

## پلیمرها در چاپ سه بعدی پروتزهای خارجی فک و صورت و سیستم‌های نگهدارنده آن‌ها چکیده

نقص‌های فک و صورت که ناشی از تروما، بیماری‌های آنکولوژیک یا ناهنجاری‌های هنگام تولد هستند، به‌طور منفی بر زندگی روزمره تأثیر می‌گذارند. اصلاح پروتزی، بازسازی زیبایی‌شناختی و عملکردی را با کمک موادی که شبیه بافت‌های طبیعی هستند، ارائه می‌دهد. چاپ سه بعدی پلیمر امکان طراحی پروتزهای خاص بیمار با پیچیدگی ساختاری بالا و همچنین تولید سریع و کم‌هزینه به‌صورت درخواستی را فراهم می‌نماید. با این حال، چاپ سه بعدی برای پروتزها هنوز در مراحل اولیه توسعه قرار دارد و با چالش‌های مختلفی برای استفاده گسترده مواجه است. این به این دلیل است که مناسب‌ترین پلیمرها برای بازسازی فک و صورت، مواد نرم هستند که قابلیت چاپ، استحکام مکانیکی قطعات چاپ شده و همچنین عملکرد لازم را ندارند. در این مطالعه مروری بر چالش‌ها و فرصت‌های تکنیک‌های چاپ سه بعدی برای تولید پروتزهای فک و صورت پلیمر با استفاده از نرم‌افزارهای طراحی و مدل‌سازی به کمک کامپیوتر تمرکز دارد. در این بررسی به پلیمرهای پرکاربرد و همچنین ترکیبات و کامپوزیت‌های آن‌ها می‌پردازیم که با مهم‌ترین معیارهای ارزیابی، مانند خواص فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی، زیبایی‌شناختی و قابلیت پردازش در چاپ سه بعدی مطابقت دارند. علاوه بر این، استراتژی‌هایی برای بهبود خواص پلیمرها، مانند قابلیت چاپ، استحکام مکانیکی و توانایی آن‌ها در چاپ ساختارهای چند ماده‌ای و معماری مورد تأکید قرار گرفته است. وضعیت کنونی سیستم نگهدارنده پروتز با تمرکز بر چسب‌های پلیمر فعال و ایمپلنت‌های ادغام شده با استخوان که به تازگی پیاده‌سازی شده‌اند، ارائه می‌شود و بر ایجاد آن‌ها از پلیمرهای چاپ سه بعدی تأکید می‌شود. پروتزهای موفق از نظر ویژگی‌های مواد پلیمری در محل ترمیم مورد بحث قرار می‌گیرند. همچنین رویکردها و چشم‌اندازهای فناوری از طریق مثال‌هایی از پروتزهای بینی، گوش و چشم، از نمونه‌های اولیه تا محصولات نهایی در این مطالعه بررسی می‌شوند.

**کلیدواژه‌ها:** چاپ سه بعدی، پلیمرها برای پروتزهای فک و صورت، چسب‌ها، ایمپلنت‌های استخوانی یکپارچه، پروتزهای گوش، بینی و چشمی.

**Keywords:** 3D printing, Polymers for maxillofacial prostheses, Adhesives, Osseointegrated implants, Nasal auricle and ocular prostheses.

## نتایج و چشم‌انداز آینده

در این مطالعه مروری، تکنیک‌های چاپ سه‌بعدی را به‌عنوان ابزاری حیاتی برای کمک به پروتزه‌های فک و صورت نشان می‌دهیم که تأثیر مثبتی بر رفاه عاطفی، روانی اجتماعی و عملکردی دارد. ناهنجاری‌های صورت به دلیل پیچیدگی‌های مرتبط با سیستم مبتنی بر ایمپلنت‌های بیوپلاستیک که به بازسازی استخوانی که به آن‌ها متصل هستند و همچنین بهبود چاپ مستقیم سه‌بعدی پروتزه‌ها از سیلیکون به‌عنوان امیدوارکننده‌ترین ماده برای پروتزه‌های فک و صورت، دشوار است.

علاوه بر این، پلیمرها تأثیر قابل توجهی بر توسعه فناوری چاپ جدید دارند. سنتز پیشرفته پلیمرها پتانسیل زیادی برای گسترش انتخاب مواد پلیمر با قابلیت چاپ سه‌بعدی بهبود یافته دارد. توسعه نه تنها پلیمرهای جدید از طریق اصلاح شیمیایی، بلکه ایجاد ترکیب‌ها و ترکیب‌های چند ماده‌ای، روش جدیدی برای استفاده از آن‌ها که مناسب تکنیک‌های موجود چاپ سه‌بعدی باشد، ضروری است. این استراتژی پشت توسعه چاپ سه‌بعدی برای ارائه ویژگی‌های با وضوح بالا و ساختارهای میکرو-نانو معماری قرار دارد. با این حال، طراحی پیشرفته اشیاء چاپ شده می‌تواند به‌طور قابل توجهی با ایجاد پلتفرم‌های جدید چاپ سه‌بعدی که کنترل بر ترکیب و عملکرد را تضمین می‌نمایند، بهبود یابد. پیشرفت در چاپ سه‌بعدی همچنین با توسعه پلیمرهای چندمنظوره مرتبط است که به اشیاء چاپ شده خواص یکپارچه‌ای مانند استحکام بالا، تغییر شکل، تخلخل و زیست‌سازگاری را می‌دهد. علاوه بر این، جریان اصلی تولید چنین پلیمرهایی با خواص پیچیده و یکپارچه از طریق روش‌های ارزان و ساده است.

اگرچه چاپ سه‌بعدی مزایای زیادی دارد، اما برخی از اجزای حیاتی این فناوری نیاز به اصلاحات قابل توجهی دارند. این موضوع به اسکن سه‌بعدی و مدل‌سازی کامپیوتری مربوط می‌شود که ویژگی‌های پروتزی لازم برای پردازش و بیان در محصول نهایی را تعیین می‌نماید. به‌عنوان مثال، اسکن‌های با وضوح بالا همچنان گران‌قیمت هستند و برای پرسنل با مهارت بالا طراحی می‌شوند. خطر خطاها می‌تواند در هر مرحله با اطمینان از اینکه اپراتور با تجربه هر مرحله را تکمیل می‌نماید، کاهش یابد. سایر نواقص به زمان اسکن مربوط می‌شود که ممکن است تا چند دقیقه طول بکشد و منجر به خطاهایی به دلیل حرکت بیمار شود. فتوگرامتری چند دوربینه این معایب را ندارد، اما اغلب بسیار گران‌قیمت است. علاوه بر این، نرم‌افزارهای کامپیوتری که در حال حاضر در دسترس هستند، به‌طور خاص برای پروتزه‌ها ایجاد نشده‌اند و به دلیل پیچیدگی بسیار زیاد و اینکه فقط برای متخصصان طراحی شده‌اند، برای اهداف طراحی محدود هستند. علاوه بر این، برخی از انواع چاپگرهای سه‌بعدی مدرن بسیار گران‌قیمت هستند و اغلب محققان مجبورند چاپگرهای سه‌بعدی ساده را برای اهداف خود سفارشی‌سازی نمایند. برای استفاده مؤثر از فناوری‌های جدید در تولید پروتزه‌ها، مهم است که تعداد مراحل در فرآیند تولید را به حداقل برسانیم. به‌عنوان مثال، چاپ سه‌بعدی مستقیم نیاز به ساخت

قالب و مراحل ریخته‌گری را از بین می‌برد که می‌تواند خطاها را کاهش دهد و زمان و منابع را صرفه‌جویی نماید.

به طور خلاصه، پیشرفت‌های آینده در چاپ سه‌بعدی پروتزهای پلیمری و سیستم‌های نگهدارنده آن‌ها، همراه با گسترش انتخاب مواد پلیمری، تکنیک‌های پیشرفته چاپ سه‌بعدی و طراحی فرآیند، کیفیت زندگی افرادی را که از ناهنجاری یا از دست دادن بافت رنج می‌برند، بهبود خواهد بخشید.

## Reference

Generalova, A. N., Vikhrov, A. A., Prostyakova, A. I., Apresyan, S. V., Stepanov, A. G., Myasoedov, M. S., & Oleinikov, V. A. (2024). Polymers in 3D printing of external maxillofacial prostheses and in their retention systems. *International Journal of Pharmaceutics*, 124181.

<https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2024.124181>

ترجمه و ویرایش: جواد برزویی

