

היישום של CBCT באנדודונטיה

סקירת היתרונות בשימוש בטכניקת ה-CBCT והמלצות למזעור סיכוני הקרינה



ד"ר אנדה כפיה, ד"ר עמיר ויסמן, פרופ' צבי מצגר

מבוא

טכניקת ה-CBCT הינה שיטת צילום המבוססת על קרן רנטגן רחבה, בעלת צורה קונית ומכאן שמה: Cone Beam. הקרן נעה 3,600-1,800 סביב ראשו של המתרפא, לוכדת את כל האזור המצולם בסריקה בודדת, המעובדת באופן ממוחשב ומספקת תמונות תלת-מימדיות של האזור המצולם². את הגוף התלת מימדי המתקבל ניתן להציג בהמשך בכל אחד משלושת המישורים: קורונאלי, סגיטאלי ואקסיאלי, כאשר בתחום האנדודונטי החתכים האקסיאליים הינם בעלי החשיבות המירבית (תמונה 1). את החתכים ניתן לנתח באופן סטטי, בעזרת חתכים מייצגים המופקים על ידי הטכנאי המבצע, אולם ניתן לנתח גם באופן דינמי תוך שימוש בתוכנות המסופקות חנים על ידי כל אחד מהיצרנים. ניתוח דינמי של החתכים מאפשר התמקדות באזורים בעלי

הטפול האנדודונטי תלוי במידה רבה ביכולת הזיהוי ויכולת הטיפול בשונות ובמורכבות האנטומית של מערכת תעלות השורש. חוסר זיהוי תעלות שורש ומיקומן וכתוצאה מכך אי-טיפול בכל תעלות השורש עלול לגרום לכשלון אנדודונטי. הבדיקה הרדיוגרפית הינה הבסיס להבנת המבנה של חלל המוך ותעלות השורש. עד לאחרונה, התבססה בדיקה זו על צילומים פריאפיקליים דו-מימדיים, המספקים אינפורמציה חלקית בלבד וזאת בשל חוסר מידע במימד העומק (ה-B-L/P), בשל עיוותים גאומטריים בצילום, ובשל השלכה של סטרוקטורות רדיואופקיות ורדיולוצנטיות שונות על האיזור הנבדק¹. מגבלות אלה מצאו לאחרונה את פתרונן בטכניקת ה-CBCT התלת מימדית.

טכניקת ה-CBCT (Cone Beam Computed Tomography) לישומים הדנטאליים מבוססת על סורקים מודרניים, המאפשרים הדגמה תלת מימדית של הלסתות, השיניים והפנים תוך הפחתה משמעותית בכמות הקרינה, ברזולוציה משופרת ובעלות קרינתית הפחותה בהרבה בהשוואה לטכניקת ה-CT הספירלית המסורתית. מטרת המאמר הינה להאיר את התחום של CBCT דנטאלי אשר צובר תאוצה ופופולריות ולדון:

- ביתרונות הקליניים של הטכניקה בתחום האנדודונטי.
- בסיכונים הקרינתיים הכרוכים בביצוע סריקות ה-CBCT.
- בהמלצות לגבי מזעור הסיכון הקרינתי למתרפא.

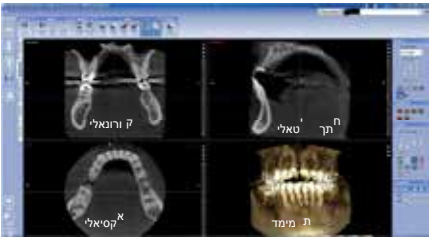
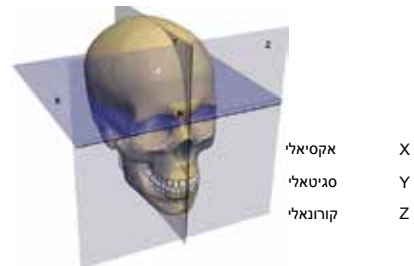
עניין מיוחד לאבחנה תוך שימוש במסננים ובאמצעי מדידה והבלטה הקיימים בתוכנה ואף יצירה של צילום פנורמי המופק מתוך נתוני הסריקה. חשוב לציין, שכדי להמנע מטעויות אבחנתיות, השימוש הדינמי בתוכנה ופיענוח הממצאים מחייב שילוב כל ממצאי הבדיקה הקלינית של המתרפא, לרבות מיקום השיניים בקשת (תמונה 2).

לאחרונה הפכו סריקות ה-CBCT לכלי חשוב ומשמעותי בתחומים דנטאליים שונים ובתוכם גם התחום האנדודונטי לצורך אבחנה, תכנון הטיפול, מעקב והערכת תוצאות הטיפול. בשוק קיים כיום מגוון גדול של מכשירי CBCT השונים מאוד בנייהם ביכולת השליטה על פרמטרים שונים בתחום החומרה, כגון: עוצמת הזרם (mA), המתח של שפופרת הרנטגן (Kv), גודל השדה המוקרן (FOV), סוג הקרינה (המשכית לעומת מקוטעת), רמת החשיפה לקרינה ורזולוציית הצילום. מכשירים שונים נבדלים אלה מאלה גם ביכולות שבתחום התוכנה, כגון גודל הווקסל הנבחר, האלגוריתם של השחזור ועוד. כל אחד מהפרמטרים הללו בתחום החומרה ו/או התוכנה ישפיע על איכות ותכונות התמונה המתקבלת ועל כמות הקרינה אליה נחשף המתרפא לצורך קבלת תמונה זו³⁻⁵. חוסר האחידות במאפייני המכשירים השונים הופך את ההשוואה ביניהם לכלתי אפשרית כמעט, הן בכמות הקרינה המעורבת בסריקה והן ביכולת הבחירה בסוג הסריקה המיטבית לבדיקה מסיימת ואפילו בהחלטה מתי ואם מוצדקת סריקת CBCT במקרה זה או אחר. בסקירה זו יוצגו היתרונות והחסרונות של ה-CBCT בהיבטים אנדודונטיים שונים.

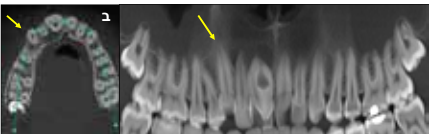
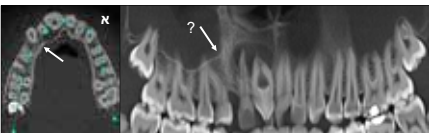
כמות הקרינה ב-CBCT ורזולוציית הצילום

כמות הקרינה האפקטיבית למתרפא בצילומי שיניים נמדדת במיקרוסיורט (μsv) והיא גבוהה יותר בצילומי CBCT מאשר בצילומים פריאפיקליים ופנורמיים^{3,5} (טבלה 1). כמות הקרינה האפקטיבית תלויה בסוג הסורק, באזור של הלסת המצולם ובקידמתו לרקמות רגישות לקרינה כמו בלוטות רוק והתיירויד. היא תלויה גם בגודל השדה (FOV) ובזמן החשיפה בשניות^{4,5}. להערכת הסיכון הקרינתי יש להוסיף גם את גיל המתרפא (טבלה 2). על תמונות ה-CBCT לספק, בנוסף להרמיה תלת מימדית של האזור הנבדק, גם תמונות בעלות רזולוציה מספקת שתאפשר אבחנה מיטבית. ככלל, לסריקות ה-CBCT רזולוציה פחותה בהשוואה לצילומים דנטאליים אחרים⁶. היחידה הבסיסית בתמונת מחשב דו-מימדית הינו הפיקסל, והמקבילה לה בתמונה התלת-מימדית היא הווקסל (Volumetric pixel). כאשר רזולוציית הצילום גבוהה יותר, גודל כל ווקסל קטן ולכן נחשף לפחות מידע, מה שמחייב את העלאת כמות הקרינה. צילום ברזולוציה גבוהה יותר יציג פרטים עדינים בצורה

תמונה 1. שלושת המישורים בהם מוצג הגוף התלת-מימדי המצולם בסריקת ה-CBCT: סגיטלי, קורונלי ואקסיאלי. ההגדרה הסכמטית של המישורים ואופן הצגתם בתוכנת CBCT



תמונה 2. צילום פנורמי שהופק מתוך סריקת ה-CBCT: (א) בתהליך הפקת הצילום הפנורמי קו הסימון לא כלל את הניב האקטופי (חץ) ולפיכך איננו מופיע בצילום. (ב) הניב סומן בהגדרת קו הסימון ולכן הוא מופיע בקשת השיניים (חץ)

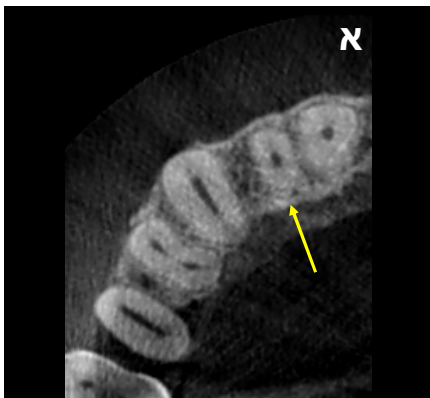


טבלה 1. כמות הקרינה האפקטיבית של הדמיות דנטאליות שונות

סוג הצילום	קרינה אפקטיבית- μsv
CBCT- (FOV קטן)	19-44
CBCT- (FOV בינוני)	28-265
CBCT- (FOV גדול)	68-368
צילום פנורמי	14-24
צילום פריאפיקלי	2-9
סטטוס פריאפיקלי	30-130

מקור: Pauwels et al 2012

תמונה 3. חתך אקסיאלי בלסת המדגים את מספר תעלות השורש ואת צורתן. (א) תעלה אחת עגולה בשורש החותכת הלטראלית העליונה (ב) שתי תעלות עגולות בשורש מזיאלי של טוחנת ראשונה תחתונה ותעלה אחת שטוחה בשורש דיסטאלי. לציין: תעלות רבות הן אליפטיות או שטוחות



הפחות. יחד עם זאת יש להמנע מהפחתה בגודל הווקסל מתחת לגודל הנדרש לאבחנה שבטיפול. כאשר המידע המצופה מסריקת ה-CBCT הינו לצורך מדידת גובה ועומק העצם, מיקום תעלה מנדיבולרית או מיקום ריצפת הסינוס לצורך ביצוע שתל, לדוגמה, יספיק גם צילום ברזולוציה

ברורה יותר ויספק תמונה חדה יותר. אלה הם הצילומים שנדרשים בדרך כלל בתחום האנדודונטי. מאחר והסימן הראשון לפתולוגיה סב שורשית הינו חוסר המשכיות הלמינה דורה והרחבת המרווח הפרוודנטלי, מומלץ שהרזולוציה בשימוש האנדודנטלי תהיה $200\mu\text{m}$ לכל

טבלה 2. סיכון קרינתי על פי גיל

מקדם הסיכון	גיל
3X	<10
2X	10-20
1.5X	20-30
0.5X	30-50
0.3X	50-80
זניח	80<

מקור: 2012 Pauwels et al

נמוכה המשתמש בוקסלים גדולים ויאפשר בכך להפחית את רמת חשיפת המתרפא לקרינה באופן משמעותי, לעיתים עד כדי 10% מרמת החשיפה ברולוציה מלאה.

הערכת המורפולוגיה של תעלות השורש

וריאציות אנטומיות קיימות בכל קבוצות השניים^{7,8} ובמונחים קליניים משמעות הדבר היא שהמבנה של כל שן הזקוקה לטיפול אנדודונטי צריכה להבחן באופן פרטני לגבי מיקום וגודל הלשכה, הסתיידויות, מספר, מיקום, גודל ודרגת כיפוף של תעלות השורש. חשיבות נודעת גם למבנה התלת מימדי של כל אחת מתעלות השורש: האם עגולה, אליפטית, שטוחה או C-shaped, (תמונות 3, 4), וכן למצב העצם המקיפה את השורש. דוגמא מאפיינת היא הטוחנת הראשונה התחתונה. מחקרים מראים על שכיחות שורש שלישי ב-13% מהמקרים. שלוש תעלות נמצאו ב-61.3%, 4 תעלות ב-35.7% ו-5 תעלות בכ-1%. השורש המזיאלי עצמו הדרגים 2 תעלות ב-94.4% ו-3 תעלות ב-2.3%, נוכחות של איסטמוסים נמצאה ב-54.8% בשורש המזיאלי, ו-20.2% בשורש הדיסטלי⁹. בדיקת ה-CBCT נמצאה כיעילה ומדויקת בזיהוי מורפולוגית תעלות השורש ונמצאה בקורלציה גבוהה עם חתכים היסטולוגיים (תמונה 5). ידיעה מוקדמת ומדויקת של מבנה התעלות ומיקומן צפויה לאפשר טיפול כולל במערכת תעלות השורש ללא הורדה מיותרת של חומר שן¹⁰. יעילות מיוחדת נמצאה לשימוש ב-CBCT בזיהוי ואבחון מורפולוגיות חריגות כמו Dens Invaginatus ואחרות^{11,12}.

הערכה של נגעים סב שורשיים

דלקת סב שורשית היא העדות העקרית לזיהום במערכת תעלות השורש, והאבחנה מתבססת בדרך כלל על צילומים פריאפיקליים. עם זאת, נגע במימד B-P/L עלול שלא להיות מודגם כלל בצילום פריאפיקלי (תמונה 6-7) וגם נגע רדילוצנטי התחלתי בשלבי הראשונים, כאשר הרס העצם מועט או ממוסך על ידי מבנים אנטומיים, לא ניתן יהיה לזיהוי ברדיוגרפיה הקונבנציונאלית^{13,14}. מחקרים מראים ש-CBCT מאפשר גילוי של

תמונה 4. חתכים אקסיאליים בשיניים טוחנות שניות תחתונות המדגימים תעלות שורש בצורת C-shape (באדיבות ד"ר מ. סולומנוב)

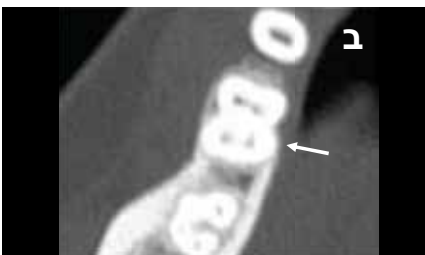
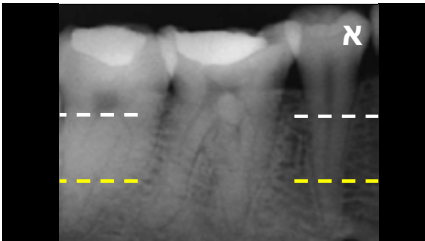


הצללות סב שורשיות לפני זיהוי ברדיוגרפיה הקונבנציונאלית¹⁵ וכשיטה זו ניתן לגלות 38% יותר נגעים רדילוצנטיים מאשר ברדיוגרפיה הקונבנציונאלית^{16,17}. יכולת זו של ה-CBCT מאפשרת אבחנה ברורה ומוקדמת ביוחד במקרים בהם הסימנים הקליניים והסמפטומים אינם חד-משמעיים והצילום הפריאפיקלי נראה לכאורה תקין. במקרים אלה ה-CBCT יכול להדגים נוכחות נגע שאינו ניתן לאבחון בצילום פריאפיקלי ולבסס את האבחנה ואת הפרוגנוזה של השן¹⁸ (תמונה 8). יכולת זו של ה-CBCT הוכחה על ידי ניסויים בהם הוכנו נגעים סב שורשיים מלאכותיים, בגדלים שונים בלסתות של חזירים¹⁹, ובלסתות של בני-אדם^{20,21}. תוצאות דומות התקבלו גם בעבודות בהן בוצעו סתימות שורש בכלבים ואשר בהן הושוותה יכולת האבחנה של הנגעים הסב שורשיים בעזרת ה-CBCT לאבחנה בחתכים הסטולוגיים¹⁵.

הערכת תוצאות הטיפול האנדודונטי

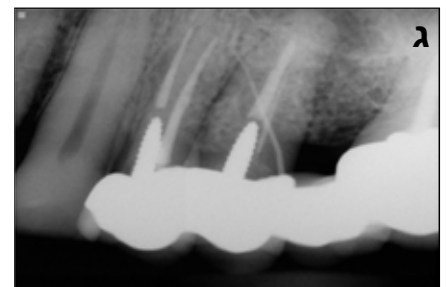
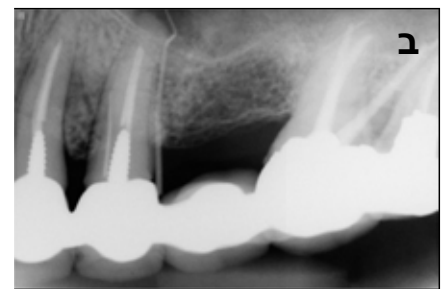
הערכה מדויקת יותר של גודל הנגעים הסב שורשיים בעזרת CBCT נמצאה בעבודות רבות. Paula-Silva וחבריו, השוו את תוצאות טיפול השורש בכלבים בעזרת צילומים פריאפיקליים ו-CBCT ומצאו כי 6 חודשים לאחר הטיפול אובחן ריפוי לכאורה ב-79% מהשיניים שנבדקו בצילומים

תמונה 5. טוחנת ראשונה תחתונה: (א) צילום פריאפיקלי של השן המחשיד למורפולוגיה מורכבת. (ב) חתך אקסיאלי ב-1/3 הכותרתי של השורש (קו מרוסק לבן) המדגים 4 תעלות. (ג) חתך אקסיאלי ב-1/3 החודי של השורש (קו מרוסק צהוב) המדגים שני שורשים דיסטליים. השורש דיסטו-לינגואלי כפוף לכיוון מזיאלי. (ד) צילום פריאפיקלי של סתימת השורש המדגים את ארבעת השורשים. לציין: בהסתמך על ממצאי ה-CBCT, החלק הכותרתי של התעלה הדיסטו-לינגואלית הורחב ביתר על מנת לאפשר הכנה נוחה של התעלה גם בחלקה האפיקלי הכפוף



פריאפיקליים. לעומת זאת, כאשר הבדיקה נעשתה ב-CBCT נמצא ריפוי ב-35% מהמקרים בלבד. ממצאים דומים דווחו גם על ידי Patil וחבריו²². העבודה הפרוספקטיבית השוותה את תוצאות טיפול השורש הראשוני ב-132 שיניים בעזרת צילומים פריאפיקליים בהשוואה ל-CBCT שנה לאחר הטיפול. כאשר הבדיקה נעשתה באמצעות צילום פריאפיקלי נמצא ריפוי ב-87% מהמקרים, בעוד שה-CBCT הראה כי ריפוי אמנם התרחש אך רק ב-65% מהמקרים. נראה שבשל המגבלות של הרדיוגרפיה הדר-מימדית, גודל הנגעים הסב שורשיים מוערך בחסר בתצלומי הרנטגן הדר-

תמונה 6. (א) מתרפא המציג 2 סינוסים טראקטים בוקליים וסינוס טראקט פלטינאלי (לא נראה בצילום) מעל שן #25 המשמשת כמאחזת לגשר 27 X 25, 24. (ב) צילום פריאפיקלי (tracing) שן #25. (ג) צילום פריאפיקלי (traicing) שן #24. בשן #25 אובחן סדק VRF והוחלט לעקרה, בשן #24 אובחנה דלקת סב שורשית והוחלט לבצע טיפול שורש חוזר

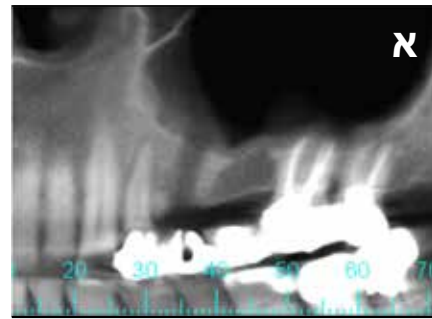


מימדיים, בהשוואה למציאות התלת מימדית כפי שהיא נראית ב-CBCT, המאפשר מדידה מדויקת של הנגעים (תמונה 9). למגבלה זו של הרדיוגרפיה הדרו-מימדית עשויות להיות השלכות רבות הן על תוכנית הטיפול והן על הפרוגנוזה של השן^{15,23}.

סדקים אורכיים בשורש-VRF

סדקים אורכיים בשורש (VRF) קשים לאבחון מוקדם בשל סימנים קליניים וסימפטומים בלתי ספציפיים, ביחוד כשמודבר בסדקים שאינם שלמים (Incomplete fracture)²⁴. בעבודות רבות²⁵⁻²⁷ נמצא ש-CBCT מדויק יותר ורגיש יותר באופן משמעותי בזיהוי סדקים בשורשי שיניים, עם וכלי סתימות שורש, לעומת צילומים פריאפיקליים. נמצא שנוכחות סתימת שורש בתעלה מפחיתה משמעותית את היכולת האבחנתית במקרים של סדק מלא או חלקי לעומת שורשים ללא מילוי, כתוצאה מ"רעשים" הנגרמים על ידי הגוטה-פרקה

תמונה 7. צילומים מתוך סריקת ה-CBCT של המתרפא. המתרפא עבר סריקת CBCT לצורך ביצוע שתלים: (א) צילום פנורמי שהופק מסריקת ה-CBCT המדגים חוסר עצם משמעותי לאחר עקירת שן #25 ושן #24 לאחר פינוי חומר סתימת השורש מהתעלות. (ב) חתך סניטאלי שן #24 המדגים הצללה נרחבת בין השורש הבוקאלי לפלטינאלי שלא נראתה באף אחד מהצילומים הפריאפיקליים. בהסתמך על ממצאי ה-CBCT תוכנית הטיפול שונתה ושן #24 נעקרה

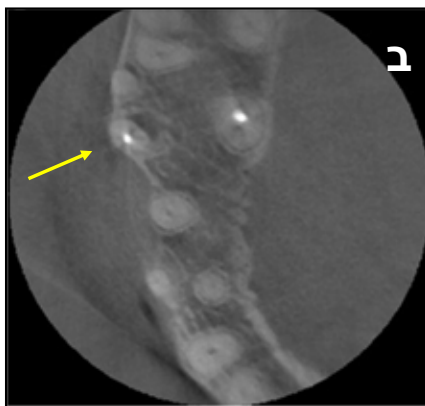


או יתרות מתכתיות²⁸. נמצא עוד, שיכולת האבחנה של סדקים בשורש תלויה גם בסוג הסרוק. זה נובע משינוי בנתוני החשיפה, גודל הווקסל, אלגוריתם השחזור במכשירים השונים ויציבות המתרפא בעת הסריקה הנמשכת 10-20 שניות^{29,30}. למרות שה-CBCT אינו יכול עדיין לאבחן באופן ודאי סדק אורכי בשורש, במיוחד בנוכחות גוטה-פרקה בתעלה, הוא יכול להדגים את הסימנים הראשונים של ספיגת עצם הנגרמת כתוצאה מסדק כזה, ובכך לסייע ולהתריע על סדק אפשרי (תמונה 10).

הערכה טרום ניתוחית

בשל היכולת של סריקת ה-CBCT להדגים את היחס שבין קצות השורשים ואו הנגעים הסב שורשיים לסטרוקטורות אנטומיות סמוכות כמו הסינוס המקסילרי, התעלה המנדיבולרית או הפתח המנטלי, עשויה להיות לסריקת CBCT חשיבות מכרעת בתכנון הטיפול הכירורגי, בהקטנת הסיכונים הכרוכים בו ובשיפור תוצאותיו³¹. נמצא גם שסריקת

תמונה 8. מתרפא המתלונן על רגישות ללעיסה באזור הטוחנת הראשונה העליונה מימין: (א) צילום פריאפיקלי המדגים טיפול שורש בשלוש תעלות והצללה סב שורשית מעל השורש הפלטינאלי. (ב+ג) חתכים מתוך סריקת ה-CBCT המדגימים הצללה נרחבת גם סביב השורש המזוי-בוקאלי שלא נצפו כלל בצילום הפריאפיקלי



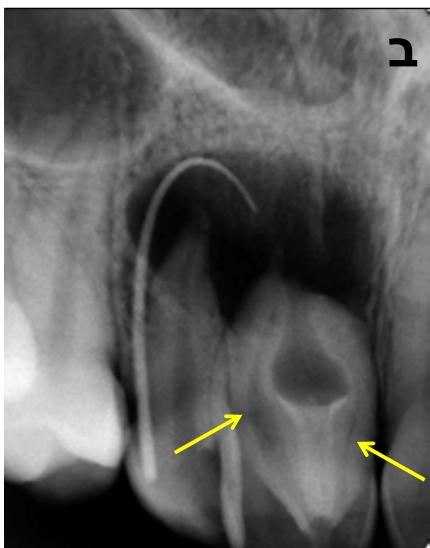
ה-CBCT מאפשרות הערכת המרחק שבין הפלטה הקורטיקלית לקצה השורש הפלטינלי בטוחות עליונות, והערכה מדויקת של גודל הנגע הסב שורשי שלא תמיד ניתן להערכה מדויקת או לזיהוי בצילומים פריאפיקליים³², וכן מאפשרות את היכולת לשייך את הנגע הסב חודי לשורש מסוים³³ (תמונה 11).

אבחנה וטיפול בספיגות שורש

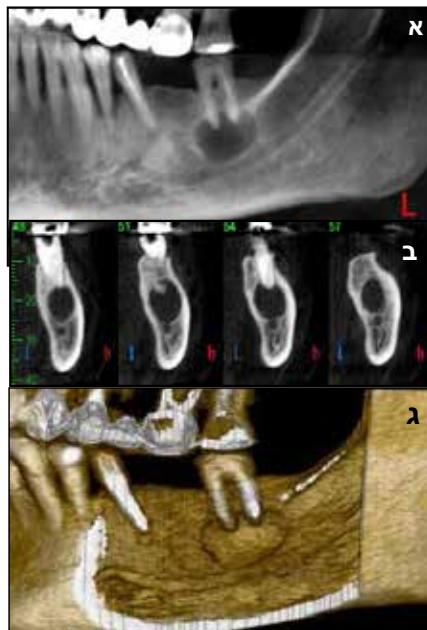
יכולת הזיהוי של אזורי ספיגה בשורש היא לעיתים קרובות מאתגרת ומבוססת על ממצאים רדיוגרפיים. צילומים פריאפיקליים נמצאו כבעלי יכולת אבחנתית מוגבלת, ביחוד בהדגמת אזורי ספיגה קטנים^{34,35}. מחקרים רבים הראו עדיפות אבחנתית

תמונות 15-13. אנטומיה חריגה: Dens Invaginatus בשן #11

תמונה 13. (א) בבדיקה קלינית זוהה סינוס-טרקט בוקאלי ברירת מעל שן #12. (ב) צילום פריאפיקלי מדגים את מקור הפרשה משן #11. שן #11 מדגימה מורפולוגיה מורכבת של Dens Invaginatus והצללה סב שורשית סביב שיניים #12+11. שתי השיניים ויטליות עם תגובה חיובית ברורה לקור



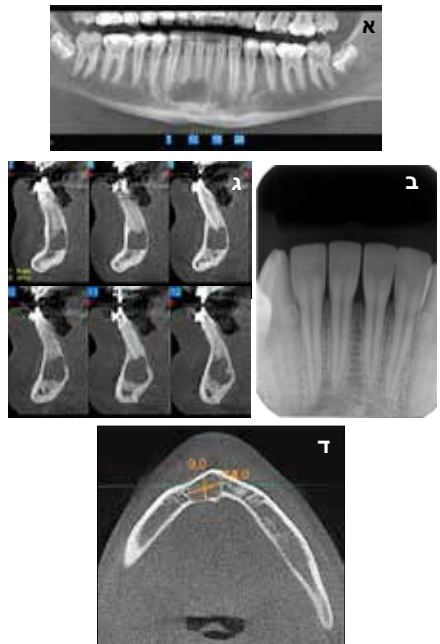
תמונה 11. הערכה טרום ניתוחית המדגימה את היחס שבין הצללה סב שורשית נרחבת והיחס שלו לשורשי השן הטוחנת התחתונה ולתעלה המנדיבולרית: (א) קטע מצילום פנורמי המדגים את ההצללה המקיפה את שורשי השן. איננו מדגים האם הנגע נמצא בקשר עם התעלה המנדיבולרית. (ב) חתכים סגיטאליים המדגימים את היחס של שורשי השן להצללה הסב שורשית ואת ההצללה שבאזור מסוים באה במגע עם התעלה המנדיבולרית. (ג) חתך מתוך תלת מימד של השן, הנגע והתעלה המנדיבולרית.



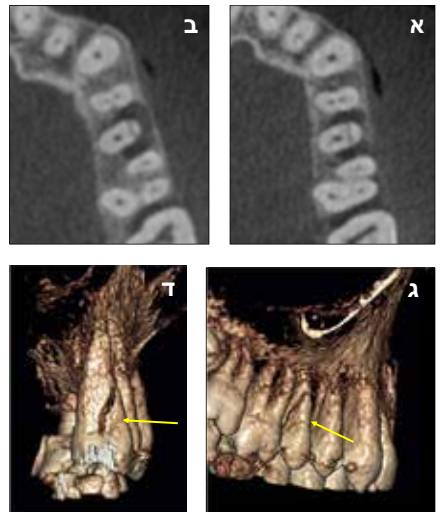
תמונה 12. ספיגה חיצונית בשורש פלטאלי של שן #16. בבדיקה קלינית עלה חשד של ספיגה מבלי יכולת להגדיר האם פנימית או חיצונית, מה גודלה ומיקומה המדויק: (א) תצלום פריאפיקלי ותצלום נשך שאינם מראים עדות ברורה לספיגה. (ב) חתך קורונאלי המדגים ספיגה חיצונית בשורש הפלטאלי. (ג) מראה תלת מימדי של השן מכיוון פלטאלי. (ג) חתך מתוך התלת מימד אשר מבהיר את ממדי הספיגה, את מיקומה באזור הכותרתי של השורש ואת צורתה



תמונה 9. נגע נרחב סביב שורשי השיניים הקדמיות: (א) צילום פנורמי המדגים הצללה סב שורשית מהצד הדיסטלי של שן #31 ועד החלק המדיאלי של שן #43. לא ניתן להגדיר במדויק את גודלו והאם פרץ את הפלטה הקורטיקלית. (ב) צילום פריאפיקלי שמציג מבנה של טרבקולצית עצם מעט שונה מהמראה התקין סביב שורשי השיניים הקדמיות. (ג) חתך סגיטאלי המציג נגע רדיולוצנטי גדול, הנראה קרוב מאד אל הפלטות הקורטיקליות, ביחוד לזו הלינגואלית, ללא פריצה שלהן. (ד) חתך אקסיאלי המדגים את הנגע ומאפשר מדידה מדויקת של ממדיו

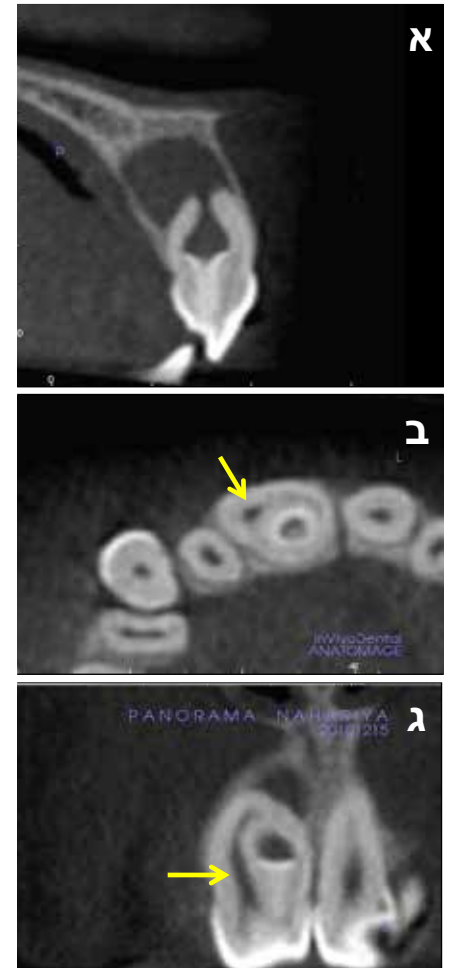


תמונה 10. שבר בשורש במלתעה עליונה מימין: (א+ב) חתכים אקסיאליים בגבהים שונים של השורש המדגימים את השבר שאיננו עובר דרך תעלת השורש, וספיגת עצם נרחבת המקיפה את השורש בחלק הבוקאלי והאינטר פרוקסימלי משני הצדדים. (ד+ג) תלת מימד של השורש המדגים שבר אלכסוני בשורש



ל-CBCT לעומת צילומים פריאפיקליים בזיהוי אזורי ספיגה חיצונית מלאכותיים^{36,37}, ואזורי ספיגה פנימית מלאכותיים³⁶. עדיפות מיוחדת נמצאה ל-CBCT לעומת הצילומים הקונבנציונאליים בהדגמת ספיגות מלאכותיות קטנות בגדלים 0.3X0.15 מ"מ ו-0.5X0.25 מ"מ, שלא ניתנות לזיהוי ברדיוגרפיה פריאפיקלית³⁸. בעבודה in vivo שהשוותה צילומים קונבנציונאליים לסריקות CBCT בהשוואת יכולת האבחון והטיפול במקרים קליניים של ספיגה חיצונית צווארית וספיגה פנימית, דווח שב-100% מהמקרים, ה-CBCT היה מדויק באבחון נוכחות הספיגה וביהוי סוגה. להבדלים בסוג הסרוק לא נמצאה חשיבות ביכולת האבחנתית של ספיגות וזאת בהשוואה בין 6 סוגי סורקים שונים³⁹. לרדולוצית התמונה דווקא נמצאה השפעה. נמצא שלסריקות ברדולוציה גבוהה עדיפות אבחנתית

תמונה 14. חתכים מתוך סריקת ה-CBCT, המאפשרים הבנת המבנה הפנימי המורכב: (א) חתך סגיאלי המדגים אינבגינציה צרה ועמוקה המוקפת רקמה קשה. האינבגינציה מתרחבת באזור אמצע השורש ונפתחת בפתח רחב לרקמה הסב שורשית. תהליך סב חודי נרחב. (ב) חתך אקסיאלי המציג את האינבגינציה המוקפת בתעלת השורש (חץ) המקיפה אותה מכל הצדדים. (ג) חתך קורונאלי המציג את האינבגינציה שנמצאת כנפרדת מתעלת השורש לכל אורכה. על בסיס הממצאים הנ"ל הוחלט לבצע טיפול באינבגינציה בלבד ולשמור על הוויטליות של השן

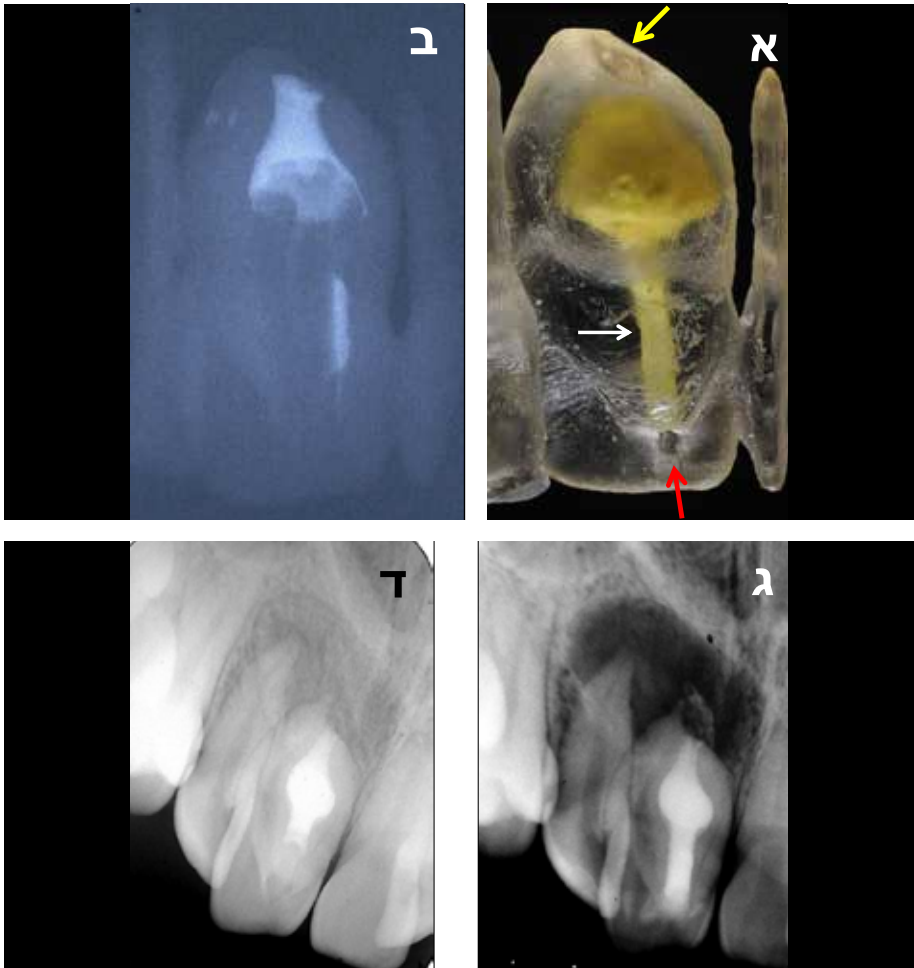


משמעותית^{40,41}, וזו באה כמובן יחד עם עלות קרינתית גבוהה יותר¹².

אבחנה וטיפול בחבלות

בדיקות רדיוגרפיות חשובות ביותר לאבחנה מברלת בחבלות הדנטאליות, בויהוי מיקום, סוג וחומרת החבלה. בדיקות אלה חיוניות גם לצורך הערכת דרגת התפתחות השורש בשיניים קבועות צעירות, לזיהוי מחלה סב שורשית ולהערכת היחס שבין השיניים החלביות לקבועות והקרבה שבין מוך השן לקו השבר⁴². הצילומים הדו-מימריים הקונבנציונאליים נמצאו כבעלי יכולת אבחנה

תמונה 15. דגם פלסטיק, תלת מימדי שהודפס על בסיס נתוני סריקת ה-CBCT ואפשר לקבוע את שיטת הטיפול והמכשור המיטביים, ותרגול שלבי הטיפול לפני ביצועם בפועל אצל המתרפאה: (א) דגם הפלסטיק המלא בחומר צהוב להדגמת מבנה האינבגינציה. החץ האדום מצביע על המפתח הכותרתי, החץ הלבן מצביע על האינבגינציה והחץ הצהוב מצביע על הפתח החודי הרחב של האינבגינציה אל הרקמה הסב שורשית. (ב) צילום רנטגן של הדגם לבדיקת ההומוגניות של מילוי האינבגינציה (בשלב תרגול על המודל). (ג) צילום פריאפיקלי ביום השלמת הטיפול באינבגינציה. האינבגינציה נראית אטומה בחומר רדיואופקי. תעלת השורש נראית במקביל לאינבגינציה. השן ויטלית ומגיבה באופן תקין לכל בדיקות החיות. (ד) צילום פריאפיקלי 15 חודשים לאחר סיום הטיפול. נראה ריפוי כמעט מלא של הנגע הסב שורשי. המתרפאה אסימפטומטית ושתי השיניים (#11 ו-#12) ויטליות



אנטומיה חריגה כמו dens invaginatus, fussion, germination ואנטומיות חריגות אחרות^{11,12}. לאחרונה נמצא שניתן להפיק מסריקות CBCT קבצים נוספים כמו לדוגמה קבצים מסוג STL. קבצים אלו מכילים את המידע הדרוש להפקת מודלים תלת מימריים בעזרת מדפסות תלת-מימדיות, ולאחרונה נעשה בהם שימוש גם בתחום הרפואה ורפואת השיניים¹². במקרים בעלי מורפולוגיה מורכבת, ניתן להשתמש במודלים אלה הן לתכנון הטיפול והן לתרגול מחוץ לפה של שיטת הטיפול ובכך להמנע מתקלות בלתי צפויות במהלך הטיפול ולשפר את סיכויי ההצלחה (תמונות 13-15).

מוגבלת במקרים הללו⁴³. האיגוד הבין לאומי לחבלות דנטאליות (IADT 2012), ממליץ על ביצוע רוטיני של מספר צילומים מזוויות שונות כדי לשפר את היכולת האבחנתית. עם זאת, מאחר וקו השבר יזוהה אך ורק כאשר הקרן תעבור בדיוק דרכו, היכולת האבחנתית נותרת בלתי מספקת במקרים רבים⁴⁴. ל-CBCT היכולת להתמודד עם המגבלות הללו, ובכך לשפר את יכולת האבחנה, החלטת הטיפול ולבסוף את תוצאות הטיפול.

CBCT ככלי ליצירת מודל לימוד

ה-CBCT נמצא יעיל במיוחד בויהוי ואבחון

מסקנות

סריקות CBCT יבוצעו אך ורק כאשר המידע מהדמיית אחרות אינו מספק לביצוע האבחנה והטיפול.

ד"ר אנדה כפיר, ראש המחלקה לאנדודונטולוגיה, אוניברסיטת תל-אביב
 ד"ר עמיר ויסמן, מרכז המחלקה לאנדודונטולוגיה, אוניברסיטת תל-אביב
 פרופ' צבי מצגר, ראש המחלקה היוצא לאנדודונטולוגיה, אוניברסיטת תל-אביב

הכרוכה בה (ICRP 2007), ולכן חשוב לנסות להעזר בצילומים ובסריקות קודמות בכל הזדמנות אפשרית. על הרופא המפנה ל-CBCT להסביר למתפא את היתרונות וההשלכות של הבריקה ולקבל בכתב את הסכמת המתפא מדעת. קלינאי המפנה מתפא לסריקת CBCT יהיה אחראי לפענוח המידע בכל נפח הסריקה ולכן עליו לבחור את מאפייני הסריקה המתאימים ביותר לאבחנה הנדרשת ולפענח ביסודיות את ממצאי כל נפח הסריקה, גם מעבר לאזור המטופל. בכל מקרה

ה-CBCT הינו כלי עזר ממדרגה ראשונה בטיפול האנדודונטי ולו יתרונות בולטים בתחומים אנדודונטיים רבים לעומת הצילומים הפריאפיקליים. הדמיית ה-CBCT מתבססת על קרינה מייננת, ולכן יש להקפיד לבצע כמות הקרינתית הנמוכה ביותר האפשרית (ALARP), ביחוד כאשר הסריקה מבוצעת בילדים. כל בדיקה רדיוגרפית, בתוך כך גם סריקת CBCT, צריכה להצדיק את ביצועה ואת העלות הקרינתית

1. Patel S, Dawood A, Whaites E, Pitt Ford T. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J* 2007;40: 818-30.
2. Cotton TP, Geiser TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod* 2007; 9: 1121-32.
3. Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathol, Oral Radiol, Endod*. 2008; 106: 106-14.
4. Suomalainen A, Kijunen T, Käser Y, Peltola J, Kortensniemi M. Dosimetry and image quality of four dental cone beam computed tomography scanners compared with multislice computed tomography scanners. *Dentomaxillofacial Radiol* 2009; 38: 367-78.
5. Pauwels R, Beinsbergera J, Collaert B, Theodorakou C, Rogers J, Walker A, Cockmartin L, Bosmans H, Jacobs R, Bogartes R, Horner K. The SEDENTEXT project consortium. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *Europ J Radiol* 2012; 81: 267-71.
6. Farman AG, Farman TT. A comparison of 18 different X-ray detectors currently used in dentistry. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathol, Oral Radiol, Endod* 2005; 99: 485-9.
7. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the mandibular anterior teeth. *J Am Dent Assoc* 1974; 89: 369-71.
8. Kulid JC, Peters DD. Incidence and configuration of canal systems in the mesiobuccal root of maxillary first and second molars. *J Endod* 1995; 16: 311-7.
9. Valencia de Pablo O. Root anatomy and canal configuration of the permanent mandibular first molar: a systematic review. *J Endod* 2010; 36: 1919-31.
10. Tu M-G, Tsai C-C, Jou M-J, Chen W-L, Chang Y-F, Chen S-Y, Cheng H-W. Prevalence of three-rooted mandibular first molars among Taiwanese individuals. *J Endod* 2007; 33: 1163-6.
11. Durack C, Patel S. The use of cone beam computed tomography in the conservative management of dens invaginatus: a case report. *Int Endod J* 2010; 43: 707-13.
12. Kfir A, Telishevsky-Strauss Y, Leitner A, Metzger Z. The diagnosis and conservative treatment of a complex type 3 dens invaginatus using cone beam computed tomography (CBCT) and 3D plastic models. *Int Endod J* 2013; 46: 275-88.
13. Tsai P, Torabinejad M, Rice D, Azevedo B. Accuracy of cone-beam computed tomography and periapical radiography in detecting small periapical lesions. *J Endod* 2013; 38: 968-70.
14. Bender IB, Seltzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: part I. *J Am Dent Assoc* 1961 ;62: 152-60.
15. Paula-Silva FWG, Júnior MS, Leonardo MR, Consolaro A, Silva LAB, Preto R. Cone-beam computerized tomographic, radiographic and histological evaluation of periapical repair in dogs post-endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathol, Oral Radiol, Endod* 2009; 108: 796-805.
16. Bornstein MM, Lauber R, Sendi P, von Arx T. Comparison of periapical and limited cone-beam computed tomography in mandibular molars for analysis of anatomical landmarks before apical surgery. *J Endod* 2011; 37: 151-7.
17. Abella F, Patel S, Durau-Sindreu F, Mercad M, Bueno R, Roig M. Evaluating the periapical status of teeth with irreversible pulpitis by using cone-beam computed tomography scanning and periapical radiographs. *J Endod* 2012; 38: 1588-91.
18. Pigg M, List T, Petersson K, Lindh C, Petersson A. Diagnostic yield of conventional radiographic and cone-beam computed tomographic images in patients with atypical odontalgia. *Int Endod J* 2011; 44: 1092-101.
19. Stavropoulos A. Accuracy of cone beam dental CT, intra-oral digital and conventional radiography for the detection of periapical lesions: an ex vivo study in pig jaws. *Clinical oral investigations* 2007; 11: 101-6.
20. Soğur E, Baksi BG, Gröndahl H-G, Lomcali G, Sen BH. Detectability of chemically induced periapical lesions by limited cone beam tomography, intra-oral digital and conventional film radiography. *Dentomax Radiol* 2009; 40: 458-64.
21. Patel S, Dawood A, Mannocci F, Wilson R, Pitt Ford T. Detection of periapical bone defects in human jaws using cone beam computed tomography and intraoral radiography. *Int Endod J* 2009a, 42: 507-15.
22. Patel S, Wilson R, Dawood A, Foschi, Mannocci F. The detection of periapical pathosis using digital periapical radiography and cone beam computed tomography- Part 2: a 1-year post-treatment follow-up. *Int Endod J* 2012b; 45: 711-23.
23. Christiansen R, Kirkevang L-L, Gotfredsen E, Wenzel A. Periapical radiography and cone beam computed tomography for assessment of the periapical bone defect 1 week and 12 months after root-end resection. *Dentomaxillofacial radiol* 2009; 38: 531-6.
24. Tamse A, Fuss Z, Lustig J, Kaplavi J. An evaluation of endodontically treated vertically fractured teeth. *J Endod* 1999; 25: 506-8.
25. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, van der Stelt R, Wesseling PR. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *J Endod* 2009; 35: 719-22.
26. Özer SY. Detection of vertical root fractures by using cone beam computed tomography with variable voxel sizes in an in vitro model. *J Endod* 2011; 37: 75-9.
27. Patel S, Brady E, Wilson R, Brown J, Mannocci F. The detection of vertical root fractures in root filled teeth with periapical radiographs and CBCT scans. *Int Endod J* 2013; (IN PRESS)
28. Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam and how does it work? *Dent Clin N Am* 2008; 52: 707-30.
29. Metaska ME, Aartman IH, Wesseling PR, Özok AR. Detection of vertical root fractures in vivo in endodontically treated teeth by cone-beam computed tomography scans. *J Endod* 2012; 38: 1344-7.
30. Horner K, Jacobs R, Schultze R. Dental CBCT equipment and performance issues. *Radiation Protection Dosimetry* 2013; 153: 212-8.
31. Tsurumachi T, Honda K. A new cone beam computerized tomography system for use in endodontic surgery. *Int Endod J* 2007; 40: 224-32.
32. Maillet M, Bowles WR, McClanahan SL, John MT, Ahmad M. Cone-beam computed tomography evaluation of maxillary sinusitis. *J Endod* 2011; 37: 753-7.
33. Patel S, Wilson R, Dawood A, Mannocci F. The detection of periapical pathosis using periapical radiography and cone beam computed tomography- Part 1: pre-operative status. *Int Endod J* 2012a; 45: 702-10.
34. Andreasen FM, Sewerin I, Mandel V, Andreasen JO. Radiographic assessment of simulated root resorption cavities. *Endod Dent Traumatol* 1987; 3: 21-7.
35. Kamburoğlu K, Kursun S. A comparison of the diagnostic accuracy of CBCT images of different voxel resolutions used to detect simulated small internal resorption cavities. *Int J Endod* 2010; 43: 798-807.
36. Kamburoğlu K, Kurşun S, Yüksel S, Oztaş B. Observer ability to detect ex vivo simulated internal or external cervical root resorption. *J Endod* 2011; 37: 168-75.
37. Bernardes RA, de Paulo RS, Preira LO, Duarte MA, Ordinola-Zapata R, de Azevedo JR. Comparative study of cone beam computed tomography and intraoral periapical radiography in diagnosis of lingual-simulated external root resorption. *Dent Traumatol* 2012; 28: 268-72.
38. Durack C, Patel S, Davies J, Wilson R, Mannocci F. Diagnostic accuracy of small volume cone beam computed tomography and intraoral periapical radiography for the detection of simulated external inflammatory root resorption. *Int Endod J* 2011; 44: 136-47.
39. Alqerban A, Jacobs R, Fieus S, Nackaerts O, SEDENTEXT Consortium, Willems G. Comparison of 6
40. Kamburoğlu K, Kursun S. A complex of the diagnostic accuracy of CBCT images of different voxel resolutions used to detect simulated small internal resorption cavities. *Int Endod J* 2010; 43: 798-807.
41. Ponder SN, Benavides E, Kapila S, Hatch NE. Quantification of external root resorption by low-vs high-resolution cone-beam computed tomography and periapical radiography. A volumetric and linear analysis. *Am J Orthod and Dentofac Orthopaedics* 2012; 143: 77-91.
42. Kullman L, Al Sane. Guidelines for dental radiography immediately after a dento-alveolar trauma, a systematic literature review. *Dent Traumatol* 2012; 28: 193-9.
43. Cohenca N, Simon JH, Rogers R, Morag Y, Malfaz JM. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 1: traumatic injuries. *Dent Traumatol* 2007; 23: 95-104.
44. Bernardes RA, de Pauló RS, Pereira LO, Duarte MA, Ordinola-Zapata R, de Azevedo JR. Comparative study of cone-beam computed tomography and intra oral periapical radiographs in diagnosis of lingual-simulated external root resorptions. *Dent Traumatol* 2012; 28: 268-72.