن را بدون لمس آن در یک جلسه بالینی فراهم می‌نماید. اسکن سه‌بعدی صورت می‌تواند مستقیماً به یک مدل طراحی به کمک رایانه (¹CAD) تبدیل شود و پروتزهای ساخته شده به صورت افزودنی چاپ شوند، که یکی از مزایای متعدد ²AM است. این امر باعث می‌شود کار طراحی پروتز سریع‌تر انجام شود، که فرصت‌های بیشتری برای نوآوری پروتز و تطبیق با دقت بالای پروتز با ویژگی‌های هندسی پیچیده ایجاد می‌نماید. به همین دلیل، چاپ سه‌بعدی ممکن است در این زمینه مفید باشد. با این حال، برای بهره‌برداری کامل از اجرای پرینت سه‌بعدی برای پروتزهای فک و

¹ computer-aided design

² additive manufacturing

صورت، باید چندین چالش حل شود. یکی از چالش‌های اصلی انتخاب مواد مناسب برای پرینت سه‌بعدی پروتزهای فک و صورت است. مواد مورد استفاده باید زیست‌سازگار، غیر سمی و دارای استحکام و دوام کافی برای مقاومت در برابر تنش‌های محیط دهان باشند. در حال حاضر، مواد محدودی مانند سیلیکون درجه پزشکی برای پرینت سه‌بعدی پروتزهای فک و صورت مناسب هستند. با این حال، برای کشف قابلیت چاپ چنین موادی به درک اساسی‌تری نیاز است. از سوی دیگر، دقت ابعاد برای محصولات پروتز پرینت سه‌بعدی بسیار مهم است. تحقیقات اساسی بیشتری برای دستیابی به دقت ابعادی محصولات پروتز پرینت سه‌بعدی از سیلیکون درجه پزشکی مورد نیاز است. تا به حال، هیچ ماده تجاری موجود، تمام پارامترهای مواد بهینه برای پرینت سه‌بعدی پروتزهای فک و صورت را برآورده نمی‌نماید. با وجود آن، هیچ کاری برای توسعه مواد پروتز جدید که بتواند بر کاستی‌های مواد پروتز تجاری غلبه نماید، مشهود نیست. برخی از محققان در پرینت سه‌بعدی با سیلیکون‌های ¹RTV کار می‌نمایند، اما هیچ گزارشی در مورد ساخت هوشمند پروتزهای فک و صورت وجود ندارد. بنابراین، تحقیقات عمیق و درک کامل برای توسعه مواد پروتز فک و صورت سازگار با تولید افزودنی مورد نیاز است. همانطور که در این بررسی بحث می‌شود، چاپ سه‌بعدی مواد پروتز فک و صورت به دلیل درک ضعیف از قابلیت چاپ این مواد چالش برانگیز است. از سوی دیگر، استحکام مکانیکی کافی در محصولات پروتز بسیار مهم است. در حال حاضر، تکنیک‌های مشخصی برای چاپ‌پذیری چنین موادی محدود است. بنابراین، مطالعه اساسی بهینه‌سازی پارامترهای چاپ و ارتباط آن‌ها با قابلیت چاپ سه‌بعدی و خواص مکانیکی نیاز به بررسی دارد. انتظار می‌رود که مواد بیشتری برای پرینت سه‌بعدی پروتزهای فک و صورت در دسترس قرار گیرد و دقت همراه با کارایی این فرآیند در ارتباط نزدیک با محققان، صنایع، پرسنل خدمات بهداشتی و بیماران، که همچنان به ارائه راه‌حل‌های ارجح و تضمین یک استاندارد زندگی پیشرفته برای میلیون‌ها نفر در سراسر جهان ادامه خواهد داد. چند نکته اصلی وجود دارد که باید مطالعات آینده را راهنمایی نماید، مانند توسعه پلیمر مایع که در آن ویسکوزیته مواد را می‌توان به راحتی طبق فناوری چاپ

¹ Room temperature vulcanizable

سه‌بعدی انتخاب شده مدیریت نمود. بهبود خواص شیمیایی مواد موجود ممکن است مشکل انقباض و زمان پلیمریزاسیون را در مورد چاپ سه‌بعدی مبتنی بر مایع کاهش دهد. توسعه مواد پلیمری جدید برای اجرای چاپ پلیمری سه‌بعدی مبتنی بر پودر و گرانول برای پروتز مورد نیاز است. روش‌های سنتی برای تولید پروتز فک و صورت شامل مجسمه‌سازی، قالبگیری و ریخته‌گری است که می‌تواند کار فشرده‌ای باشد و نیاز به سطح بالایی از مهارت و دانش دارد. از طرف دیگر، تولید افزودنی امکان ایجاد پروتزهای بسیار دقیق و شخصی‌سازی شده با استفاده از نرم‌افزار CAD و فناوری چاپ سه‌بعدی را فراهم می‌نماید. با این حال، هر دو تکنیک دارای محدودیت‌های متعددی هستند و دور زدن برخی از این محدودیت‌ها با ترکیب ساخت افزودنی با روش‌های مرسوم امکان‌پذیر است. به عنوان مثال، در ساخت معمولی پروتز فک و صورت، آماده‌سازی قالب زمان‌بر و پرهزینه است. استفاده از اسکن سه‌بعدی همراه با ساخت افزودنی برای ایجاد یک قالب دقیق با شکل‌های و هندسه‌های پیچیده از نظر زمان و هزینه ساخت سودمند است و در عین حال تمرکز و دقت را افزایش می‌دهد و امکان سفارشی‌سازی بیشتری را فراهم می‌نماید. کیفیت سطح هنوز برای AM یک چالش می‌باشد. رویکردی ترکیبی از تولید افزودنی برای ساخت نمونه اولیه پروتز و تکمیل محصول با استانداردهای مورد نیاز با استفاده از فرآیندهای ماشین‌کاری سنتی استفاده می‌شود. انعطاف‌پذیری طراحی AM را می‌توان برای ایجاد یک پروتز سبک و قوی مورد استفاده قرار داد و می‌توان با استفاده از روش‌های سنتی، نکات تکمیلی مانند رنگ و بافت را اضافه نمود. در حال حاضر، تحت پروتکل هیبریدی، قالب از طریق فناوری چاپ سه‌بعدی و سپس پروتز فک و صورت با استفاده از تکنیک ریخته‌گری معمولی ساخته می‌شوند. به طور کلی، روش ترکیبی که تولید افزودنی را با روش‌های سنتی ترکیب می‌نماید، می‌تواند مزایای مختلفی مانند انعطاف‌پذیری بیشتر در طراحی، زمان‌های تولید سریع‌تر و استفاده از انواع زیادی از مواد را به همراه داشته باشد. برای انتخاب مؤثرترین ترکیب روش‌ها، تجزیه و تحلیل کامل نیازمندی‌های منحصر به فرد هر پروژه بسیار مهم است.

Das, A., Awasthi, P., Jain, V., & Banerjee, S. S. (2023). 3D printing of maxillofacial prosthesis materials: Challenges and opportunities. *Bioprinting*, e00282.

<https://doi.org/10.1016/j.bprint.2023.e00282>

ترجمه و ویرایش: جواد برزوئی

