

שילוב טכנולוגיית CAD/CAM ברפואת השיניים

המרצה: רונית פנחס

המציגות: דנה פרידמן ת.ז. 203215355

אינה ז'ורומסקי ת.ז. 310800552

אוגוסט 2018

תוכן עניינים

3	.....	מבוא
3	.....	היסטוריה של טכנולוגיה
5	.....	היקף שימוש בטכנולוגיה בעולם
5	.....	היקף שימוש בטכנולוגיה בישראל
7	.....	רכיבי המערכת
9	.....	עלויות הטכנולוגיה
11	.....	שיטת מחקר וראיון עם המומחה
12	.....	ראיון עם המומחה
18	.....	המודל הכלכלי
20	.....	דיון
25	.....	סיכום ומסקנות
26	.....	ביבליוגרפיה

הקדמה

טכנולוגיית CAD/CAM הוצגה לראשונה לפני למעלה משלושים שנים ומאז היא קיימת ביותר מחמישים מדינות ואף משולבת כחלק מתוכנית הלימודים בבתי ספר לרפואת השיניים בעולם. הטכנולוגיה מורכבת משני חלקים כאשר הראשון נקרא CAD – עיצוב ממוחשב של עבודות דנטליות ואילו השני נקרא CAM - ייצור ממוחשב באמצעות כרסומות רובוטיות. המערכת כוללת סורק, מערכת חומרה כאשר חלק ממנה הוא תוכנת המחשב וכרסומת שולחנית בתוך מרפאת השיניים, המאפשרת תכנון וייצור של כתרים, גשרים, סדים, שחזורים בעזרת המחשב ובפגישה אחת. המערכת יצרה מהפכה הרמונית בחוויית הלקוח על ידי שיפורים אסתטיים, חיסכון בזמן, שיפורים אקולוגיים ורפואיים ומאפשרת לטפל במטופלים חרדים, שחוו טראומה מטיפולי השיניים בעברם. הטכנולוגיה מהווה השקעה משתלמת למרפאת השיניים. בראש ובראשונה, התועלות הן למטופל, ובעקבותיהן נוצר אפקט מצטבר על המרפאה בפן הכלכלי והשיווקי. ההתקדמות הרבה שחלה בשנים האחרונות במערכת ההדמיה, פתחה אפשרויות חדשות בתחום הטיפול האורתודנטי ובטיפולים הכירורגיים, כגון, השתלות שיניים ממוחשבות שהפכו לחלק בלתי נפרד מתפישת הטיפול של מרפאות השיניים המובילות בישראל ובעולם. המודעות של טכנולוגיה זו ממשיכה לגדול ולצמוח. כיום, קיים מעבר מתפישה של התאמת הלסת של כל מטופל לאמצעי הטיפול הקיימים, לתפישה שבה מבצעים התאמה אישית של כל טיפול למצב הייחודי של כל מטופל. בעבודה זו, נציג ונסקור את טכנולוגיית ה-CAD/CAM תוך התמקדות בהיבטיה ההיסטוריים, הכלכליים והמקצועיים, נציג את התפתחות הטכנולוגיה לאורך השנים החל מהמודל עליו מבוססת המערכת ועד למוצר המוגמר. בנוסף, נבצע השוואה בין הטכנולוגיה הקיימת היום לבין הטכנולוגיות שקדמו לה הן במרפאות השיניים הפרטיות והן במרפאות השיניים הציבוריות לשם בדיקת כדאיות הכנסת הטכנולוגיה אל מערכת רפואת השיניים הציבורית.

היסטוריה של טכנולוגיה

בתחילת המאה העשרים, החל עידן המחשבים ופיתוחים טכנולוגיים רבים החלו לפרוץ אל השווקים בכל התחומים. מערכת התוכנה המסחרית הראשונה של הטכנולוגיה פותחה ב- 1960 על ידי ד"ר פטריק ג'אנרטי, המכונה לעתים קרובות, אבא CAM/CAD.

תוכנת ה-CAD, המכונה גם תוכנת עיצוב בעזרת מחשב, ובעבר נקראה תוכנה מסייעת בעזרת מחשב, הינה תוכנה המסייעת למהנדסים ולמעצבים במגוון רחב של תעשיות לתכנן ולייצר מוצרים פיזיים, החל מבניינים, גשרים, כבישים, מטוסים, ספינות ומכוניות, מצלמות דיגיטליות, טלפונים ניידים, טלוויזיות, בגדים ומחשבים.

המשתמשים הראשונים של הטכנולוגיה היו חברות תעופה וחלל גדולות ויצרני כלי רכב וזאת בשל עלויות גבוהות מאד של הטכנולוגיה. בין השנים 1960 ועד 1970, בוצעו מחקרים ופיתוחים רבים של הטכנולוגיה על ידי "מקדונל דאגלס", "גינרל מוטורס", "פורד", "לוקהיד" ורבים אחרים.

מערכות הדור הראשון של תוכנת ה-CAD, היו בדרך כלל אפליקציות שרטוט דו-ממדיות שפותחו על ידי היצרנים בשיתוף עם חוקרי אוניברסיטאות שונות. (Poticny & Klim, 2010)

במעבדת המחשב של אוניברסיטת קיימברידג' ב- 1967 בוצע מחקר לפיתוח מודלים תלת ממדיים של תוכנת CAD, המחקר והפיתוח מאז ממשיכים להיות היסודות של תוכנת תלת ממד עד היום. בנוסף לכך, חוקרים אירופאים גם לקחו חלק פעיל בפיתוח הטכנולוגיה וחוקרים צרפתים בחסות "סיטרואן" ו"רנו" עשו צעדים יסודיים בחישוב גיאומטריית תלת ממד ופרסמו מחקר פורץ דרך בנושא בשנת 1970.

תוכנת ה-CAD החלה את ההסבה שלה ממחקר לשימוש מסחרי בשנות השבעים של המאה הקודמת וכוחם הגובר של מחשבים, תוך פיתוח סוגים רבים של מחשבים, הפך את תוכנת ה-CAD לנגישה יותר. הביקוש לתוכנה המסחרית של הטכנולוגיה החל להתפתח ולגדול כך שעד סוף העשור היה חזק ורווחי מאוד. הפיתוח והתמיכה הנרחבים של התוכנה הביאו להסכמה בין חברות "בואינג", "גינרל אלקטריק" ומכון התקנים הלאומי שקיים צורך בקביעת סטנדרטיזציה ליצור הטכנולוגיה וכך היה. (Poticny & Klim, 2010)

בשנת 1981 חברת "IBM", יצרה את המחשב האישי הראשון שלה וכבר בשנת 1982 הודגמה תוכנת ה-CAD הראשונה למחשבים האישיים. במהלך שנות השמונים למאה הקודמת, נעשה ניסיון ראשון לשילוב תוכנת ה-CAD עם תוכנת ה-CAM, הייצור הממוחשב. במקביל לתהליך השילוב בין השניים, בין השנים 1980-1990, פותחה רשת האינטרנט שאפשרה את שילובה של תוכנת ה-CAD בין הרשתות השונות.

(Miyazaki, Hotta, Kunii, Kuriyama and Tamaki, 2008)

דוקטור דורט היה הראשון בפיתוח ושילוב טכנולוגיית ה-CAM/CAD ברפואת השיניים וכבר בשנת 1971 הוא ביצע ניסיון ראשוני לעצב כתר אופטימלי עשוי חרסינה, תוך התחשבות במבנה האנטומי של השן והתאמה לשיניים סמוכות ונגדיות. בהמשך הוא פיתח מערכת "Sophia", אשר התפתחותה השפיעה על טכנולוגיית ה-CAM/CAD בתחום רפואת השיניים בשלב מאוחר יותר.

(Miyazaki et al, 2008)

השני שחקר את התחום, היה דוקטור מורמן, אשר ביצע מהלך חדשני ופורץ דרך בתחום רפואת השיניים הדיגיטלית והיה הראשון שהגה את הרעיון לאחד את שלושת מרכיבי הטכנולוגיות השונות, ששימשו עד נקודת זמן זו כל אחת בפני עצמה, בעצם פעולה זו נוצרה טכנולוגיה חדשה הנקראת CAD/CAM המערכת הכילה את הסורק האינטראאורלי, תוכנת העיצוב והכרסומת, המערכת נקראה על ידו "Cerec". (Poticny & Klim, 2010)

בעזרת המערכת, צילם דוקטור מורמן את חלל הפה והשיניים, עיצב את השחזור בעזרת תוכנת העיצוב שפיתח והשתמש בבלוק חרסינה כדי ליצור הכתר על ידי כרסומת קטנת מידה, שהוצבה בתוך מרפאת השיניים. משם נוצר המושג "Chair-side of patients". משמעות המושג הינה שרובו המוחלט של הטיפול מתבצע לצד כיסא הטיפולים במהלך אותו הביקור.

(Miyazaki et al, 2008)

פיתוח טכנולוגיה זו אפשר לתכנן ולייצר את השחזור ביום אחד בלבד. כאשר מערכת זו הוכרזה וקיבלה הכרה, היא התפשטה במהירות במדינות רבות בעולם והמושג "CAD/CAM" הפך ליותר ויותר פופולארי בקרב ציבור רופאי השיניים. (Miyazaki et al, 2008)

השלישי לעסוק בתחום באותה התקופה היה דוקטור אנדרסון, אשר פיתח את "Procera", טכנולוגיה המחליפה את השימוש בסגסוגת מתכות כבסיס לשחזור ובמקומה החל להשתמש

בטיטניום לצורך יצירת שחזורים שונים. בעקבות החלפת החומר ממנו מיוצר בסיס השחזור, נפתרה בעיה נפוצה, בעיקר באירופה, בה פותחו תגובות אלרגיות לסגסוגת המתכות.

טכנולוגיית ה-CAD/CAM היא למעשה השילוב של תכנון בעזרת המחשב וייצור בעזרת המחשב. הטכנולוגיה התפתחה ללא הרף על פני שלושים שנות קיומה. יחד עם זאת, ישנם שיפורים הכוללים שינויי חומרה, תוכנה ואיכות החומרים המשמשים לייצור כתרים ושחזורים אסתטיים. (Poticny & Klim, 2010)

כיום, מערכת זו מיוצרת על ידי מספר חברות ברחבי העולם, משווקת על ידי מספר גדול של חברות שיווק שונות לטכנולוגיות ברפואת השיניים ובאוניברסיטאות ביפן תהליך פיתוחה של הטכנולוגיה נמשך ומתקדם עד היום. (Miyazaki et al, 2008)

היקף שימוש בטכנולוגיה בעולם

משנת 1985 עד 2010, כשלושים אלף יחידות של מערכת ה-CAD/CAM הותקנו לשימוש במרפאות השיניים וכארבע אלפים וחמש מאות יחידות הותקנו לשימוש במעבדות השיניים השונות, כשבפועל יוצרו מעל לשבעה מיליון וחמש מאות אלף שיקומים שונים בכחמישים מדינות מסביב לעולם. (Poticny & Klim, 2010)

בתחילת דרכה של מערכת ה-CAD/CAM במדינות אסיה, בוצעה התערבות ממשלתית במטרה למנוע את הכנסת הטכנולוגיה לתחום רפואת השיניים משיקולים כלכליים וזאת כיוון ששירותי רפואת השיניים סופקו בעיקר על ידי המדינה. התנגדות זו לא מנעה את המחקר והפיתוח של טכנולוגיית ה-CAD/CAM במדינות אלה וככול שהשימוש בטכנולוגיה מתרחב ומתפשט בכל מדינות העולם, על פי תקוותם של החוקרים היפנים, יתקבל אישור ליישום המערכת ברפואת השיניים במדינות אסיה.

(Miyazaki et al, 2008)

היקף שימוש בטכנולוגיה בישראל

להערכתו של מר צ'אקיר צבי, מהנדס תוכנה ובעל חברה לשיווק מוצרי איכות דנטאליים, במרפאות שיניים פרטיות ישנם כיום כשלוש מאות סורקים אינטראורליים וכמאה וחמישים כרסומות מסוגים שונים. לעומת זאת, בקופות החולים השונות הטכנולוגיה טרם נטמעה ונמצאת

כרגע בשלבי פיילוט. עוד ציין צ'אקיר כי היקף השימוש בעולם בטכנולוגיה זו הוא נרחב, כאשר במדינות ארצות הברית ובגרמניה השימוש בטכנולוגיה זו הוא הגדול ביותר.

יתרונותיה של הטכנולוגיה

טיפול שיניים מצטיירים לרוב כמטרד רפואי ודורשים זמן יקר של המטופל ושל הרופא כאחד. טרם פיתוח הטכנולוגיה, ביצוע שיקום הפה הצריך מפגשים רבים בהם הושם כתר זמני, נלקחו מידות ומטבעים, בוצעו מדידות והתאמות של השיקום עד להדבקה הקבועה, כאשר כל התהליך אורך בין חודש ולחודש וחצי הכוללים בין חמש לשש פגישות האורכות שעה וזאת על מנת לטפל בשן בודדת בלבד. בנוסף ישנה אוכלוסיית מטופלים אשר זקוקה לרגישות יתרה מצד רופאי השיניים הכוללת ילדים, אשר עיקר הטיפול בהם הוא שחזורי חרסינה אסתטיים לשיניים החותכות, מטופלים בעלי רפלקס הקאה גבוה שאינו מאפשר הכנסת מטבעים עם חומר במרקם צמיגי ומטופלים עם פוסט טראומה מטיפולי שיניים קודמים. השימוש בסורק האינטראאורלי הצליח למנוע עיוותים בחומר המטבע ושיפר את דיוקה של המדידה. (Miyazaki et al, 2008)

טרם הטכנולוגיה, השחזורים והשלמות השיניים הכילו חומרים כמו כספית, וכתרים קבועים נבנו על בסיס סגסוגת של מתכות, אשר מבחינה אקולוגית עלולים לגרום לנזק גופני וסביבתי ואף גרמו לתגובה אלרגית במספר רב של מטופלים. (Miyazaki et al, 2008)

בנוסף להיבט האקולוגי והבריאותי, ניתן להבחין כי מבחינה אסתטית, שחזורי האמלגם, הסתימות הכסופות, השתקפו דרך חומר השן ונראו באופן בולט לעין. לעיתים בוצעו שחזורי אמלגם גדולים ובשל גודלם היו לא אסתטיים, לא מספיק מדויקים ושבירים. במקרים מסוימים הומלץ מראש למטופל לבצע טיפול שורש וכתר או במקרים חמורים יותר, עקירה וביצוע שתל שניתן היה לחסוך. בנוסף, בשיטה הקונבנציונאלית, הכתרים נבנו על בסיס מתכת מצופה בחרסינה, שלעיתים עקב כוחות לעיסה חזקים, נפגם ציפויים. כמו כן, למטופלים שסובלים מבעיית נסיגת חניכיים פעילה, בעת החמרת המחלה, נחשף בסיס המתכת של הכתר ובשל אופי המחלה, לא ניתן להחזיר את מצב החניכיים לקדמותו אלא רק לשמרו. לאחר תהליך השימור, כדי לשפר את חזות השן, נאלץ המטופל לעבור את כל תהליך ביצוע הכתר פעם נוספת. הדבר כרוך בהוצאה כספית נוספת ובבזבוז זמנו היקר של המטופל.

לאור הבעיות שהוצגו לעיל ולאור התקדמות הטכנולוגיה בתחומים שונים בתעשייה, נוצר צורך בפיתוח טכנולוגיה חדשה ברפואת השיניים שתייעל ותתפתח במקביל לשאר תחומי התעשייה.

הטכנולוגיה בה נעסוק בעבודה זו, היא טכנולוגיית CAD/CAM, זו למעשה מערכת המאפשרת לרופא השיניים לבצע תכנון מפורט של הטיפול על גבי הדמיה תלת-ממדית של הלסת תוך שימוש בחומרים איכותיים בפרק זמן קצר משמעותית מהשיטה הקונבנציונאלית.

בנוסף לכך, טכנולוגיית CAD/CAM מאפשרת שימוש בחומרים חזקים ועמידים יותר שטרם הטכנולוגיה, לא ניתן היה לעבדם ובשל כך נאלצו להשתמש בחומרים קלים יותר לעיבוד אשר היו במקרים רבים מגבלות אקולוגיות, בריאותיות ואסתטיות. (Miyazaki et al, 2008)

רכיבי המערכת

סורק אינטראורלי

המערכת מורכבת משני מכשירים שמקושרים ביניהם על ידי תוכנת מחשב. המכשיר הראשון הוא הסורק האינטראורלי, שזה למעשה מצלמה אופטית רבת עוצמה עם תוכנה מתקדמת. הרופא עובר באמצעות הסורק האינטראורלי בתוך פה המטופל ומדמה בעזרתו את המבנה האנטומי של השיניים ואת המורפולוגיה של הרקמות. עשרות צילומים נלקחים באופן אוטומטי והתוכנה בונה בהתאם מודל ממוחשב תלת ממדי של פה המטופל, ללא שימוש בחומרי מטבע סיליקוניים.

(Miyazaki et al, 2008)

התהליך קל לשימוש ונוח למטופל והכי חשוב מדויק יותר. רוב הסורקים האינטראורליים המודרניים הם סורקים פתוחים, כלומר, ניתן לשלוח את קובץ הסרוק לחריטה לכל המחרטות הפתוחות, משתמע מכך שניתן לרכוש את הסורק בלבד. הסריקה התלת ממדית הינה טכנולוגיה המאפשרת להפוך אובייקט מציאותי, קיים, למידע גאומטרי ממוחשב, כאשר כל התהליך נע בין חמש לשלושים דקות, תלוי בסוג הטיפול. המידע התלת ממדי המתקבל יכול לשמש מידית כארכיב דיגיטלי או כבסיס להשוואה עם מודלים או מידע סרוק אחר. הליך הסריקה קל מאוד ואינטואיטיבי, הידית מועברת בחופשיות בתוך חלל הפה של המטופל, ללא צורך במרחק מסוים מהשיניים ומשקלו של הסורק הוא פחות משבע מאות גרם, ובכך מונע התעייפות ידיו של הרופא. חמש מצלמות בעלות רגשים מיניאטוריים, אשר ממוקמים בקצה הידית מציגים ישירות את השיניים ואת הרקמה הרכה מכיוונים מרובים בו זמנית, ומנגישים גם את האזורים המרוחקים והחשוכים של הפה, תוך השקעת מאמץ מינימאלי.

תוכנת עיצוב

בשל היות הסורק דיגיטלי, לאחר סריקת השיניים, ניתן להניע ולסובב את המודלים לכל הכיוונים

ולצפות במודל התלת ממדי מכל כיוון אפשרי. שימוש במחשבים עם מסכי LED רגישים למגע, המאפשרים לבצע הנעה של המודלים הדיגיטליים, מחיקה או כל שינוי נדרש.

(Miyazaki et al, 2008)

בנוסף, תוכנת הסורק מאפשרת לבצע תכנון מדויק של צורת כתר או שחזור בהתאמה מדויקת לשיניים סמוכות ונגדיות, בהתבסס על הידע והניסיון הקליני של הרופא המטפל, במקום לתת הוראות לטכנאי השיניים מה ואיך לבצע ולהסתכן ביצירת בעיות תקשורת והבנה.

לתוכנת העיצוב יכולת אוניברסאלית לתכנון אוטומטי של הכתר בזמן כולל של דקה אחת בלבד ומערכת התראות במידה והסריקה לוקה בחסר עד להשלמת תמונה אנטומית של פה המטופל כנדרש. הקבצים הסרוקים נשמרים במערכת PACS המחולקת לתיקיות אישיות אשר מכילות פרטי זיהוי של כל מטופל לצורך הטיפול בו. הדבר מאפשר ייצור חוזר של שיחזור ללא צורך

בטרטור המטופל למדידות חוזרות. (Miyazaki et al, 2008)

לאחר שלבי הסריקה, תכנון ועיצוב הממוחשב, המידע עובר בצורה דיגיטלית לשלב הייצור הממוחשב. CAM – כרסומת ממוחשבת מתקדמת, שזהו למעשה החלק השני של המערכת.

הכרסומת

כרסומת היא מכונה לעיבוד שבבי, אשר משתמשים בה לעיבוד חלקים ציריים סימטריים. בתהליך עיבוד שבבי משתמשים בבלוק של חומר גלם, כאשר בעזרת מקדחים, המכונה מורידה עודף חומר מסביב למבנה ברמות דיוק המגיעות עד אלפית המילימטר. בזכות שני מקדחי יהלום שעובדים במקביל, ניתן לייצר את פנים וחוץ השחזור באופן אוטומטי. רוב הכרסומות הן כרסומות פתוחות, כלומר, הן יכולות לקבל קבצים ללא כל הגבלה מכל הסורקים האינטראורליים לשם ביצוע עבודות החריטה. (Miyazaki et al, 2008)

הפעלת הכרסומת יכולה להיות ידנית או ממוחשבת. ההפעלה הממוחשבת מאפשרת עבודה ללא השגחה במשך ימים רצופים, תוך בדיקה מתמדת של איכות המבנה, המיוצר באמצעות חיישני לייזר וחיישנים נוספים. הכרסומות החדשות יודעות להתמודד עם תקלות במערכת ואף מסוגלות להתריע באמצעות מסרון הנשלח אל מפעיל הכרסומת על קיומה של תקלה ובמקביל לבצע עיבודים נוספים אשר לא מצריכים הפעלה של החלק התקול. זמני החריטה נעים בין עשר דקות לשלושת רבעי השעה, תוך תלות בסוג השיקום הרלוונטי.

מטרות תהליכי העיבוד השבבי הן חיסכון במשאבים וחסכון בזמן, תוך שמירה על טיב פני שטח השיקום ורמת הדיוק הנדרשת.

על פי מאמרם של מיאזקי וחבי (2008), זמן לקיחת המידות באמצעות הסורק האינטראאוראלי, אורך כארבע דקות, זמן עיבוד הקובץ הסרוק אורך בין דקה לשתי דקות והשלב הסופי, כלומר, כרסום השחזור מחומר הגלם עד לעיצוב הסופי אורך כשעה וחצי. בשל פיתוחה המתמיד של הטכנולוגיה, בכרסומות המודרניות, התהליך אורך כשלושת רבעי השעה. כמו כן, תהליך הזנת הנתונים הדרושים במכונה והפעלתה מצריכים זמן עבודה של טכנאי שיניים המוערך בכחמש דקות, כאשר שאר התהליך מבוצע באופן אוטומטי על ידי הכרסומת.

עלויות הטכנולוגיה¹

ישנם שני מודלים לרכישת מערכת CAD/CAM. המודל הראשון מאפשר רכישה של הסורק האינטראאורלי בלבד, אשר יחליף את לקיחת המטבעים הקונבנציונלית. מודל זה מתאים לרופאי השיניים השמרניים יותר, אשר מעדיפים להשאיר את עבודת הייצור של השחזור לטכנאי השיניים, המבצע את תהליך הייצור במעבדת השיניים, כאשר קובץ הסריקה נשלח ישירות לכתובת הדואר האלקטרוני של המעבדה לצורך ביצוע עבודת הייצור. הסורק עונה על כל צרכי המרפאה, הכולל את יתרונותיה המקצועיים והכלכליים של הטכנולוגיה.

אופן התשלום עבור מודל זה², הכולל את הסורק האינטראאורלי בלבד, מתחלק לשתי אפשרויות. בהתאם לאפשרות הראשונה, ניתן לרכוש בעלות של כמאה ושלושים אלפי שקלים. האפשרות הנוספת הינה לשכור את הסורק, בעלות של כאלפיים שקלים עבור כל חודש, למשך תקופת השימוש, כאשר המינימום הנדרש הוא תריסר חודשי שכירות. עלות השכירות החודשית כוללת הדרכה, שירות ואחריות, ואילו רכישה חד פעמית מצריכה תוספת תשלום של כאלפיים וחמש מאות שקלים עבור הדרכה, שירות ואחריות.

מודל נוסף המוצע לציבור רופאי השיניים הליברליים יותר, הוא לרכוש את מערכת ה- CAD/CAM המשולבת. מערכת זו כוללת גם את הסורק וגם את הכרסומת. לצורך שימוש במערכת זו, המרפאה צריכה להקים מעין מעבדת שיניים קטנה בתוך מרפאת השיניים וכן להעסיק טכנאי שיניים, במשרה חלקית או כעצמאי. במרפאות שיניים קטנות, מנהל המרפאה

¹ המחירים המוצגים לעיל הינם על פי המחירון של חברת "דנטל צ'אקיר בע"מ".

² כל המחירים המוצגים לעיל הינם ללא תוספת מס ערך מוסף.

משמש כאחראי על המערכת ואילו במרפאות שיניים גדולות יותר, אשר מעסיקות כמות גדולה של אנשי צוות, מנהל המרפאה יכול למנות את אחד העובדים כאחראי על המערכת במרפאה. לחברות המשווקות את הציוד ישנו צוות הדרכה והטמעה, שתפקידו להכשיר את אחראי המערכת במרפאה ולתת לו את התמיכה הנדרשת בהמשך. אופן התשלום עבור מודל זה, הכולל את המודל המשולב, אשר משלב סורק וכרסומת הינו כשלוש מאות אלפי שקלים.

שיטת מחקר וראיון עם המומחה

בעבודה זו השתמשנו בראיון איכותני אשר הציג בפני מומחה בתחום רפואת השיניים, שאלות הנוגעות להפיכת התחום לדיגיטלי מכל היבטיו – היסטוריים, מקצועיים וכלכליים. שנענה על ידי דוקטור אלי אגרנט ומר צבי צ'אקיר בראיון פרונטלי שקיימנו עימם.

דוקטור אלי אגרנט החל את דרכו כרופא שיניים בשנת 1986 לאחר שסיים את לימודיו בבית הספר לרפואת השיניים באוניברסיטת תל אביב. תחילה, עבד בקופת חולים "כללית" בעפולה עד לשנת 1988 לאחר מכן, החל לעבוד בקופת החולים "מכבי", כאשר במקביל הקים מרפאת שיניים פרטית בראשותו שפועלת עד היום. במסגרת תפקידו כרופא שיניים הוא מבצע טיפולים משמרים, טיפולים כירורגיים, טיפולי שיקום הפה ואורתודונטיה. משנת 1995 ועד לשנת 2004 דוקטור אגרנט שימש כמנהל מרפאת השיניים בקופת חולים "מכבי" בהרצליה. במסגרת תפקידו קבע דוקטור אגרנט את נהלי המרפאה אותה ניהל, עיצב והדריך את הצוות הרפואי, ניהל את כספי המרפאה ודאג לעדכון המקצועי של הצוות הרפואי על ידי כנסים והשתלמויות מקצועיות. כמו כן, במהלך כל שנותיו כרופא שיניים, דוקטור אגרנט השתתף בקורסים והשתלמויות בנושאים שונים, על מנת להתעדכן בחידושים ברפואת השיניים. בשנת 2016, דוקטור אגרנט הוכר על ידי ארגון הבין לאומי להשתלות שיניים, ICOI, זאת לאחר שעמד בבחינות שבוצעו על ידי הארגון. כיום ומזה כארבע עשרה שנים, דוקטור אגרנט מנהל מרפאה פרטית בהרצליה הנקראת "איכות בחיך". המרפאה כוללת שלושה כיסאות בדיקה וטיפול ומעבדת שיניים המכילה מערכת סריקה וכרסום בטכנולוגיית CAD/CAM. בנוסף, במרפאה מועסקות מזכירה רפואית, סייעת לרופא שיניים ושלוש שינניות.

בנוסף לדוקטור אלי אגרנט, נפגשנו עם מר צבי צ'אקיר, בעל חברת "דנטל צ'אקיר", המשווקת את הטכנולוגיה. צבי צ'אקיר הינו בעל תואר שני בהנדסת מכונות שהחל לעסוק בענף המסחר ברפואת השיניים, תחום הרחוק מנושא לימודיו, כפועל יוצא מהעובדה שמשפחתו עסקה בייצור ושיווק גז הנייטרס אוקסיד, "גז צחוק", בשטח הרפואי. מזה כשלושים שנים הוא בעל עסק לטכנולוגיות ברפואת השיניים ובשלוש השנים האחרונות החל לשווק מערכות CAD\CAM.

ראיון עם המומחה

טכנולוגיית CAD/CAM קיימת יותר משלושים שנים ביותר מחמישים מדינות בעולם, תוכל לתאר את הטכנולוגיה שקיימת במרפאתך וכמה זמן אתה כבר משתמש בה?

דוקטור אגרנט: מזה כשנתיים אני משתמש במרפאתי במערכת סריקה וחריטה שפועלת בטכנולוגיית - CAD/CAM - computer aided design/computer aided manufacturing. בפועל, אנו משתמשים בסורק תלת ממד על מנת לסרוק את האובייקט הנדרש. לאחר הסריקה, אנו מקבלים במחשב תמונה תלת ממדית של האובייקט, או לחלופין ניתן לקבל קובץ שנסרק על ידי סורק אינטראוראלי במרפאה. לאחר קבלת התמונה, אנו מתכננים ומעצבים את השחזור הרצוי. טכנולוגיה זו מאפשרת לנו להגיע לרמות דיוק מקסימלית ותכנון עבודה בצורה המושלמת ביותר.

מר צ'אקיר: הטכנולוגיה קיימת בארץ כבר שלושים שנים, אך בשל עלויות גבוהות וחוסר עניין בקרב רופאי השיניים הטכנולוגיה לא תפסה תאוצה כבשאר מדינות העולם ושימשה רק כמחצית ממעבדות השיניים. בארבע השנים האחרונות זיהיתי את הפוטנציאל הטמון בטכנולוגיה ובעזרת שיווק אינטנסיבי ומערכי הסברה לציבור רופאי השיניים הצלחתי להטמיע את הטכנולוגיה במרפאות הפרטיות בארץ.

הנד רופא שיניים ותיק ובשל כך נחשפת לאורך תקופה זו לכל ההתפתחויות הטכנולוגיות בתחום רפואת השיניים, בנוסף לכך יש לך ניסיון תעסוקתי וניהולי בסקטור הציבורי וכן בסקטור הפרטי. בהסתמך על ניסיוןך בתחום האם תוכל לערוך השוואה בין השיטות הקודמות לטכנולוגיית CAD/CAM תוך התייחסות ליתרונותיה וחסרונותיה?

דוקטור אגרנט:

שיטת עבודה קונבנציונלית

1. מכניסים לפיו של המטופל כפות עם חומרים שונים אשר יכולים לגרום לרפלקס הקאה אצל המטופל. בשלב זה, יכולים להיות עיוותים בשל שינויי טמפרטורה, אופי ערבוב החומר וטעויות אנוש.
2. בשלב יציקת הגבס לתוך הכפות, גם כאן עלולים להיווצר עיוותים בשל טמפרטורה, אופי ערבוב החומר וגורמים נוספים.

3. קבלת מודלי גבס שהם העתק של פה המטופל, בשלב זה יש מקום לעיוות בשל טעות אנוש.
 4. לאחר תהליך לקיחת המידות ויצירת המודלים היצוקים, ממלאים טופס עם פרטי המטופל, שם הרופא והמרפאה ודרישות לביצוע על ידי הטכנאי.
 5. התקשרות למעבדה ובקשה לשליחת שליח.
 6. השליח מגיע או לא מגיע או לוקח את העבודה למרפאה אחרת בשל טעויות אנוש.
- בשל יותר מידי שלבים בהם קיימת אפשרות לטעויות אנוש ואי דיוק בעבודות, מסירת העבודה הסופית והתאמתה למטופל מצריכה פגישות נוספות וזמן עבודה יקר, שמתבזבז לשווא.

טכנולוגיית ה-CAD\CAM

1. מחדירים לפיו של המטופל מצלמה בעלת דיוק של 20 מיקרון. התהליך נוח למטופל ומבטל את רפלקס ההקאה.
 2. לא קיימת תלות בחומרים שונים.
 - אין יציקות גבס ושימוש בחומרים המצריכים זמן עבודה והתערבות אנושית, מה שמונע טעויות אנוש. המודל המתקבל בסופו של דבר הוא מודל תלת ממד של פה המטופל באופן וירטואלי.
 3. עיצוב העבודה על ידי תוכנת עיצוב.
 4. שיגור הקובץ למעבדה תוך מס שניות באמצעי התקשורת השונים.
 5. ייצור וכרסום העבודה על ידי כרסומת.
- בשל יתרונותיה הרבים של המערכת, קיים דיוק מרבי כמעט ללא מגע ידי אדם, העבודות נמסרות למטופל בדרך כלל לאחר מפגש אחד.
- מה העלות של המכשיר? מה עלות ההחזקה של המכשיר? האם יש הבדל בהשקעה בכוח האדם בין שימוש במכשיר זה לעומת שימוש במכשור המסורתי? מה המשמעות הכלכלית של הדבר?**
- מה הפער במחיר הטיפול למטופל בין הטיפול במכשור המסורתי לעומת הטיפול במכשור ה - CAD/CAM?**

דוקטור אגרנט: עלות המכשיר משתנה בהתאם לביצועי המכשיר. הסורק שלי עלה כמאתיים ועשרים אלפי שקלים והכרסומת וכל המכשירים הנלווים עלו כשלוש מאות וחמישים אלפי

שקלים, אך ישנם מכשירים זולים יותר. עלויות ההחזקה הן כאלפיים וחמש מאות שקלים לשנה כולל תמיכה בתקלות ואחריות. בנוסף לכך, בשיטה הקונבנציונאלית שילמתי עבור חמש שעות עבודה של סייעת לכתר של מטופל אחד לעומת שעת עבודה אחת של סייעת לכל מטופל בטכנולוגיה הקיימת ברשותי כיום. מעבר להוצאות אלה, בעבר, נדרשתי לשלם עבור כל שיחזור למעבדה כחמש מאות שקלים וכיום אני משלם לטכנאית עבור אותה הפעולה כשלוש מאות שקלים בלבד. למרות שההוצאות שלי קטנו, אין הבדל בעלויות הטיפול למטופל בין שיטה חדשנית לקונבנציונאלית.

מר צ'אקיר : מחירי הטכנולוגיה תלויי חבילת הרכישה. לרוכשי הסורק בלבד המחיר נע בין תשעים ושבעה אלפי שקלים לבין כמאה ושלושים אלפי שקלים ואילו לרוכשי הכרסומת, מלבד עלות הסורק יתווסף סכום שנע בין כמאה ושישים אלפי שקלים לבין כרבע מיליון שקלים, תלוי בתכונות המכשיר וצרכי הלקוח.

האם גם במרפאות הציבוריות קיים שימוש במכשיר ה-CAD\CAM? האם קיימת התעניינות בנושא? מה נעשה במרפאות ציבוריות בעולם המערבי?

דוקטור אגונט : לא ידוע לי על שימוש בסורקים במרפאות ציבוריות בארץ או בעולם, אך במרפאות ציבוריות ופרטיות שאין ברשותן את הסורק, מעבירות מודל גבס אל המעבדה ובמעבדה סורקים את המודל באמצעות הסורק, מעצבים את השחזור הרצוי ומעבירים לכרסומת לייצור.

מר צ'אקיר : לפני כשנה קופת חולים "מכבי" הכניסה מספר סורקים אינטראורליים לשירותי "מכבידנט" במסגרת פיילוט. אך הניסיון כשל עקב חוסר שיתוף פעולה מצד הרופאים. כיום, מתגבש ניסיון נוסף להכניס את הטכנולוגיה לרפואת השיניים הציבורית, כאשר כעת הפיילוט יתבצע על ידי קופת חולים "כללית" ו"מאוחדת". אני מקווה לשיתוף פעולה מצד הגורמים המעורבים על מנת לייעל ולקדם את רפואת השיניים הציבורית.

בהתאם לספרות, הטכנולוגיה מיועדת בבסיסה ליצירת כתרים מזרקוניה ושחזורי חרסינה, אך על פי מאמרו של מרטין גרוס, נוכחו לדעת שלטכנולוגיה ישנם שימושים בתחומים נוספים ברפואת השיניים שהופכים את הטיפול למותאם אישית למטופל. בהתאם לנאמר ולניסיון המקצועי האם תוכל לפרט מה הם השימושים והאם הם מצריכים הערכות והשקעה כספית נוספת?

דוקטור אגרנט : השימושים הנוספים לטכנולוגיה הם ביישור שיניים, כאשר מבצעים הדבקת שקופיות במקום הדבקת סמכים על השיניים. בנוסף לכך, ניתן להדפיס את המודלים במיקום הסמכים המדויק, הדבר מסייע לרופא בסימון מקום ההדבקה המדויק על השיניים. שימוש נוסף הינו סדי לילה, ציפוי שיניים, כתרים וגשרים זמניים ומכוונים כירורגיים להשתלות שיניים. לצורך שימוש בטכנולוגיה לטיפול אורתודנטיים וכירורגיים, נדרשת תוכנת עיצוב נוספת. אינני משתמש בתוכנות אלה ועל כן איני יכול להעריך את העלות הנוספת.

מר צ'אקיר : בכרסומות המתקדמות, המכילות חמישה צירים ויודעות לעבד את כל סוגי החומרים מהם מייצרים שחזורים שונים, ניתן לייצר החל מכתר בודד ועד לשחזור פה מלא, בנוסף ניתן לייצר גם כתרים זמניים ותותבות.

בהמשך לשאלה הקודמת האם טכנולוגיית CAD/CAM המשמשת אותך במרפאתך עונה על כל צורך ועומדת בציפיותיך? האם ישנם תחומים נוספים שהיית משלב בהם את הטכנולוגיה? אם כן, מה הם? האם הדבר מצריך פיתוח נוסף או שניתן להשתמש במערכת הקיימת כיום?

דוקטור אגרנט: המערכת עומדת בציפיותיי בתחומים של יצירת כתרים וגשרים העשויים זרקוניה, שחזורי חרסינה חרוטים וסדי לילה. בנושא שחזורים נשלפים כמו תותבות, עדיין אין אפשרות להשתמש בטכנולוגיה זו.

בהתאם לספרות וניתוח הנתונים, הטכנולוגיה פונה לשכבות האמידות יותר באוכלוסייה, בשל העלות הגבוהה של הטיפול. האם לדעתך שילוב של הטכנולוגיה בסקטור הציבורי יצמצם את הפער בין המעמדות? בהתאם לניסיוןך בתחום, האם קיים צורך לבצע התערבות ממשלתית על מנת לצמצם את הפער באיכות הטיפול ולהכניס את הטכנולוגיה גם לרפואת השיניים הציבורית?

דוקטור אגרנט: טכנולוגיה זו לא תצמצם או תוריד בעלויות הטיפול במערכות ציבוריות מכיוון שמערכות אלה יקרות מאוד ומצריכות הכשרה ועקומת לימוד ממושכת. ברור שכדאי שתהיה התערבות ממשלתית בנושא, אך לא נראה לי שתהיה בשנים הקרובות בשל ההשקעה הקודמת בתחום השיניים בה סבסדו טיפולי שיניים לילדים.

כיום, טכנולוגיית CAD/CAM נפוצה בקרב רופאי השיניים בסקטור הפרטי בשל ההיבט הכלכלי. מניסיוןך, בתור מנהל מרפאת שיניים ציבורית, היית ממליץ לשלב את הטכנולוגיה בסקטור הציבורי על מנת לצמצם את ההוצאות של המרפאה?

דוקטור אגרנט: טכנולוגיה זו אינה נפוצה במרפאות שיניים פרטיות בשל העלות הגבוהה שלה

ובשל רגישותה הגבוהה של המערכת. על אחת כמה וכמה, למרפאות הציבוריות אין אפשרות לרכוש ולתחזק את המערכת. בנוסף לכך, בשל התחלופה הרבה של הרופאים במרפאות ציבוריות מצד אחד ועלות המערכות ועקומת הלימוד הארוכה מצד שני, לא נראה לי שכדאי להכניס את המערכות הללו למרפאות שיניים ציבוריות.

האם לדעתך, ציבור המטופלים יעדיף לקבל טיפול איכותי, אקולוגי, אסתטי, מדויק, עמיד יותר לאורך זמן ומותאם אישית כאשר עלותו גבוהה יותר?

דוקטור אגרנט: בהחלט כן. מודעות הציבור הולכת וגדלה בנושא טכנולוגיות בבריאות ובין היתר ברפואת השיניים. לא מעט מטופלים יעדיפו לשלם יותר לטובת איכות.

מר צ'אקיר : באמצעות הדרכה נכונה של הצוותים במרפאות השיניים הציבוריות והדגמה על המטופלים עצמם תוך כדי הטיפול, כאשר לאחר מכן מתקבל שחזור מדויק יותר, ניתן יהיה להטמיע את הטכנולוגיה ברפואת השיניים הציבורית כך שרוב המטופלים יוכלו לקבל טיפול איכותי יותר.

האם בשל הכנסת טכנולוגיית ה- CAD/CAM התדמית של מרפאתך ושיעור הרצון של הצוות והמטופלים השתפרה? האם הדבר הגדיל את מספר המטופלים במרפאתך?

דוקטור אגרנט : התדמית של מרפאתי מאז ומתמיד הייתה גבוהה, מאז כניסת הטכנולוגיה השתפרה עוד יותר. שביעות הרצון שלי ושל הצוות עלתה מאוד ואנחנו מרגישים שאנחנו צועדים יד ביד עם קצב התפתחות הטכנולוגיה. איני מפרסם את מרפאתי בשום אמצעי פרסום ולמרות זאת מגיעים מטופלים רבים בעקבות המלצות של מכרים שטופלו אצלי.

מר צ'אקיר : לשילוב מערכת ה- CAD/CAM במרפאה יש גם יתרונות ברורים לרופא ולאנשי הצוות. המערכות הללו מתאימות ביותר לרופאים שרוצים להתחדש, שמתעניינים בתחום ההייטק, שנהנים כשהם נתקלים באתגר קליני חדש וכן מהאחריות והתחושה של הישג מעצם העיצוב והשליטה על המוצר ועל זרימת העבודה במרפאה, מבלי להיות תלויים במעבדה חיצונית. משתמשים רבים נהנים מהאתגר של תהליך היצירה ושינוי משגרת היומיום שלהם. בנוסף, הרופא חשוף לחברים בקבוצות עמיתים חדשניות אשר שואפים לשכלל את טכניקות העבודה שלהם עם מערכת ה- CAD/CAM באמצעות ניצול הפונקציה של המצלמה האינטראאורלית, הרופא,

המזהה מטופלים פוטנציאליים לסוג שחזורים זה, יכול להסביר להם על התהליך תוך הדגמה על היתרונות בשחזורי CAD\CAM.

לפי ידעתנו, בשל טכנולוגיית CAD/CAM, רופא שיניים כמעט ולא נזקק לשירותי מעבדת השיניים, בשל כך, מניסיוןך, מהן ההשלכות הכלכליות מנקודת מבט של מעבדות השיניים? מה עתיד הקשר בין מרפאת השיניים ומעבדה? האם הדבר יוביל לשינויים במצבת כוח אדם ברפואת השיניים? מה הם ההשלכות הכלכליות של תופעה זו?

דוקטור אגרנט : יש להבדיל בין הסורק שהוא בעצם הטכנולוגיה שנמצאת אצל הרופא, לבין הכרסומת שהיא בעצם הטכנולוגיה שנמצאת במעבדה.

יש מעט מאוד רופאים שמכניסים כרסומות למרפאה ואני ביניהם.

רוב רופאי השיניים רוכשים את המצלמה בלבד ומשגרים את הקבצים למעבדת שיניים, כניסתה של הטכנולוגיה לא באה לומר שרופא השיניים אינו נזקק למעבדת שיניים. נכון להיום, מעבדות שיניים רבות עושות "מתיחת פנים" ומכניסות כרסומות על מנת שיוכלו לעבוד מול רופאים שהכניסו למרפאתם את הסורק.

מר צ'אקיר : גם לאחר הכנסת הטכנולוגיה וצמצום הפעולות הנדרשות לביצוע על ידי טכנאי שיניים בעבודת יד, לא ניתן להימנע לחלוטין מהתערבות אנושית בתהליך הייצור של השחזור כיוון שכל תהליך עיצובו של השחזור מתבצע על ידי טכנאי שיניים שעברו הסמכה בתוכנת העיצוב. אציין, שפעולה זו יכולה להתבצע גם על ידי רופא השיניים עצמו וגם על ידי סייעת רופא השיניים וזאת לאחר הדרכה קצרה בתחום. חשוב לציין שהפעלת מערכת ה-CAD\CAM במרפאה, אין פירושה ויתור על כל שירותי המעבדה. גם בתפוקה מלאה של מערכת ה-CAD\CAM במרפאה, עדיין כשלושים אחוזים מהעבודות תידרשנה לעבודות במעבדה. אולם, אם יורשה לי לחזות את תנאי העתיד, אני רואה יותר ויותר מרפאות המכניסות מערכות אלו ויותר טכנאי שיניים שעובדים במרפאה והופכים להיות חלק בלתי נפרד מצוות המרפאה כמו רופאי שיניים, סייעות ושינניות.

המודל הכלכלי

בעבודה זו נציג מודל כלכלי השוואתי בין ההשקעה הנדרשת בטיפול בשיטה הקונבנציונלית בסקטור הציבורי לבין שימוש בטכנולוגיית ה-CAD/CAM בסקטור הפרטי, לצורך בחינת כדאיות הכנסת הטכנולוגיה לסקטור הציבורי.

להלן נתוני ההשוואה³:

נתוני מרפאה פרטית עם הטכנולוגיה⁴: נתוני מרפאה פרטית ללא הטכנולוגיה:

משאב	עלות כוללת	עלות ליח/שעה	כמות נדרשת לטיפול	סך הכל	משאב	עלות כוללת	עלות ליח/שעה	כמות נדרשת לטיפול	סך הכל
סייעת	6,000.00	50.00	5	250.00	סייעת	6,000.00	50.00	5	250.00
מזכירה	4,200.00	35.00	5	175.00	מזכירה	4,200.00	35.00	5	175.00
רופא שיניים	180,000.00	1,500.00	1	1,500.00	רופא שיניים	180,000.00	1,500.00	1	1,500.00
טכנאי שיניים	36,000.00	300.00	1	300.00	טכנאי שיניים	36,000.00	300.00	1	300.00
מקדחים	400.00	3.33	1	3.33	מקדחים	400.00	3.33	1	3.33
חשמל	1,500.00	75.00	1	75.00	חשמל	1,500.00	75.00	1	75.00
מים	500.00	4.20	1	4.20	מים	500.00	4.20	1	4.20
ארנונה	6,000.00	50.00	1	50.00	ארנונה	6,000.00	50.00	1	50.00
חניה	900.00	7.50	1	7.50	חניה	900.00	7.50	1	7.50
ועד	4,500.00	37.50	1	37.50	ועד	4,500.00	37.50	1	37.50
זמן כיסא	225,960.00	1,883.00	1	1,883.00	זמן כיסא	225,960.00	1,883.00	1	1,883.00
קוביית חומר	1,000.00	66.60	1	66.60	קוביית חומר	1,000.00	66.60	1	66.60
תשלום מכשיר	6,600.00	55.00	1	55.00	תשלום מכשיר	6,600.00	55.00	1	55.00
סך הכל הוצאות	473,560.00	4,067.13	1	4,067.13	סך הכל הוצאות	473,560.00	4,067.13	1	4,067.13
עלות למטופל	5,000.00	רווח/הפסד		932.87	עלות למטופל	5,000.00	רווח/הפסד		503.55

נתוני מרפאה ציבורית עם הטכנולוגיה: נתוני מרפאה ציבורית ללא הטכנולוגיה:

משאב	עלות כוללת	עלות ליח/שעה	כמות נדרשת לטיפול	סך הכל	משאב	עלות כוללת	עלות ליח/שעה	כמות נדרשת לטיפול	סך הכל
סייעת	4,800.00	40.00	5	200.00	סייעת	4,800.00	40.00	5	200.00
מזכירה	4,200.00	35.00	5	175.00	מזכירה	4,200.00	35.00	5	175.00
רופא שיניים	35,640.00	297.00	5	1,485.00	רופא שיניים	35,640.00	297.00	5	1,485.00
טכנאי שיניים	36,000.00	300.00	1	300.00	טכנאי שיניים	36,000.00	300.00	1	300.00
מקדחים	400.00	3.33	1	3.33	מקדחים	400.00	3.33	1	3.33
חשמל	1,500.00	75.00	1	75.00	חשמל	1,500.00	75.00	1	75.00
מים	500.00	4.20	1	4.20	מים	500.00	4.20	1	4.20
ארנונה	6,000.00	50.00	1	50.00	ארנונה	6,000.00	50.00	1	50.00
חניה	900.00	7.50	1	7.50	חניה	900.00	7.50	1	7.50
ועד	4,500.00	37.50	1	37.50	ועד	4,500.00	37.50	1	37.50
זמן כיסא	225,960.00	1,883.00	1	1,883.00	זמן כיסא	225,960.00	1,883.00	1	1,883.00
קוביית חומר	1,000.00	66.60	1	66.60	קוביית חומר	1,000.00	66.60	1	66.60
תשלום מכשיר	6,600.00	55.00	1	55.00	תשלום מכשיר	6,600.00	55.00	1	55.00
סך הכל הוצאות	328,000.00	2,854.13	1	2,854.13	סך הכל הוצאות	328,000.00	2,854.13	1	2,854.13
עלות למטופל	2,500.00	רווח/הפסד		-354.13	עלות למטופל	2,500.00	רווח/הפסד		-1,931.45

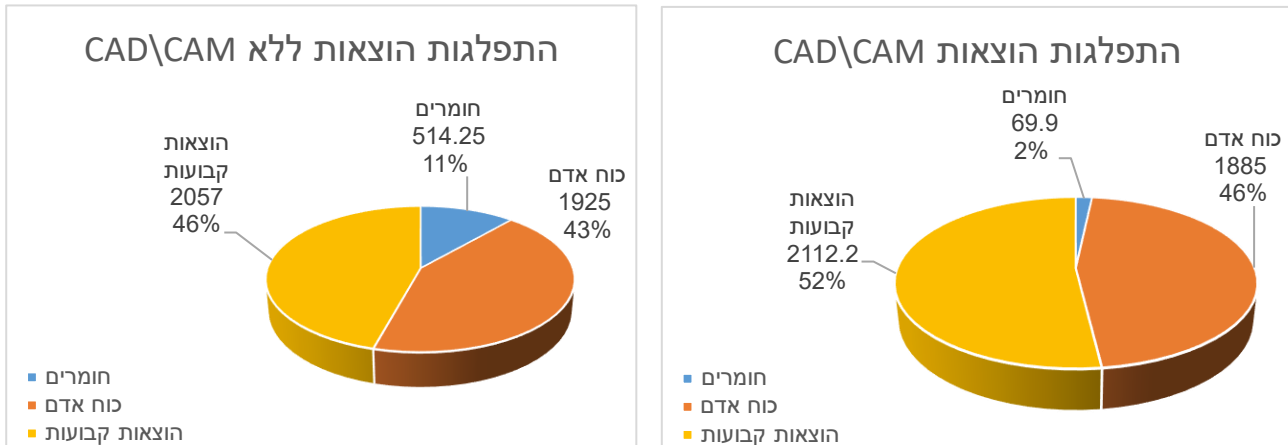
לאחר חישוב ההוצאות אל מול ההכנסות מצאנו כי בסקטור הציבורי ההפסד עבור טיפול בשיטה קונבנציונלית הינו כאלף תשע מאות שלושים ואחד שקלים ואילו בשיטה המשלבת את הטכנולוגיה הינו כשלוש מאות חמישים וארבעה שקלים. לעומת זאת, בסקטור הפרטי ישנו רווח העומד על כחמש מאות ושלושה שקלים כאשר הטיפול מתבצע בשיטה הקונבנציונלית ואילו

³ כל הנתונים המוצגים לעיל חושבו מתוך נקודת הנחה שמספר המטופלים בכל מרפאה הינו אחיד ומוערך בכמאה ועשרים מטופלים בחודש.

⁴ ההוצאות הקבועות המפורטות בחלק זה כוללות את ההחזר החודשי עבור רכישת המכשיר.

⁵ בנתונים המוצגים לעיל, יצאנו מנקודת ההנחה, אשר יתכן ומוטית, ששכר רופא השיניים בסקטור הציבורי כעלות שכר רופא רגיל בסקטור הציבורי ועלות שעת שימוש בחדר הטיפולים זהה לשעת שימוש בחדר ניתוח.

רווח של כתשעה מאות שלושים ושני שקלים כאשר משתמשים בטכנולוגיה. בהבנה שהמערכת הפרטית מרוויחה יותר ואילו המערכת הציבורית מפסידה פחות בעת השימוש בטכנולוגיה, ניתן לצאת מנקודת ההנחה כי השפעת הטכנולוגיה על שני הסקטורים הינה זהה ומכאן ואילך נסקור רק את הסקטור הפרטי במסגרת מודל זה.



בגרפים המוצגים לעיל מפורטת התפלגות ההוצאות של מרפאה פרטית שרכשה את טכנולוגיה ה-CAD\CAM, אל מול מרפאה פרטית שעובדת ללא הטכנולוגיה, ימני ושמאלי בהתאמה, עבור ביצוע כתר למטופל בודד.

בהתאם לגרפים אלה, ניתן לראות כי בשיטה הקונבנציונאלית, ההוצאות עבור חומרים הינן גבוהות באופן יחסי ועומדות על כאחד עשר אחוזים מכלל ההוצאות ואילו בשיטה המתקדמת יותר, המשלבת בתוכה את טכנולוגיה ה-CAD\CAM, ההוצאות עבור חומרי גלם הצטמצמו ועומדות כעת על שני אחוזים בלבד מכלל ההוצאות. בנוסף לכך, ניתן להסיק מהגרפים כי ההוצאות עבור כוח אדם אמנם פחתו בסכומם, אך כעת מהווים חלק גדול יותר מכלל ההוצאות. לסיכום המודל הכלכלי, נציין כי ההשקעה בטכנולוגיה הינה כדאית. בניגוד להשקעות אחרות, בהן הכדאיות נראית לעין רק לאחר זמן ממושך ועבודה מרובה, הכדאיות של השקעה זו מורגשת באופן מיידי ולאחר החזר מלא של התשלומים עבורה, היא רק מגדילה את כדאיותה.

בהתאם לסקירת הספרות והראיונות עם המומחים בתחום, הטכנולוגיה החלה את דרכה לפני כשלושים שנים ופועלת מאז בארץ ובעולם, כאשר בעולם תפסה תאוצה בקרב רופאי השיניים והמעבדות ואילו בארץ שימשה בעיקר את מעבדות השיניים המרכזיות והגדולות יותר. הסיבות לכך נעוצות במספר מוקדים עיקריים שביניהם נכללים התנגדות מצד רופאי השיניים לשינוי בשיטת העבודה שמצליחה ומשמשת אותם כיאחז, עלויותיה הגבוהות של המערכות וההוצאות הנלוות לה ופחד מכדאיות העסקה. בנוסף, לדברי צ'אקיר, צוואר בקבוק משמעותי בהטמעת המערכת בקרב ציבור רופאי השיניים הינו שימוש בתוכנת העיצוב אשר דורש מרופא השיניים או מי מטעמו, לעבור קורס שבמהלכו ירכשו מיומנויות לעיצוב לקראת חריטת השחזור הדרוש, דבר שדורש זמן נוסף מרופא השיניים בתוך תהליך הטיפול. נציין, כי רכישת המכשיר כוללת את לימוד התוכנה, אך אם ייווצר צורך להכשיר אדם נוסף לצורך עבודה זו, יידרש בתשלום נוסף עבור קורס בנושא. לדבריו של מר צ'אקיר, מה שקידם את הטכנולוגיה בארץ הם למעשה רופאי השיניים אשר למדו לימודי רפואת שיניים במדינות שונות בעולם, בהן השימוש במערכת צלח והתפתח במשך השנים ושימש כחלק ממסגרת הלימודים. כאשר מתוך הרגל ורצון לקדם את רפואת השיניים בארץ ואת תדמיתם המקצועית, רכשו את המכשיר על אף מחירו הגבוה. הדבר יצר פער בין המגזרים וכך למעשה החל להתפתח הצורך בטכנולוגיה בארץ. נציין כי בשל אחוזים גבוהים של סטודנטים מהמגזר הערבי אשר למדו במדינות שונות בעולם את לימודי רפואת השיניים, הם מהווים כחמישים אחוזים מבעלי הטכנולוגיה במרפאותיהם הפרטיות בארץ.

לטכנולוגיה זו, קיימים יתרונות רבים אשר הוסכמו פה אחד על ידי המרואיינים וכן הוזכרו בשלושת המאמרים. בין היתרונות הבולטים הוזכרו יכולות הדיוק המרשימות של מערכתיה השונות של הטכנולוגיה, היכולת להתמודד עם אוכלוסיות מיוחדות, שימור רקמות גבוה יותר לעומת השיטה הקונבנציונאלית ויכולת להבנה חזותית גבוהה יותר של הבעיה ושל דרך הטיפול. מעבר לכך, מר צ'אקיר מדגיש את הכדאיות הכלכלית של הטכנולוגיה ומסביר כי הטכנולוגיה, גם אם לא באופן ישיר, חוסכת עלויות רבות למרפאות אשר משתמשות בה, כמו למשל על ידי שימוש חוזר במודל שנבנה ללא צורך בלקיחת מטבעים חוזרים וללא כל טרטור מצד המטופל, ייצור איכותי חזק ומהיר יותר של השחזור הדרוש, תוך צמצום מספר הפגישות בין הרופא למטופל מחמש פגישות, לפגישה אחת בלבד. היתרון המורגש ביותר מצדם של רופאי השיניים הינו הפסקת התשלום למעבדות השיניים עבור בניית השחזור והפסקת השימוש בחומרים שונים לצורך מטבעי

ם שרק מקטינים את רווחיו של הרופא ואילו, מצד המטופל, ניתן להבחין בהשפעת צמצום מספר הביקורים במרפאת השיניים, מחמש פגישות לפגישה אחד, על המטופל, כאשר הטכנולוגיה חוסכת למטופל הגעה למרפאת השיניים המצריכה ממנו לעיתים הכנה נפשית טרום כל טיפול ובנוסף, מונעת את היעדרותו של המטופל ממקום עבודתו בימי הטיפולים.

לאחר כל הנאמר בנוגע להיבטי הכלכליים של טכנולוגיית ה-CAM/CAD, תוך הצגת המורכבות בין הסקטור הפרטי לסקטור הציבורי, לא ניתן להתעלם מהפער הקיים בין המעמדות השונים באוכלוסיה וסדרי העדפויותיהם. חלקה האמיד של האוכלוסיה יעדיף לשלם עבור טיפול שיניים פרטי בציפיה לקבל את השירות והתוצאה האיכותית ביותר בתמורה לכסף, בעוד שחלקה האחר של האוכלוסיה, בה נכללים מטופלים במצב כלכלי ירוד אשר אינם מסוגלים להרשות לעצמם לשלם עבור שירותי שיניים פרטיים ונאלצים, במקרה הטוב, להסתפק ברפואה הציבורית ובמקרה הפחות טוב, נמנעים מלקבל טיפול. בהתאם לנאמר בסקירת הספרות ולדעתם המקצועית והאישית של המומחים אותם ראיינו, חזות הפה והאסתטיקה חשובה לחלקה השני של האוכלוסיה לא פחות מלחלקה האמיד יותר של האוכלוסיה, אך לא כשמנגד נפגעים צרכי הבסיסיים יותר של שאר בני המשפחה.

הכנסת הטכנולוגיה לרפואת השיניים הציבורית תסייע בצמצום הפסדי הקופות בעבור טיפולי השיניים השונים מחד ולהנגשת איכותיה של הטכנולוגיה למטופלים שידם אינה משגת, מאידך.

נכון לימים אלה, הטכנולוגיה נמצאת בשלבי פיילוט בקופות החולים השונות, אשר עליו נדון בהמשך.

בשל ההבנה כי השימוש בטכנולוגיה זו הינו כדאי מבחינה כלכלית, מר צ'אקיר פנה לקופות החולים השונות בניסיון להסביר להם על הטכנולוגיה ולפרט את יתרונותיה הרבים בעיקר בהיבט הכלכלי. לאחר דברים, הגיע צ'אקיר להסדר מול קופת החולים "מכבי שירותי בריאות", בו הוכנסה הטכנולוגיה במסגרת פיילוט לבחינה והערכת מצב. כשלושה חודשים לאחר תחילת הפיילוט הבינו ב"מכבי" כי הטכנולוגיה לא נטמעה כראוי וסופו של הפיילוט כישלון. הכישלון נבע מחוסר שיתוף פעולה מצד הצוות המטפל במרפאות השיניים שהשתתפו בפיילוט, כך שמתוך תקופת הפיילוט נסרקו רק שני מטופלים על ידי הסורק האינטראוראלי, על מנת לסבר את האוזן, נדגיש כי במרפאות פרטיות, בהן תחלופת המטופלים נמוכה יותר, נסרקים כעשרה מטופלים במוצע ביום. בתקופה הקרובה, הפיילוט יתבצע שנית אך הפעם בקופת חולים "כללית" ו"מאוחדת", לפי דבריו של צ'אקיר הוא יערך באופן שונה, יספק שירותי הסברה ואף

יציב איש מקצוע שיבצע את הסריקה במקום רופאים שיסרבו. הדבר יוביל להגדלת סיכויי הצלחתו של הפרויקט. יתרה מכך, לדבריו של דוקטור אגרנט, ברפואת השיניים הפרטית, המכשיר נקנה באופן עצמאי על ידי הרופא מרווחיו האישיים, אשר במרבית המקרים הוא בעל המרפאה, ובעת העבודה עם המכשיר ניכרת הקפדה על נהלי עבודה מחמירים תוך שימוש ברגישות ועדינות לצורך שמירה על תקינות המכשיר. מנגד, ברפואה הציבורית, המכשירים נרכשים על ידי קופות החולים כחלק מהתקציב הציבורי ועל כן רופאים משתמשים במכשירים העומדים לרשותם בתשומת לב פחותה ובקלות ראש. בנוסף, תחלופת רופאי השיניים בסקטור הציבורי הינה גבוהה ואין כדאיות להשקיע בהדרכה של הרופאים המתחלפים. אי לכך ובהתאם לזאת, המכשירים חשובים יותר לתקלות.

במאמרו של מיזיאקי וחבי' (2008), מוזכר כי ביכולתה של הטכנולוגיה לייצר שיניים תותבות בשלמותן. לעומת זאת, דוקטור אגרנט סובר אחרת ושולל לחלוטין את האפשרות לייצר תותבות שלמות באמצעותה של זו. מכך עולות השאלות בנוגע לדעות הנזכרות לעיל, האם קיים שוני בין החברות השונות שמייצרות את המכשיר? האם שיטות הטיפול המקובלות משתנות בין מדינות שונות בעולם עקב קיומו של פער טכנולוגי? והאם ישנה חברה בישראל שמכשירה מאפשרים לייצר שיניים תותבות מלאות?

כפי שהוצג, קיימת מחלוקת בנוגע לשאלה, כאשר מר צ'אקיר מציג דעה שונה מזו של דוקטור אגרנט. טענתו היא כי ניתן לייצר תותבת שלמה באמצעות הטכנולוגיה ואף ניתן לייצר כל שחזור שידרש לצרכי טיפול באמצעות המערכת הדיגיטלית. בהמשך דבריו מציין מר צ'אקיר, כי על מנת שתתקיים אפשרות זו, נדרש מן הרופא לרכוש את הכרסומת בעלת חמשת הצירים, המסוגלת לעבד את כל סוגי החומרים מהם ניתן לייצר שחזורים.

טכנולוגיית ה-CAD\CAM משמשת כמחצית ממעבדות השיניים בארץ ומבצעת את השחזור באופן דיגיטלי על ידי סריקת מודל הגבס הנשלח על ידי הרופא גם כאשר הרופא עובד באמצעות השיטה הקונבנציונאלית. לדבריו של מר צ'אקיר תהליך זה מתבצע ללא ידיעתו של הרופא אשר שולח את העבודה ובכך חוסך למעבדת השיניים הוצאות רבות עבור גבס, חומרים המשמשים לייצור השחזור ושעות עבודה של טכנאי השיניים. עוד מוסיף צ'אקיר כי עצם רכישת הטכנולוגיה על ידי מעבדות השיניים מאפשרת צמצום הפערים החברתיים כיוון שגם מטופלי רפואת השיניים הציבורית זוכים ללא ידיעתם בשחזור מדויק שנוצר באמצעות הטכנולוגיה.

לדבריו של דוקטור אגרנט, מעבדות השיניים מהווים חלק הולך וקטן בתהליך הייצור של השחזור כיוון שקיימים מספר סוגי שחזורים שטרם ניתן לבצע ללא התערבותו של טכנאי השיניים המיומן. מנגד לכך, מר צ'אקיר הסכים עם דבריו של דוקטור אגרנט והוסיף כי היום, כשלושים אחוזים מהטיפולים שמבצעים רופאי שיניים דורשים את התערבותה של מעבדת השיניים. אך מנגד, מנבא כי בעוד מספר שנים לא רב, טכנאי השיניים יצטרף כאחד מאנשי הצוות של מרפאת השיניים ועתיד מעבדות השיניים הופך למעורפל. בזכות נוכחותו של טכנאי השיניים בתוך המרפאה וצמוד לכיסא המטופל, הטיפולים יהפכו לקצרים יותר, יעילים יותר וחווית השירות תשתפר. בנוסף, ימנעו אי הבנות רבות המתקיימות כיום בשל חוסר בקשר ישיר בין רופא השיניים לטכנאי השיניים. הדבר יגרום לצמצום טעויות לאפס וקיצור משך הייצור.

במהלך הראיונות נחשפנו לפרט שעל פניו, אינו משמעותי, אך כאשר נכנסים לעובי הקורה נחשפים למגמה כלכלית שניתן להסיק ממנה הרבה אודות טכנולוגיית ה-CAM/CAD, בדומה לטכנולוגיות מקבילות בתעשייה. דוקטור אגרנט מציין כי רכש את המערכת כולה בסכום המוערך בכחמש מאות ושבעים אלפי שקלים לפני כשנתיים ואילו במחירון של צ'אקיר, אשר מעודכן נכון לימים אלה, נוכחנו לדעת כי חלה ירידה משמעותית בעלות הכוללת של המערכת והיא מוערכת כעת בכשלוש מאות ושמונים אלפי שקלים, כלומר, הוזלה של כמאה ושמונים אלפי שקלים. ירידה זו תוביל לדבריו של דוקטור אגרנט להגדלת רווחיו של רופא השיניים בסקטור הפרטי, אשר ירכשו את המערכת במחירים הנוכחיים. בנוסף ציין דוקטור אגרנט כי התמחור של הטיפולים מתבצע בהתאם להערכת ביצועיו המקצועיים של הרופא ולא על פי השקעתו בטכנולוגיות חדשות וחומרים ולכן העלות של השחזור למטופל תישאר זהה בשתי השיטות. מר צ'אקיר מסכים עם הנאמר על ידי דוקטור אגרנט בנוגע לרפואה הפרטית, אך בכל הקשור לרפואה הציבורית טוען כי הדבר יביא לכך שעלות הכתרים שיוצרו בשיטה הקונבנציונאלית במרפאה תישאר זהה, בעוד שעלות כתרים המיוצרים באמצעות הטכנולוגיה תרד. כיום, מחירם של כתרים המיוצרים באמצעות הטכנולוגיה, הינו כפול לפחות ממחירם של כתרים שיוצרו בשיטה הקונבנציונאלית. הכנסת המערכת תאפשר הוזלת מחירם של כתרים אלו, תוך הגעה בהדרגה למצב שבו עלות הכתרים המיוצרים באמצעות טכנולוגיית ה-CAM/CAD תתקרב לעלות של כתרים שיוצרו בשיטה הקונבנציונאלית.

סוגיה נוספת שעוררה ויכוח הינה השאלה האם צריך וכדאי לממשלה לסייע בשילובה של הטכנולוגיה במרפאות השיניים בסקטור הציבורי. לדבריו של אלי אגרנט הממשלה השקיעה בשנים האחרונות די והותר ברפואת השיניים הציבורית כאשר סבסדה באופן מלא טיפולי שיניים

לילדים עד גיל 18 ובשל כך, אין לה תקציב להשקעה בתחומים נוספים ברפואת השיניים. מנגד לכך, טוען צ'אקיר כי הכנסת הטכנולוגיה הינה יוזמה מבורכת, אך גם ללא כל סבסוד מצד הממשלה, כדאי ורצוי להכניס את הטכנולוגיה כיוון שחוסכת עלויות של חומרים שונים המשמשים לצורך לקיחת מטבעים וכן, מצמצם את מספר הביקורים הנדרשים לצורך השלמת הטיפול ובכך מפנה תורים לאנשים הזקוקים לכך ומקטין את ההוצאות עבור אותו המטופל.

במהלך הראיונות הוצגו בפנינו, בין היתר חישובים שונים המדגישים את חשיבות הכנסת הטכנולוגיה אל שירותי רפואת השיניים בסקטור הפרטי והן בסקטור הציבורי. כאשר בעת הצגת הנתונים על ידי המרואיינים נתקלנו בשני אופנים להצגת הנתונים. מר צ'אקיר הציג את הדברים מנקודת מבטו והתייחס בעיקר לעלות המכשיר הכוללת אל מול ההוצאות הישירות הכרוכות בהפעלתו ואילו דוקטור אגרנט הציג את הנתונים כבעל מרפאה פרטית ופירט לפרטי פרטים, עד עשירית האגורה את הוצאותיו החודשיות בעקבות הכנסת הטכנולוגיה, תוך שימת דגש על הכנסתו של טכנאי שיניים למערך העובדים אשר שכרו מורכב מהכפלת מספר העבודות שביצע בשלוש מאות שקלים לכל עבודה. נתון זה מציג בפנינו נקודת מבט חדשה, בה המכשיר אומנם רווחי וכדאי, אך החישוב מעט מורכב יותר ממה שהוצג בפנינו במהלך השיחה עם מר צ'אקיר. כמוכן שאין בכוונתנו לחלוק על דבריו של מר צ'אקיר אך קיימת סתירה באופן הצגת הנתונים שנובעת כנראה מהשוני בין מקצועם של המרואיינים.

עוד נאמר, כי אין בכוונתנו לשלול בנאמר בפיסקה זו כל אמירה בנוגע לתועלות המקצועות של המכשיר, שבנוגע לכך אין עוררין.

סיכום ומסקנות

בעבודה זו סקרנו את מערכת ה-CAD\CAM תוך שימת דגש על היבטיה ההיסטוריים המקצועיים והכלכליים מנקודת מבטו של רופא השיניים, הצוות, מעבדות השיניים והמטופל.

הטכנולוגיה עברה לאורך השנים שינויים משמעותיים שתרמו רבות לקבלת התוצר הסופי כפי שמוכר לנו כיום, זאת תודות לתהליך מחקר ופיתוח אינטנסיבי בקנה מידה כלל עולמי, אשר מינף את הטכנולוגיה לגבהים חדשים, כאשר התפתחותה של הטכנולוגיה נמשכת בהתאם לצרכי השוק. עוד ניתן לומר, כי מרפאה שבעלותה טכנולוגית CAD\CAM נתפשת כמרפאה עדכנית ומודרנית, אשר מתקדמת בקצב זהה להתפתחותה של הטכנולוגיה העולמית.

מבחינת ההיבט המקצועי, ניתן לומר כי הטכנולוגיה מאפשרת להגיע לרמות דיוק מושלמות ללא טעויות אנוש. התוצר המתקבל הינו איכותי, חזק, אקולוגי ואסתטי יותר. התוצר הסופי שמתקבל באמצעות הטכנולוגיה הינו בעל מראה טבעי ומתאים במדויק למבנה, לצורה ולצבע, כולל התאמת אפקטים הקיימים על שיני המטופל הטבעיות. באמצעות הטכנולוגיה ניתן לבצע כתשעים אחוזים מכלל הטיפולים הנעשים במרפאת השיניים בזמן קצר וסמוך לכיסא המטופל.

הטכנולוגיה מצמצמת את הוצאות האבחון והטיפול ועל פי מומחים בתעשיית הטכנולוגיות ברפואת השיניים, ניתן להגדיל את רווחיות מרפאת השיניים באופן ניכר, ללא תלות בדרכי מימון המרפאה ובאוכלוסיית היעד שלה. ההשקעה בטכנולוגיה והכנסתה לרפואה הציבורית, תביא לצמצום כוח אדם ותשמש כדרך התמודדות יעילה עם מצוקת העבדים ברפואת השיניים בסקטור הציבורי. רופאים רבים נרתעים מרכישת המכשיר דווקא בשל מחירו הגבוה, זאת בעוד שההשקעה בטכנולוגיה עשויה להיראות גבוהה, התמורה שלה לכלל הגורמים המסתייעים בה, גבוהה ביחס לשיטה הקונבנציונאלית. על כן, ניתן לומר כי הטכנולוגיה מצדיקה את קיומה.

לדעתנו האישית, טכנולוגית ה-CAD\CAM יצרה מהפיכה בעולם רפואת השיניים וקידמה את הרמה המקצועית של רופאי השיניים מספר צעדים קדימה, תוך היצמדות לשאר תחומי התעשייה בהם משולבות טכנולוגיות דיגיטליות. בנוסף לכך, שביעות רצונם של המטופלים עלתה באופן ניכר והצליחה לגרום להגדלת אחוז המטופלים במרפאה בשאיפה להגיע לחיוך מושלם.

ביבליוגרפיה

- MIYAZAKI, T., HOTTA, Y., KUNII, J., KURIYAMA, S., & TAMAKI, Y. (2008).
A review of dental cad\cam: current status and future prespectives from 20 years of
experience. *dental materials journal*, 28(1), 44-56.
- Gross, M., (2018). Evolving prosthodontic paradigms and concepts, adapting to the
new challenges and the impact of digital dentistry. *Journal of the Israeli
association for oral rehabilitation*, 27, 11-20.
- Poticny, D., & Klim, J. (2010). CAD/CAM in-office technology: innovations after 25
years for predictable, esthetic outcomes. *The journal of the american dental
association*, 141, 55-95.

נספחים

- צי'אקיר, צ' (2016). ההיבט העסקי והכלכלי בשימוש מערכת CAD\CAM במרפאה. נדלה בתאריך
6 ביולי 2018 מ- www.dentalchakir.co.il/article-of-cad-cam