

שתלים מודפסים בתלת-ממד? זה קרוב יותר מכפי שנדמה!

ד"ר ולדי דבוייריס, DMD MBA

הדפסה בתלת-ממד, או בשמה הרשמי, "ייצור אדיטיבי", אינה דבר חדש. למעשה, מדפסות הבונות עצמים תלת-ממדיים שכבה-אחר-שכבה פותחו עוד בשנות ה-80 של המאה הקודמת, ומשמשות לשימושים רפואיים שונים החל מסוף שנות ה-90. יחד עם זאת, רק בשנים האחרונות הפכה הטכנולוגיה לנפוצה דיה על מנת לצאת מן האקדמיה אל תקשורת ההמונים ולהפוך לשגורה בפי כל. כותרות העיתונים מלאות בתיאורי הדפסת תלת-ממד של כל דבר שרק יכול לעלות על הדעת – בגדים, כלי-נשק, מזון ואף רקמות.

למעשה, מדפסת תלת-ממד תרמופלסטית – ואלה המדפסות הנפוצות כיום בשוק – היא בסך-הכל רובוט פשוט למדי, הנע מעל משטח ויוצק עליו חומר אחד או מספר חומרים בשכבות בעובי של מיקרונים בודדים. זה נשמע מורכב, אך הדבר פשוט למדי עבור רובוט – ומה שהופך את כל העסק למעניין באמת הוא התוכנה האחראית על תכנון היצירה התלת-ממדית; והחומרים המשמשים להדפסה. ככל שהשתכללו תוכנות התכנון, ככל שגדל הכוח החישובי של המחשבים המריצים אותן, וככל שמכשירי ההדמיה התלת-ממדיים, ובראשם CT, הפכו לנפוצים, זולים, בטוחים ומדויקים יותר – אפשר הדבר הנגשה של טכנולוגיות CAD/CAM לכל מרפאה. ברם, בעוד תהליכי ה-CAD/CAM המרפאתיים כיום מתבססים בעיקר על חריטה מבולק שלם, במגבלות החומר ממנו חורטים וגודל האובייקט המיוצר – דווקא מדפסות תלת-הממד מהוות כיום את עתיד הטכנולוגיה הדנטלית בזכות רב-שימושיותן הרבה.

כיום משמשת הדפסת תלת-הממד ברפואת השיניים בראש ובראשונה להכנה של סדים כירורגיים לצורך השתלה. אם בעבר היה מדובר בתהליך ארוך ויקר, הרי שכיום ישנן חברות רבות המספקות את שירותי התכנון וייצור הסד כחלק אינטגרלי מן המעטפת השירותית שלהן – דבר ההופך את ההשתלות מונחות המחשב לנפוצות יותר, והמנגיש עוד יותר את הליך ההשתלה לציבור רופאי השיניים הרחב. ברם, להדפסת תלת-ממד בחומרים פלסטיים שימושים דיאגנוסטיים רבים – ההדפסה מאפשרת לדמות אנטומיה מורכבת בטרם ניתוחים מורכבים, כך שבמקום "לדמיין" על-בסיס תמונה דו-ממדית (טובה ככל שתהיה) – יכול הרופא המנתח להחזיק בידו דגם של האיבר המודפס, בגודל אמיתי, ולתכנן על-פיו את הניתוח.

שלא במפתיע, שנים לפני שהגיעה למרפאות השיניים – הגיעה הדפסת תלת-הממד למעבדות השיניים. מעבדות רבות ברחבי העולם ובישראל משתמשות בהדפסת תלת-ממד ליצירת שלדי מתכת שיקומיים – בין אם בהדפסה ישירה במתכת (בטכנולוגיית SLS – Selective Laser Sintering) ובין אם בהדפסה מדויקת בחומרים רזיניים ובשעוות, והמשך יציקה על-פיהם בשיטת השעווה הנעלמת. טכנולוגיית SLS, המאפשרת לעבוד עם מתכות מסוגים שונים, כולל טיטניום, ולהגיע לרמת דיוק ורזולוציית פני שטח גבוהות מאוד, משמשת כיום לאפליקציות ניסוייות שונות – וביניהן גם יצירה של שתלים מותאמים אישית. השימוש בטכנולוגיה זו ליצירת שתלים סובפריוסטליים או שלדי מתכת המשמשים במקרים של חסר גרמי משמעותי, כבר רשם הצלחות בשנים האחרונות; אך מעט יחסית נאמר או נכתב על שתלים דנטליים בייצור מותאם אישית.

בניגוד לחריטה, הדפסת תלת-ממד מאפשרת יצור של שתלי טיטניום המזכירים את גיאומטריית השורש של השן אותה הם מיועדים להחליף. יחד עם זאת, שתלים

שיוצרו עד כה בטכנולוגיית SLS הציגו פני שטח גסים למדי, רוויי סדקים ועיוותים כתוצאה משיטת הייצור, בה אבקת המתכת לא עוברת התכה עד הסוף. דווקא שיטה ניסיונית אחרת, SLM, בה מתרחשת התכה מלאה של המתכת, מאפשרת להגיע לשתל מודפס בעל תכונות פיזיקליות הדומות לשתל חרוט בייצור המוני. פני שטח השתל אמנם פורוטיים, אך למעשה בתנאי מעבדה הדבר נראה כתורם לאוסיאואינטגרציה. יתר על כן, בתהליך תכנון השתל דמוי-השורש ניתן אף להוסיף לו הברגה, אשר תשפר מאוד את סיכויי האינטגרציה של השתל ואת פיזור הלחצים לרקמות הסובבות.

בניגוד לכל השיטות המתוארות לעיל, הדפסת תלת-ממד של שתלים דנטליים דמויי-שורש עודנה בחיתוליה, והיא אף לא יצאה עדיין ממעבדות האקדמיה אל עולם רפואת השיניים הקלינית. יחד עם זאת, לאור הצלחת הניסויים המעבדתיים והצמיחה המתמדת בפופולריות של טכנולוגיית הדפסת תלת-הממד, קיים יסוד סביר להניח שדווקא ההדפסה – ולא החריטה – תהיה טכנולוגיית הייצור הזולה והנגישה מכולן ברפואת השיניים כבר בעתיד הנראה לעין.

ד"ר ולדי דבוייריס, DMD, MBA, הוא רופא שיניים ויועץ בתחומי השיווק והדיגיטל למוסדות רפואיים ולחברות טכנולוגיות בתחום הרפואה ורפואת השיניים. כיום עומד ד"ר דבוייריס בראש מיזם Dentist Sapiens המציע את שיווק הטכנולוגיות הדנטליות בישראל אל המאה ה-21. בנוסף, הוא חבר הנהלת העמותה הישראלית להשתלות דנטליות ונגיד אחוות רופאי השיניים אלפא אומגה בישראל.

ליצירת קשר: vladi@dentistsapiens.com

ביבליוגרפיה:

1. Dawood A et al, 3D printing in dentistry, BDJ, 2015, 219(11): 521-529
2. Chen J et al, Design and manufacture of customized dental implants by using reverse engineering and selective laser melting technology, J Prosthet Dent, 2014, 112: 1088-1095
3. Gagg G, Ghassemieh E, Wiria FE, Effects of sintering temperature on morphology and mechanical characteristics of 3D printed porous titanium used as dental implant, Materials Science Engineering, 2013, 33(c): 3858-3864
4. Sumida T et al, Custom-made titanium devices as membranes for bone augmentation in implant treatment: Clinical application and the comparison with conventional titanium mesh, J Cranio-Maxillo-Facial Surg, 2015, 43: 2183-2188
5. Rasperini G et al, 3D-printed bioresorbable scaffold for periodontal repair, JDR, 2015, 94(9): 153S-157S
6. Cohen A et al, Mandibular reconstruction using stereolithographic 3-dimensional printing modeling technology, Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2009, 108: 661-666