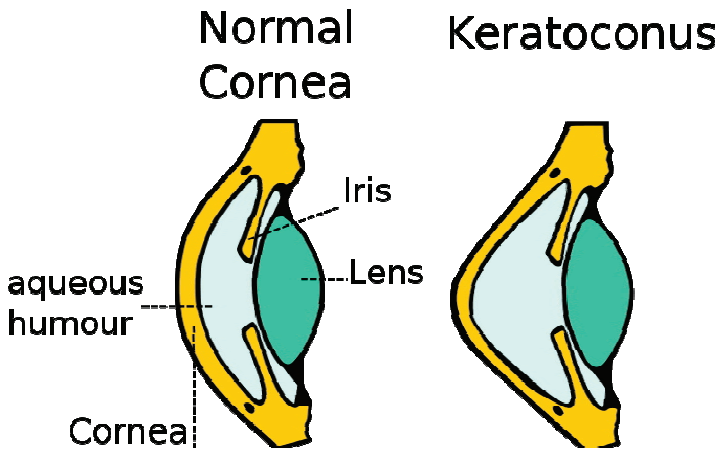


קרטוקונוס

Keratoconus



מחבר: ד"ר עאדל ברבארה



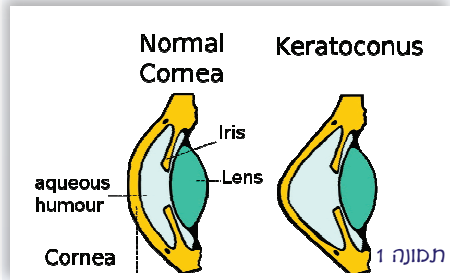
אדל ברבארה

האחבר הוא מנהל רגולטי הדסה אוניברסיטא
בחיפה, המרכז של בית חולים הדסה
למקון ראיה באיזור סניף חיפה
מנהל המרכז הארצי לטיפול בקרואטוקונוס
יושב ראש החוג לנגמתי רערוזיה
(הנגמתיים למקון ראיה) בישראל

adelbarbara@yahoo.com

קראטוקונוס

קראטוקונוס באה מהמילה היוונית Kerato = קרנית = Conus = חרוט כלומר קרנית בצורת חרוט. מדובר במחלה ניוונית של הקרנית שהיא החלון הקדמי של העין. הקרנית הופכת לדקה ובולטת ושטחה נעשה בלתי סדיר, (ראה תמונה 1 ותמונה 2)



שכיחות המחלה נעה בין 50 חולים עד 243 חולים בכל 100 אלף איש באוכלוסייה, כאשר יש מקרה חדש כל שנה בכל 2000 איש באוכלוסייה. קיים אלמנט תורשתי אך רוב המקרים הם מקרים ללא כל היסטוריה משפחתית של קראטוקונוס ורק לכ-15% מהמקרים יש סיפור משפחתי של קראטוקונוס. שאר ה-85% הם מקרים ספראדיים. חשיפה לאור אולטרא סגול מהווה אחד הגורמים שיכולים לתרום להתפתחות המחלה.

מקובל לחלק את המחלה ל-4 שלבים, על פי דרגות חומרה, כאשר לוקחים בחשבון את הקימור, כמות קוצר הראיה והאסטיגמטיזם הנוצרים בעקבות המחלה ועובי הקרנית Amsler-Krumeich classification, דרגה אחת היא הקלה יותר ודרגה 4 היא הקשה ביותר. המחלה שכיחה יותר אצל צעירים הסובלים ממחלות אלרגיות ובעיקר מדלקות לחמית אלרגיות ובראשן הדלקת האביבית, שפשוף העיניים הנגזר מדלקות הלחמית האלרגיות יכול להיות קשור להתפתחות החמרה של המחלה לכן מאוד חשוב לא לתת לילדים לשפשף את העיניים ולנסות לטפל בסיבה שהיא הגירוי בלחמית, ובמקרה שהטיפול לא מספיק עוזר כי מדובר במחלה כרונית אז לחנך את הילדים \ הצעירים לא לשפשף ולעודד אותם לרחוץ את העיניים במים קרים במקום לשפשף, או לטפף תחליפי דמעות ללא חומר משמר, עדיף קרים או תחליפי דמעות עם חומר משמר כאשר החומר המשמר מתפרק בזמן שיוצאת הטיפה מהבקבוק, זה יכול להקל.

המחלה שכיחה יותר אצל אנשים הסובלים מתסמונת דאון Down syndrome ותסמונת Ehlers-Danlos syndrome, Mitral valve prolapse, Marfan syndrome, Osteogenesis imperfecta

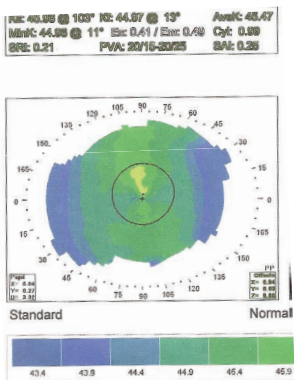
לפי הניסיון שלנו המחלה הרבה יותר שכיחה ממה שחשבנו וממה שמראות הסטטיסטיקות וזאת משתי סיבות :

1 - אנחנו כרופאי עיניים יותר מודעים למחלה זו ומנסים לאתר אותה בצורתה הגלויה והסמויה (לעתים המחלה סמויה) כי מנסים להימנע מלנתח (לצורך הסרת משקפיים בלייזר) אנשים הסובלים ממחלה זו, ומטבע הדברים אנשים שסובלים ממחלת קראטוקונוס פונים יותר מאחרים למכונים העוסקים בהסרת משקפיים בלייזר בניסיון למצוא משוב למחלתם. כידוע מחלת הקראטוקונוס מהווה התווית-נגד לניתוחים לתיקון ראייה בלייזר, כי בניתוחים אלו מסירים רקמה מהקרנית והיות והקרנית בקראטוקונוס היא דקה וחלשה הטיפול עלול לסכן את העין ולהחמיר את המחלה.

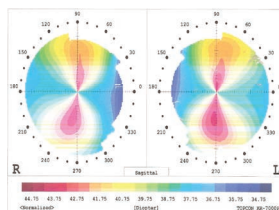
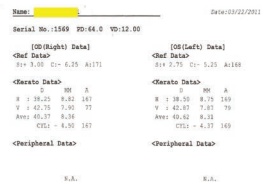
2 - השיפור באמצעי האיבחון כגון מיפויי הקרנית למיניהם: בעבר אבחנו את המחלה רק דרך הסימנים הקליניים שלה שהם שינוי ברפלקס האור כפי שנראה ברטינוסקופ ובאופטלמוסקופ הישיר, בליטה של הקרנית, הדקקות ולעתים הצטלקות של הקרנית. מכשיר הטופוגרפיה היווה פריצת דרך מבחינת איבחון הקראטוקונוס. מדובר במכשיר שמשלך ציור **Placido disc** על הקרנית ומנתח בעזרת מחשב את צורת ומבנה הטבעות שמוחזרות משטח הקרנית. מכשיר זה מצליח לאבחן קראטוקונוס גם במקרים שהמחלה לא מתבטאת בצורתה הקלינית הקלאסית, כלומר הצורה הסמויה שהיא צורה התחלתית של המחלה. לעתים צורה התחלתית זו של המחלה נעצרת ולא מתקדמת ונשארת בצורתה הסמויה. כלומר מבחינת הטופוגרפיה המחלה קיימת אך קלינית אינה קיימת **Arrested Form** או **Keratoconus Form Fruste**. מכשירי טופוגרפיה שונים צצו בשנים האחרונות עם אינדקסים שונים לעזרה באיבחון המחלה. מכשירי מיפוי קרנית נוספים גם התווספו כמו מכשירי ה-**Pentacam, Sirius, Galilee, Orbscan I I** מכשירים אלו מודדים את הקימור הקדמי של הקרנית וגם הקימור האחורי ונותנים מפה של עובי הקרנית בכל נקודה. מכשירים אלו בנוסף לטופוגרפיה עוזרים באיבחון בעיקר במקרים גבוליים. ראה תמונות: תמונה ס' 3x מראה ביצוע בדיקת טופוגרפיה של הקרנית,



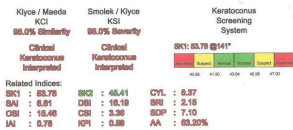
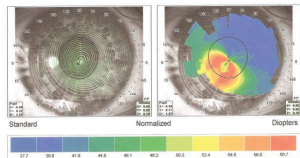
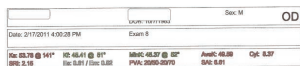
תמונה מס' 2, 3 א טופוגרפיה נורמאלית של הקרנית, תמונה ד, 3 ה מראות טופוגרפיה של קראטוקונוס.



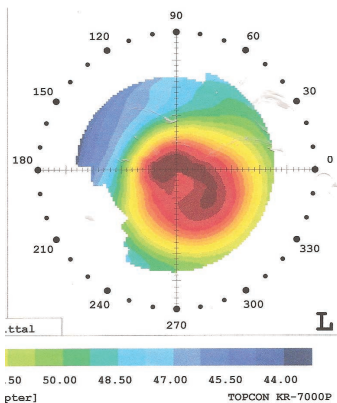
תמונה 3 א



תמונה 3 ב

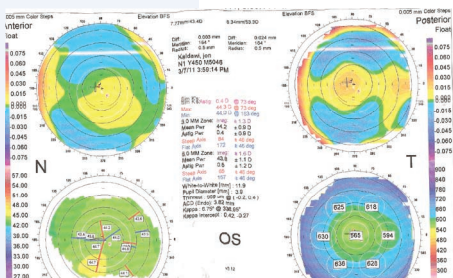
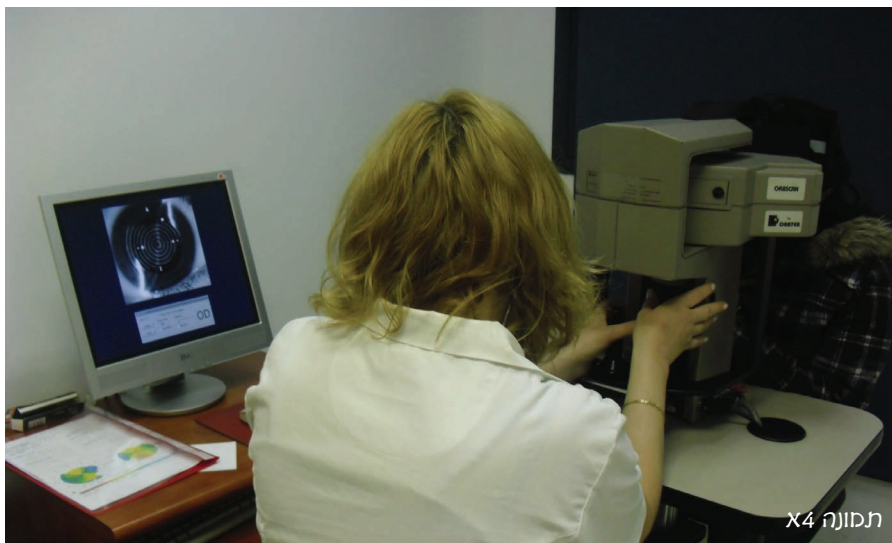


תמונה 3 ג

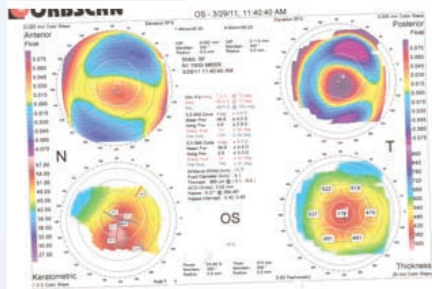


תמונה 3 ד

תמונה ס' 4 מראה ביצוע בדיקת Orbscan, תמונה 24 מראה Orbscan נורמאלי, תמונה ג4 מראה Orbscan של קראטוקונוס.



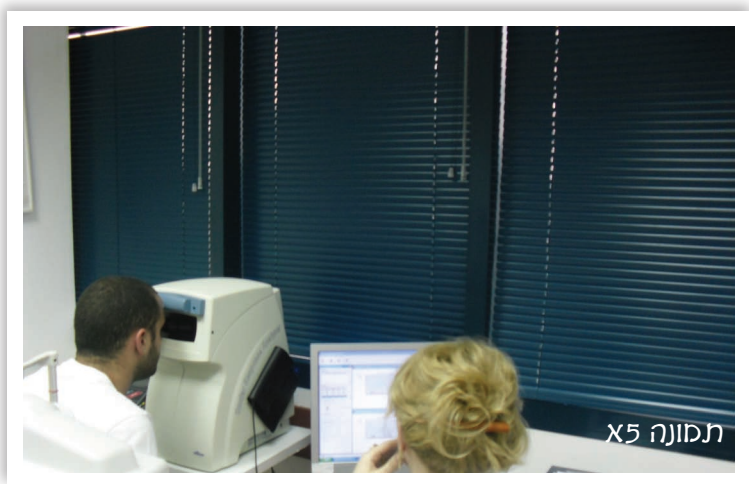
תמונה 24



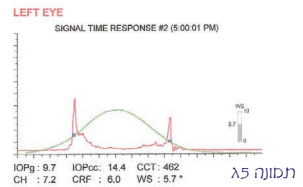
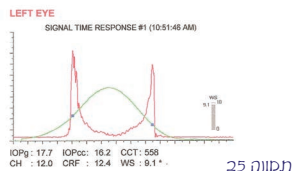
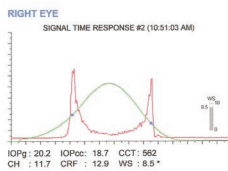
תמונה ג4

המחלה נוצרת כתוצאה מהיחלשות הכוח הביומכאני של הקרנית, את התכונות הביומכאניות של הקרנית לא היה ניתן לבדוק באנשים חיים (In Vivo) עד הופעת המכשיר Ocular Response Analyzer (ORA) שהופיע בשנת 2005. המכשיר בודק בעזרת פליטת אוויר לעין את הכוח המכאני של הקרנית. מכשיר זה מראה ערכים נמוכים של המדדים שבודקים את הכוח הביומכאני של הקרנית. אצל חולי קראטוקונוס. מדדים אלו נקראים CH) corneal hysteresis ו-1) corneal resistance factor (CRF), גם הצורה של התרשים אינה תקינה.

ראה תמונות: תמונה מס' 5 מראה ביצוע בדיקת ORA



תמונה מס' 5 ב מראה ORA תקין, תמונה מס' 5 ג מראה ORA של קראטוקונוס.



משותף לכל הבדיקות שציינתי למעלה הוא פשטות ביצוען הבדיקות קלות מאוד למטופל ונמשכות בדרך כלל מספר שניות וכמובן אינן פולשניות. המחלה בדרך כלל קיימת בשתי העיניים אך לרוב בעין אחת המחלה מתקדמת יותר כלומר אין סימטריה בין שתי העיניים ובפחות מ-10% מהמקרים המחלה קיימת רק בעין אחת.

סימני המחלה : ירידה הדרגתית בראיה בעיקר בגיל הבגרות (אך המחלה יכולה להופיע גם בשנות ה-20 וה-30), החלפה תכופה של המשקפיים, אי שביעות רצון מהמשקפיים למרות שהוחלפו, כאבי ראש לאחר מאמץ ראייתי, סנוורים והילות בלילה.

בשלב המתקדם של המחלה המשקפיים לא עוזרות או עוזרות בצורה זניחה, או שלא ניתן להתאים משקפיים עקב פער בתשבורת בין שתי העיניים או שהאסטיגמטיזם (שמתוקן בעזרת צילינדר) גבוה. אז נאלצים להרכיב עדשות מגע מיוחדות לקראטוקונוס.

עיקר הירידה בחדות הראיה נובע מהאסטיגמטיזם הבלתי סדיר שמתפתח בעקבות המחלה והשטח הבלתי סדיר של הקרנית. שטח הקרנית הבלתי סדיר גורם לעיוותים בראיה שגורמים לירידה באיכות התמונה ולסינוורים והילות. אלו נובעים ממה שנקרא הפרעות ראייה מסוג גבוה.

High Order Aberrations (HOA) זו טרמינולוגיה חדשה ברפואת עיניים המנסה להבין ולהסביר את איכות הראיה דרך מיפוי של חזית ליזר שמוקרנת לעין, חזית זו כשהיא מוחזרת מהעין (העין מתנהגת כמו מראה) מנותחת בעזרת מחשב ונותנת תמונה שממנה ניתן להבין את איכות הראיה אצל הנבדק. בחולי קראטוקונוס, הפרעות הראיה מסוג גבוה הן מוגברות והיום אף מציעים מכשירים אלו כאמצעים לאיבחון הקראטוקונוס. טכנולוגיה זה משמשת בין היתר לתכנון ממוחשב של טיפולי ליזר להסרת משקפיים.

חשוב לעשות אבחנה מבדלת עם *pellucid marginal degeneration PMD* המתחילה בגיל מאוחר יותר. במחלה זו יש אזור דק דמוי סהרון בגבול התחתון של הקרנית, כ-2-1 מ"מ מהלימבוס *limbus* (הגובלת, היא האזור שבין הלחמית לקרנית). לטופוגרפיה במחלה זו יש תכונות ספציפיות שניתנות להבדלה מתכונות הטופוגרפיה בקראטוקונוס. מחלה זו מתפתחת בגיל מאוחר יותר מגיל התפתחות הקראטוקונוס והרבה יותר קשה להתאים עדשות מגע לחולים אלו בגלל מבנה הקרנית המיוחד. השתלת קרנית במקרים אלו היא הרבה יותר בעייתית והרבה פחות מוצלחת מאשר בקראטוקונוס, אך יש הרבה דיווחים על הצלחה בשיפור הראיה באמצעות השתלת טבעות (ראה בהמשך).

עדשות מגע לקראטוקונוס יכולות להיות **עדשות קשות נושמות** (שאינן

עוצרות את התקדמות המחלה כפי שחשבו בעבר ובמידה ולא מותאמות היטב יכולות אף להחמיר את המחלה). הבעיה בעדשות הקשות היא אי יכולת חלק ניכר מהחולים לסבול אותן עקב המבנה החרוטי של הקרנית. אומנם היום אפשר לשנות את צורת העדשה בהתאם לצורת הקראטוקונוס וכך משתנה צורת "ישיבת" העדשה על הקרנית. ניתן לשנות את הקימור, אפילו את הקימור של קצוות העדשה כך שתשב בצורה טובה יותר על הקרנית ובכך יפחת הגירוי שהיא גורמת לעין.

קיימות עדשות רכות מיוחדות לקראטוקונוס כשהיתרון שלהן הוא הנוחות של

רקות ואפקטיביות קרובה לקשות אך במקרים מתקדמים הן פחות יעילות. הרבה מטופלים פונים להתייעצות לגבי פתרונות כירורגיים למחלה, עקב אי יכולתם לסבול עדשות קשות וכל מה שצריך לפעמים, על מנת להקל עליהם ולהחזיר אותם ליכולת תפקודית, הוא ההעברה מעדשות קשות לעדשות רכות מיוחדות לקראטוקונוס (יש אמונה לא נכונה שרק עדשות קשות יכולות לשפר את הראיה).

העדשות הסקלראליות: הן למעשה עדשות קשות בעלות קוטר של כ-25 מילימטר (מ"מ)

כשקוטר עדשה קשה נע בין 8.5-9.5 מ"מ ועדשה רכה כ-14 מ"מ. קצוות העדשה הסקלראלית יושבות על הלחמית ולא על הקרנית ובכך מופחת הגירוי. העדשות עוזרות במקרים של קראטוקונוס מתקדם וצריך להרכיב את העדשה לאחר שממלאים את אותה בנוזל להרטבת

העין וצריך לחדש נוזל זה כל מספר שעות, דבר שמהווה הטרדה לחולה הקראטוקונוס. **העדשות המיני סקלראליות** דומות לסקלראליות אך הן יותר קטנות ומדווחים על הצלחות טובות בעדשות אלו במקרים שלא סובלים עדשות קשות.

ישנן עדשות **Piggy Back** שהן עדשות רכות ומעליהן מותאמות עדשות קשות. יש להן את יתרון הרכות (כלומר נוחות) והראיה הטובה שנותנות העדשות הקשות. קיים סוג של עדשה רכה שבה יש "מכתש" שבתוכו יושבת העדשה הקשה וזה מקל עוד יותר על ההתאמה. העדשה יושבת טוב יותר ויש פחות איבוד עדשות.

עדשות המגע נותנות מענה טוב לחלק מהחולים אך חלקם לא סובל את העדשות עקב המבנה המיוחד של הקרנית או עקב אלרגיות בלחמית ששכיחותן בחולי הקראטוקונוס גבוהה יותר מבאנשים עם הקרניות הנורמאליות.

אל נשכח שאנו חיים בארץ חמה ויבשה וגם זה מקשה על חולי הקראטוקונוס להרכיב את העדשות. להרבה חולים אין מוטיבציה להרכיב עדשות מגע והמוטיבציה היא הדבר המכריע בהצלחה בהרכבת עדשות מגע. מוטיבציה זו פוחתת עוד יותר כאשר מדובר בקראטוקונוס בעין אחת או שהקונוס קל בעין אחת וקשה בעין השנייה ואז החולה שעקב כך רואה טוב ללא משקפיים או בעזרת משקפיים בעין "הטובה" אינו שש להרכיב את העדשה כי הוא מתפקד די טוב ללא העדשה בעין שבה הקראטוקונוס מתקדם יותר.

מה לגבי תיקון האסטיגמטיזם או חלק ממנו באמצעות Excimer Laser שהוא הלייזר המשמש להסרת רקמה מהקרנית במטרה לתקן את הראיה, במילים פשוטות הלייזר להסרת משקפיים. למרות מה שציניתי למעלה לגבי טיפול לייזר ובקראטוקונוס קיימים דיווחים בספרות על הצלחות בטיפול לייזר בקראטוקונוס כאשר המטרה היא הפחתה של האסטיגמטיזם במטרה לשפר ולו חלקית את הראיה ולאפשר לאמצעים אחרים כמו משקפיים או עדשות לנסות להשלים את שיפור הראיה, כבר בשנות ה-90 הופיעו עבודות של Jes Mortinseñ על הנושא ולאחרונה הנושא נעשה שוב חם עקב העבודות של Kannellopopus המשלב קרוסלינינג ותיקון ראיה בלייזר כאשר הוא מגביל את כמות הרקמה שהוא מסיר מהקרנית ל-50 מיקרון בלבד (עובי הקרנית הממוצע הוא כ-530 מיקרון ובקראטוקונוס הקרניות הן בדרך כלל מתחת ל-500 מיקרון ואף מתחת ל-400 במקרים מתקדמים יותר). שוב, המטרה היא להפחית את האסטיגמטיזם.

הפתרונות הניתוחיים:

עד לפני מספר שנים הפתרון היה עדשת מגע או השתלת קרנית, אך ב-15 השנים האחרונות נחשפנו לשני טיפולים חדשים ששינו ללא היכר את הטיפול בקראטוקונוס:

הטיפול הראשון מבחינה כרונולוגית הוא השתלת טבעות:

טבעות Intacs פותחו לפני יותר מ-20 שנה במטרה לתקן קוצר ראיה, כטכניקה חלופית לתיקון הראיה בלייזר, כאשר היתרונות הן:

- 1 - לא מסירים רקמה ממרכז הקרנית
- 2 - הניתוח הפיך reversible ועל ידי שינוי קוטר הטבעת אפשר לשנות את התוצאה על פי הצורך. הניתוח אושר על ידי ה-FDA בשנות ה-90 של המאה הקודמת, לצורך תיקון קוצר ראיה.

הניתוח לא "המריא" עקב הקושי הטכני בביצועו ועקב יוקר הטבעות, כאשר מחיר הטבעות בלבד, לכל עין שווה כמעט למחיר ניתוח לייזר לתיקון ראייה. אך אותן היתרונות קיימים כאשר רוצים לשפר את הראיה בחולים הסובלים מקראטוקונוס. הניתוח הפיך, ניתן לשנות מיקום אורך ועובי הטבעות ובכך לשפר את התוצאות ולא מוסרת רקמה מהקרנית שהיא ממילא כבר דקה.

הניתוח בוצע לראשונה על ידי Joseph Colin בצרפת בשנת 1997 במטופלת שהייתה מועמדת להשתלת קרנית עקב ראייה לא טובה עם משקפיים ואי יכולת לסבול עדשות מגע. הניתוח שיפר את ראייתה ונחסך ממנה הצורך בהשתלת קרנית. במקביל לפיתוח טבעות ה-Paulo Ferrara, Intacs בברזיל פיתח בהתחלת שנות ה-90 את הטבעות שלו לתיקון קוצר ראייה גבוה ובהמשך, לשיפור הראיה אצל חולי קראטוקונוס.

הטבעות הן סהרונים מחומר פלאסטי מוכר זה עשרות שנים ברפואת עיניים. ה-PMMA (זה חומר שמשתמשים בו לייצור העדשות התוך-עיניות שמשתילים בזמן ניתוח הקטרקט). החומר אינו פעיל, אינו רעיל ולא מעורר תגובה בקרנית. הטבעות מושתלות בהרדמה מקומית המבוצעת על ידי טיפות עיניים בלבד. הניתוח נמשך מספר דקות, לא כואב ומיד אחריו משתפרת חדות הראיה בעין, ללא משקפיים, מה שנקרא (Uncorrected visual acuity (UCVA) ובעזרת משקפיים מה שנקרא (Best spectacle corrected visual acuity (BSCVA) משתפרת עוד יותר.

רוב המטופלים יכלו לסבול עדשות מגע אחרי השתלת טבעות, מה שלא יכלו לפני הניתוח וזה עקב שינוי המבנה וההשטחה של הקרנית בעקבות השתלת הטבעות.

אחוזי ההצלחה הם כ-80-90%. ב-10-20% מהמטופלים נאלצים להוציא את הטבעות עקב תזוזה של הטבעת או יציאתה או בגלל שהמטופל לא מרגיש שיפור משמעותי בראייה. לכן חשוב מאוד לפני הניתוח לתאם ציפיות עם המטופל. לא מדובר כאן בנייתו שמביא את הראיה לשלמות אלא בנייתו שנותן שיפור משמעותי בחדות הראיה (ככל שהקראטוקונוס פחות מתקדם הטבעות משפרות יותר את הראיה). הטבעות אינן מורגשות בעין ואפשר לאחר מספר שבועות להתייחס לעין כאל עין נורמאלית מבחינת האפשרות לגעת בה, לעשות ספורט, לשחות וכו'. ברור שאסור לשפשף את העיניים גם אם לא הושתלו בהן טבעות.

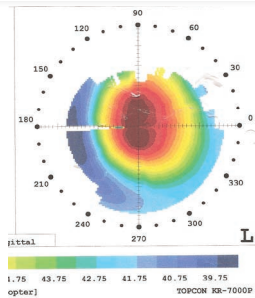
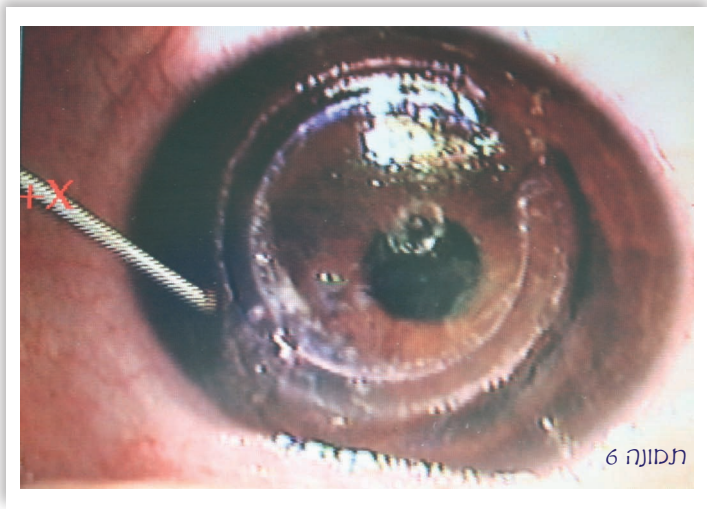
קיימים שלושה סוגים של טבעות, טבעות Intacs, טבעות Ferrara / Keraring ודגם חדש, המיועד למקרים מתקדמים של המחלה, שנקרא Intacs SK. ההבדל הוא בצורה הגאומטרית של הטבעות, לטבעות Intacs יש צורה הקסאגוואלית (משושה) ומיוצרות בעובי של 0.2-0.45 מ"מ. הקוטר שלהן הוא 7 מ"מ כלומר המרחק בין כל טבעת למרכז הקרנית הוא 3.5 מ"מ. האורך שלה הוא 150 מעלות. לטבעות Ferrara / Keraring יש צורה פיראמידאלית והן מיוצרות בקטרים של 0.15-0.35 מ"מ הקוטר שלהן הוא 5 מ"מ כך שהמרחק בין כל טבעת למרכז הקרנית הוא 2.5 מ"מ. אפשר להזמין את טבעות Ferrara / Keraring באורכים שונים: מ-90 עד 210 מעלות, כאשר הטבעת הסטנדרטית היא באורך 160 מעלות.

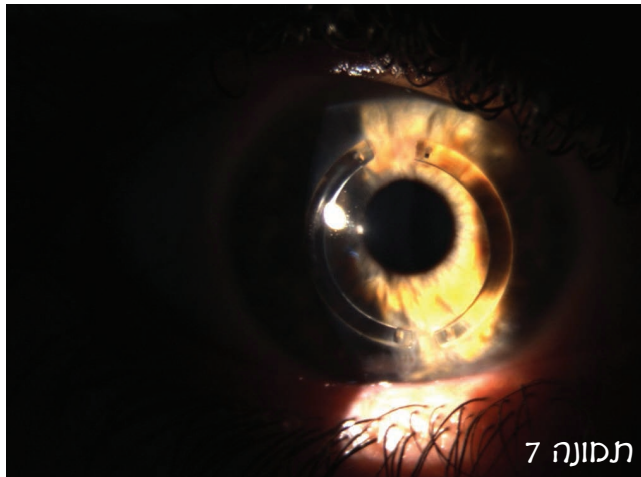
Intacs SK המיוצרות על ידי חברת Addition Technology יצרנית ה-Intacs בארצות הברית ומיועדות למקרים מתקדמים של קראטוקונוס, הן למעשה פשרה בין Intacs ל-Ferrara / Keraring הקוטר שלהן הוא 6 מ"מ, העובי 0.4-0.45 מ"מ, צורתן אובאלית והן יותר אפקטיביות מה-Intacs במקרים מתקדמים של הקראטוקונוס.

יש גם טבעות Bisantis אך למעשה הן לא קיימות בשוק. ככל שקוטר הטבעת קטן יותר כך גדלה האפקטיביות שלה וככל שהטבעת עבה יותר כך גם גדלה האפקטיביות שלה.

יש מצבים שמשתפקים בהשתלת טבעת אחת בלבד, הכול בהתאם למצב הקראטוקונוס ולטופוגרפיה של הקרנית.

טבעות Intacs מאושרות על ידי ה-FDA (ארגון המזון והתרופות האמריקאי) לתיקון קראטוקונוס כאשר המטופל לא סובל עדשות מגע ואין לו ראייה מספקת בעזרת משקפיים. סוג חדש של טבעות היא טבעת עגולה שלמה בקוטר כ-5 מ"מ ובעוביים שונים טבעת שפותחה על ידי Albert Daxer. הטבעת מושתלת לאחר פתיחת "כיס" בקרנית באמצעות להב חשמלית מיוחדת (מיקרוקראטום מיוחד) ואז מוחדרת הטבעת לקרנית. את כל הטבעות אפשר להשתיל בצורה מכאנית, כלומר לייצר את התעלות בקרנית באמצעים מכאנים שדורשים מיומנות של המנתח, ואפשר גם להשתמש ב-Femtosecond Laser ליצירת התעלות. אין הבדל בעל משמעות סטטיסטית בין שתי הטכניקות והתוצאות שוות. תמונה סס. 6 מראה קרנית מייד אחרי סיום ניתוח השתלת טבעות Intacs בשיטה המכאנית. תמונה סס 6 א' מראה טופוגרפיה לאחר השתלת טבעות (להשוות עם תמונה סס 1 ד', הטופוגרפיה נעשתה יותר רגולארית וממוקצת). תמונה סס. 7 מראה עין בה מושתלות טבעות Intacs SK. אפשר להיעזר ב-femtosecond laser גם להשתלת ה-Myoring.



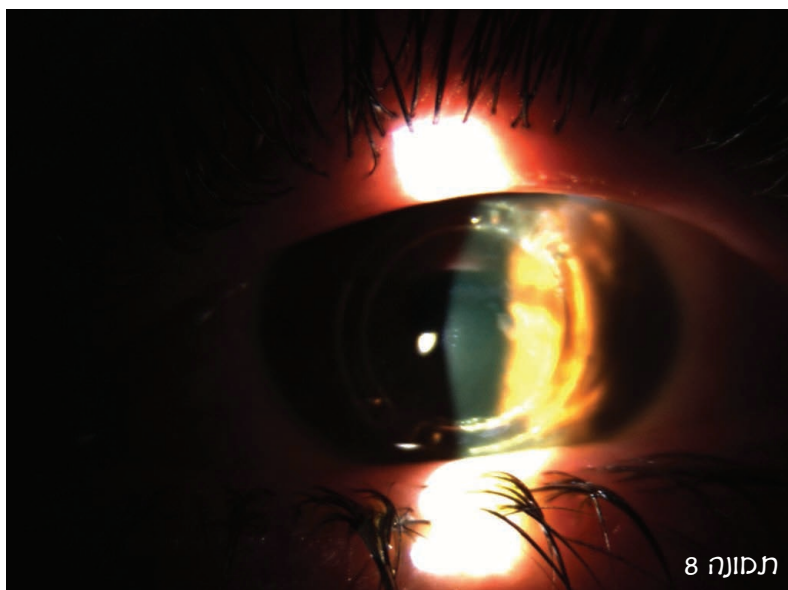


למרות שההתוויה המקורית להשתלת טבעות בקראטוקונוס היא כאשר חדות הראיה עם משקפיים אינה מספקת והחולה אינו סובל עדשות מגע, עקב הניסיון הרב שיש בתחום והתוצאות ארוכות הטווח שמדווחות בספרות ניתן להרחיב ההתוויות גם לחולים ששואפים לעצמאות מסוימת מעדשות המגע ואנשים שרוצים חדות ראייה ללא משקפיים, טובה יותר ממה שיש להם.

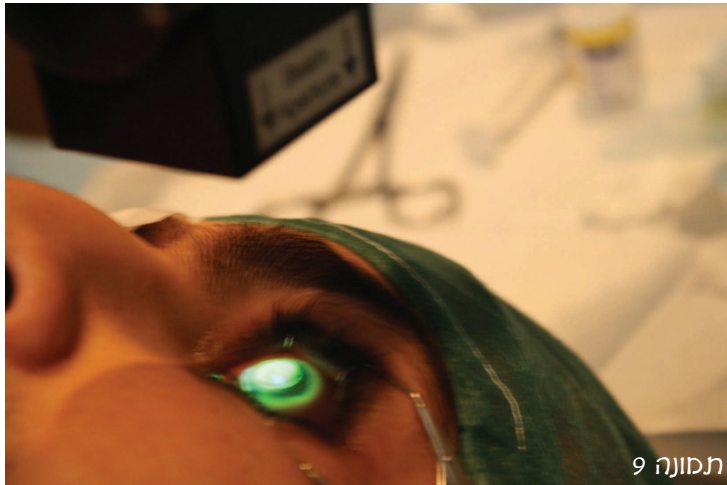
הטיפול השני אשר שינה את כל הגישה הטיפולית בקראטוקונוס הוא טיפול Cross-Linking (הצלב)

הטיפול מבוצע בעולם מזה יותר מ-10 שנים ובארץ מזה כ-5 שנים במטרה לייצב את הקרנית הסובלת מקראטוקונוס ולמנוע התדרדרות נוספת של המחלה. הרעיון הוא של Dr.Theo Seiler, ולזה יש סיפור: הרעיון בא לו כאשר היה אצל רופא שיניים וראה איך הרופא מקשיח את הסתימה בשן בעזרת אור אולטרא סגול, הוא ביצע יחד עם הקבוצה שלו הרבה עבודות במעבדה עד שהגיע לנוסחה הטיפולית העכשווית. למעשה מדובר בפוטופולמריזציה, אותו עיקרון שהופך את שמן הסיליקון לגושים. במהלך הטיפול מסירים את שיכבת האפיתל מהקרנית (השכבה השטחית) בקלות וללא כאבים, שכבה זו צומחת בחזרה תוך כ-3 ימים. לאחר מכן מזליפים טיפות ריבופלבין (ויטאמין B2) 0.1% במשך כחצי שעה בעוצמה של 3 מילי-וואט לסנטימטר מרובע. בסוף הטיפול שמים עדשת מגע רכה טיפולית על הקרנית עד ריפוי האפיתל. הטיפול מבוצע בהרדמה מקומית על ידי טיפות עיניים בלבד. אחרי הטיפול ובמשך כ-3 ימים יש כאבים, צריבה, טשטוש ודמעות. השילוב בין האור האולטרא סגול והריבופלבין משחרר יוני חמצן שמגבירים את הקשרים בין סיבי הקולגן (collagen fibers) שבקרנית. הקולגן הוא הרקמה העיקרית של הסטרומה של הקרנית. הריבופלבין לא רק גורם לשחרור יוני חמצן אלא גם סופג את האור האולטרא סגול ומונע ממנו להיכנס לחלקים הפנימיים של העין.

עוצמות האור ודרך ספיגתן בעין נבדקו בצורה קפדנית וכמות האנרגיה שמגיעה לחלקים הפנימיים של העין היא כמות זניחה ולא רעילה. הטיפול עוצר את התקדמות המחלה וברוב המקרים מפחית את האסטיגמטיזם (הצילינדר) ומשפר את חדות הראיה, אך לא זו היא מטרת הטיפול. המטרה היא לעצור את התקדמות המחלה ומבחניה זו הטיפול הוא מהפכני. השיפור הוא בנוסח שיכול להיות או לא להיות. הטיפול נמצא בשלבים מתקדמים של אישור ה-FDA (בארץ הטיפול מאושר ע"י משרד הבריאות). מניסיוני האישי במעל 300 טיפולים לא היו סיבוכים שפגעו בקרנית או בראיה. היום מבצעים טיפול משולב של השתלת טבעות וקרוס-לינקינג והמחקרים מראים אפקט סינרגטי של שני הטיפולים (ערך מוסף כששני הטיפולים משולבים יחד) כאשר הסדר הרצוי הוא השתלת טבעות לשיפור הראיה וקרוס-לינקינג לייצוב ושיפור נוסף. לאבחון המוקדם של המחלה וזיהוי ההתקדמות שלה חשיבות ממדרגה ראשונה בעידן הקרוס-לינקינג כי כן יש טיפול שיכול לעצור את התקדמות המחלה ולמנוע מהם ירידה בראיה שיכולה להוביל לצורך בהשתלת קרנית. ראה תמונה ס.8. המראה קרנית לאחר סיום ניתוח השתלת טבעות, הסרת האפיתל וזילוף טיפות ריבופלבין עד שהקרנית הפכה לצהובה עקב ספיגת הריבופלבין (זה ניתוח משולב טבעות וקרוס-לינקינג). ראה תמונה ס.9 המראה מטופלת בזמן טיפול קרוס-לינקינג.



תמונה 8



תמונה 9

השתלת קרנית חודרנית (PKP) Penetrating Keratoplasty

לפי הספרות כ-10% עד 20% מחולי הקראטוקונוס נאלצים לעבור השתלת קרנית עקב ראייה בלתי מספקת בעזרת משקפיים, אי יכולתם לסבול עדשות מגע או עקב הצטלקות של הקרנית כתוצאה מהקראטוקונוס. קראטוקונוס מהווה את הסיבה הראשונה לצורך בהשתלת קרנית בעולם המערבי. אפשר לבצע את ההשתלה בשיטה המכאנית הקלאסית או בעזרת Femtosecond Laser שהוא לייזר שחותך קרניות. שתי השיטות נותנות תוצאות מקבילות. התפתחות hydrops בקרנית, מהווה סיבה נוספת להשתלת קרנית. hydrops הינה בצקת חריפה בקרנית אשר נגרמת עקב קרע בקרום שעליו יושבים תאי האנדותרל בקרנית Descemet membrane. הקרע קורה בגלל הידקקות והיחלשות הקרנית. לרוב הבצקת חולפת לאחר מספר שבועות ומשאירה בדרך כלל צלקת בקרנית. אפשר לזרז את ההחלמה על ידי הזרקת אויר או גז (כגון Perflourcarbone) ללשכה הקדמית של העין.

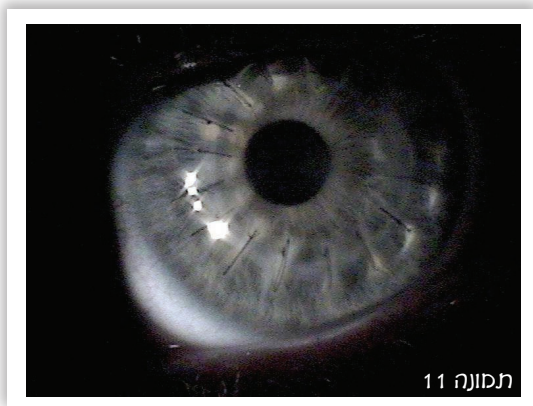
ראה תמונה 10.



ניתוח השתלת קרנית נחשב לניתוח גדול ומנסים להימנע ממנו, למרות אחוזי ההצלחה הגבוהים של הניתוח מהבחינה האנטומית - מעל 90% אחוז הצלחה. הבעיה היא בעיוות שקורה במשך הזמן בקרנית המושתלת ואשר יוצר אסטיגמטיזם גבוה (צילנדר). כמובן שקיים תמיד הסיכון של דחיית השתל.

את האסטיגמטיזם הגבוה שנוצר אפשר לתקן בעזרת לייזר כמו ניתוחים להסרת משקפיים דוגמת lasik ו-lasek, או באמצעות חתכים בקרנית בעזרת להב יהלום relaxing incisions או arcuate cuts האסטיגמטיזם שמתפתח אחרי השתלת קרנית המחייב חלק מהמנותחים לחזור שוב לעדשות מגע ותקופת ההתאוששות הארוכה מהניתוח הם חלק מהבעיות שבגללן אנו מנסים להימנע מהשתלת קרנית למרות שהרוב הגדול של המטופלים מגיעים לראיה תיפקודית בעקבות הניתוח (6\12 לפחות) ורוב התקפי הדחייה מטופלים בהצלחה מרובה. ראה תמונה סס 11.

הבעיה הנוספת היא החוסר בקרניות להשתלה ורשימות ההמתנה בבתי החולים מעידות על כך.



עוד נקודה לרעת השתלת קרנית היא השינוי בצורת העין לאחר ההשתלה עקב התפרים והצלקת של החתך הניתוחי מצד אחד ומצד שני חבלות בעין יכולות לגרום לפצע חודר הרבה יותר בקלות מאשר אצל אנשים שלא עברו השתלה. למרות הכול ניתוח השתלת קרנית נותן פתרון לאנשים שהגיעו לשלבים מתקדמים של המחלה ושהן הקרנית דקה, מעוותת ומצולקת.

גם בתחום של השתלת קרנית יש חידושים, היום קיימות שתי שיטות חדשניות להשתלת קרנית

השיטה הראשונה

היא השתלת קרנית שכבתית קדמית (**Anterior Lamellar Keratoplasty (ALK)** שבה משתילים על הקרנית הקיימת לאחר הסרת רקמה דקה מהקרנית באמצעות להב חשמלית (מיקרוקראטום) משתילים חלק קדמי מקרנית תורם עבה יותר מזה שהוסר מהקרנית הקראטוקונית, תופרים אותו ובכך משפרים את הראייה, מפחיתים את העיוות בקרנית ומחזקים אותה. ההשתלה יחסית קלה מהשתלת קרנית מלאה עם אחוז קטן יותר של דחייה של השתל אך הניתוח אינו מתאים למקרים מתקדמים מאוד של המחלה שהם עיקר החולים הצריכים השתלת קרנית.

השיטה השנייה

היא השתלת קרנית עם שמירה על השכבה הדקה הפנימית של הקרנית אצל המטופל. השתלת קרנית בשיטת הבועה הגדולה **Big Bubble Technique** שנקראת השתלת קרנית למלארית עמוקה **Deep Anterior Lamellar Keratoplasty (DAKL)**. בשיטה הזו שפיתח Mohammad Anwar מפקיסטן מפחיתים את אחוזי הדחייה עקב השארת החלק הפנימי של הקרנית של המטופל. החולה נשאר עם תאי האנדותרל שלו שהם השכבה הפנימית של הקרנית שהיא שכבה אחידה ואחראית על חלק ניכר ממקרי דחיית השתל. תאים אלו במשך הזמן פוחתים במספר ואז צריך לחזור שוב על השתלת הקרנית כי חוסר תאים אלו גורם לבצקת של הקרנית ובעקבות כך לירידה בראיה. התוצאות מבחינת הראייה מקבילות להשתלת הקרנית הקלאסית (החודרנית). לא בכל המקרים מצליחים להשתיל את הקרנית כמתוכנן בשיטה זו ואצל חלק נאלצים לעבור להשתלה הקלאסית. קיימת גם עקומת למידה של המנתח שעם הנסיון מצליח להקטין יותר ויותר את אחוז ההעברה להשתלה הקלאסית.

ניתוחי השתלת הקרנית והטבעות נעשו קלים יותר בעקבות פיתוח ה-**Femtosecond Laser** שהוא לייזר שחותך את הקרנית ומאפשר חיתוך מדויק של שכבות הקרנית. לייזר שנמצא בשימוש מזה שנים ליצירת המתלה בניתוחי lasik (כאשר יוצרים את המתלה בקרנית באמעות לייזר אז הניתוח נקרא intralasek או all laser lasik), ה-**Femtosecond Laser** מאפשר יצירת תעלות בקרנית להשתלת הטבעות. מאפשר ביצוע חתכים בקרנית וחיתוך הקרנית בואריאציות שונות על מנת להקל ולשפר את ניתוחי השתלת הקרנית והשתלת הקרנית השכבתית. התקדמות נוספת צפויה בעתיד בתחום זה.

אופציות נוספות לטיפול בקראטוקונוס :

1 - השתלת עדשה תוך-עינית על מנת לתקן את קוצר הראיה הגבוה והאסטיגמטיזם, כאשר אפשר לשלב השתלת העדשה התוך-עינית ללא הוצאת העדשה הטבעית של העין (כפי שעושים בניתוח קטרקט) עם השתלת טבעות שבעזרתן אפשר לעשות את הקרנית רגולארית עם פחות אסטיגמטיזם, דבר שמאפשר הפקת תועלת משמעותית מהשתלת העדשה התוך-עינית.

2 - Epikeratophakia - מדובר בהשתלת שכבתית (חלקית) של קרנית על הקרנית החולה ללא חיתוך, כלומר לתפור את הקרנית המושלת על הקרנית החולה לאחר הסרת שכבת האפיתל בלבד. טכניקה זו אינה פופולארית היום לאור התחליפים שהוזכרו למעלה ולאור תוצאות פחות טובות מהשתלת קרנית שכבתית או מלאה. לפני הסיכום מן הראוי להתייחס ל-**post-lasik ectasia**. מדובר בקראטוקונוס יאטרוגני iatrogenic שמתפתח בעקבות ניתוחי הלייזר לתיקון ראייה, בעיקר אחרי ניתוח laserassisted keratomileusis (lasik) ואומנם יש בספרות דיווח על ectasia לאחר שיוף שטחי של הקרנית (להבדיל מהשיוף העמוק ב-lasik), כלומר אחרי ניתוח Photorefractive keratectomy (PRK) אך סיבוך זה הוא נדיר אחרי שיוף שטחי וקורה בעיקר אחרי lasik ומכאן שמו.

אנשים הסובלים מ-post-lasik ectasia מטופלים באותה צורה כמו חולי הקראטוקונוס וכל הטיפולים שדווחו כיעילים בקראטוקונוס יעילים במצב זה, אך הציפיות אצל חולים אלו הן גבוהות יותר מאשר חולי קראטוקונוס כי אנשים אלו פנו לניתוח לתיקון ראייה בלייזר על מנת לשפר את ראייתם ללא משקפיים ובכך לשפר את איכות חייהם ובדרך כלל הראיה משתפרת לחודשים ואף לשנים ואז מופיע הסיבוך וההתדרדרות בראיה וזה מאוד מתסכל. אך כפי שצויין הפתרונות לחולי קראטוקונוס תקפים גם ל-post-lasik ectasia. בנוסף ראוי להזכיר את הטיפול בגלי רדיו conductive keratoplasty (CK) כלומר שינוי מבנה הקרנית על ידי כיווץ הקולגן באמצעות חימום הסטרומה (ל-70 מעלות צלזיוס) של הקרנית באמצעות מחט דקה בעובי של 90 מיקרון, אך השפעת הטיפול היא זמנית אפילו כשמטפלים אותו עם קרוס-לינינג.

על אותו מנגנון עובד מכשיר חדש - מכשיר ה-Keraflex. המכשיר מחמם את סיבי הקולגן של הקרנית באמצעות microwaves (גלים אינפרא-אדומים) ולאחר מכן מבצעים קרוס-לינינג בעוצמה גבוהה של 30 מילי-וואט לסנטימטר מרובע (הטיפול נמשך 3 דקות בלבד) לעומת המכשיר המקובל שעובד בעוצמה של 3 מיליווט לסנטימטר מרובע. גם חימום הקרנית באמצעות גלי מיקרו אמור להיות זמני ואין עדיין מעקב ארוך טווח כי מדובר בטיפול חדשני. לסכום: היום מאוד חשוב לאבחן את המחלה בשלבים המוקדמים על מנת לטפל בצילוב במידה ויש התדרדרות של המחלה. צריך לטפל במחלות שגורמות לשפשוף בעיניים ולחנך לא לשפשוף עיניים.

קיימים סוגים שונים של עדשות מגע במגוון רחב של חומרים וצורות שיכולים לעזור לשיפור הראיה, אך בשום אופן לא לעזור לעצירת המחלה ואם העדשות הקשות הנושמות לא מותאמות היטב הן יכולות אף לגרום להתדרדרות המחלה. השתלת טבעות לקרנית היא אופציה ניתוחית למטופל שהינה קלה יחסית והפיכה ויכולה לשפר את הראייה. לדעתי צריך לשקול השתלת טבעות לפני כל השתלת קרנית אם הקרנית אינה מצולקת והקראטוקונוס אינו מתקדם מאוד. קיימים חידושים בניתוח להשתלת קרנית שמעלים את אחוזי ההצלחה של הניתוח אך קיימת עדיין בעיה קשה בהשגת קרניות להשתלה. תמונות 1, 2, 10 ו-11 נלקחו מהויקיפדיה. שאר התמונות שייכות למחבר.

References :

1. Adel Barbara , *Textbook on Keratoconus ,New Insight , Jaypee Brothers , 2011*
2. Joseph Colin, MD, Sylvie Velou, MD Current surgical options for keratoconus J Cataract Refract Surg 2003; 29:379-386
3. Y. S. Rabinowitz, Intacs for Keratoconus, Int Ophthalmol Clin. 2010 50(3):63-76 Ophthalmol. 2010, 94(12): 1597-601.
4. Ertan A, Colin J. Intracorneal rings for keratoconus and keratectasia. J Cataract Refract Surg 2007; 33:1303-14.
5. Piñero DP, Alio JL. Intracorneal ring segments in ectatic corneal disease, Clinical and Experimental Ophthalmology 2010; 38: 154-167.
6. Experimental Ophthalmology 2011. Rabinowitz YS. Intacs for keratoconus. Int Ophthalmol Clin 2006; 46(3):91-103.
7. Güell JL, Morral M, Salinas C, Elles D, Gris O, Manero F. Intrastromal corneal ring segments to correct low myopia in eyes with irregular or abnormal topography including forme fruste keratoconus: 4-year follow-up. J Cataract Refract Surg. 2010 Jul;36(7):1149-55.
8. Colin J, Cochener B, Savary G, Malet F. Correcting keratoconus with intracorneal rings. J Cataract Refract Surg 2000; 26: 1117-22.
9. Rabinowitz YS, Li X, Ignacio TS, et al. INTACS inserts using the femtosecond laser compared to the mechanical spreader in the treatment of keratoconus. J Refract Surg. 2006;22:764-771.
10. Kymionis GD, Siganos CS, Kounis G, Astyrakakis N, Kalyvianaki MI, Pallikaris IG. Management of post-LASIK corneal ectasia with Intacs inserts. One-year results. Arch Ophthalmol. 2003; 121:322-6.
11. Siganos CS, Kymionis GD, Astyrakakis N, Pallikaris IG. Management of corneal ectasia after laser in situ keratomileusis with INTACS. J Refract Surg. 2002; 18:43-6.
12. Alió JL, Salem TF, Artola A, Osman A. Intracorneal rings to correct corneal ectasia after laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg. 2002; 28: 1568-74.
13. Kymionis GD, Tsiklis NS, Pallikaris AI, Kounis G, Diakonis VF, Astyrakakis N, et al. Long-term follow-up of Intacs for post-LASIK corneal ectasia. Ophthalmology. 2006;113:1909-1917.
14. Piñero DP, Alio JL, Uceda-Montanes A, El Kady B, Pascual I. Intracorneal ring segment implantation in corneas with post-laser in situ keratomileusis keratectasia. Ophthalmology. 2009;116:1665-1674
15. Sansanayudh W, Bahar I, Kumar NL, Shehadeh-Mashour R, Ritenour R, Singal N, et al. Intrastromal corneal ring segment SK implantation for moderate to severe keratoconus. J Cataract Refract Surg. 2010 Jan;36(1):110-3.
16. Kamburoglu G, Ertan A. Intacs implantation with sequential collagen cross-linking treatment in postoperative LASIK ectasia. J Refract Surg. 2008; 24(7):S726-9.
17. Kymionis GD, Bouzoukis DI, Portaliou DM, Pallikaris IG. New Intacs SK implantation in patients with post-laser in situ keratomileusis corneal ectasia. Cornea. 2010; 29(2):214-16.
18. Krachmer JH, Feder RS, Belin MW. Keratoconus and related noninflammatory corneal thinning disorders. Surv Ophthalmol 1984; 28:315-322.
19. Karabatsas CH, Cook SD. Topographic analysis in pellucid marginal corneal degeneration and keratoglobus. Eye 1996; 10:451-455.
20. Fronterre A, Portesani GP. Epikeratoplasty for pellucid marginal corneal degeneration. Cornea. 1991;10:450-453.
21. Kremer I, Sperber LT, Laibson PR. Pellucid marginal degeneration treated by lamellar and penetrating keratoplasty. Arch Ophthalmol. 1993;111:169-170.
22. Duran JA, Rodriguez-Ares MT, Torres D. Crescentic resection for treatment of pellucid corneal marginal degeneration. Ophthalmic Surg. 1991;22:153-156.
23. Dubroff S. Pellucid marginal corneal degeneration: report on corrective surgery. J Cataract Refract Surg. 1989, 15:89-93.
24. Speaker MG, Arentsen JJ, Laibson PR. Long-term survival of large diameter penetrating keratoplasties for keratoconus and pellucid marginal degeneration. Acta Ophthalmol Suppl. 1989; 192:17-19
25. Schanzlin DJ, Sarno EM, Robin JB. Crescentic lamellar keratoplasty for pellucid marginal degeneration. Am J Ophthalmol. 1983;96(2):253-4.
26. Varley GA, Macsai MS, Krachmer JH. The results of penetrating keratoplasty for pellucid marginal degeneration. Am J Ophthalmol. 1990; 110:149-152.
27. Rodriguez-Prats J, Galal A, Garcia-Lledo M, et al. Intracorneal rings for correction of pellucid marginal degeneration. J Cataract Refract Surg. 2003; 29:1421-1424.
28. Barbara A, Shehadeh-Masha'our R, Zvi F, Garzosi HJ. Management of pellucid marginal degeneration with intracorneal ring segments. J Refract Surg. 2005; 21:296-298.
29. Mularoni A, Torreggiani A, di Biase A, et al. Conservative treatment of early and moderate pellucid marginal degeneration; a new refractive approach with intracorneal rings. Ophthalmology. 2005; 112:660-666.
30. Ertan A, Bahadır M. Intrastromal ring segment insertion using a femtosecond laser to correct pellucid marginal corneal degeneration. J Cataract Refract Surg. 2006, 32:1710-1716.
31. Piñero DP, Alio JL, Morbelli H, Uceda-Montanes A, El Kady B, Coskunseven E, et al. Refractive and corneal aberrometric changes after intracorneal ring implantation in corneas with pellucid marginal degeneration. Ophthalmology. 2009; 116(9): 656-64.
32. Seiler T, Koufala K, Richter G. Iatrogenic keratectasia after laser in situ keratomileusis. J Refract Surg 1998, 14(3): 312-17.
33. Navas A, Ariza E, Haber A, Fermón S, Velázquez R, Suárez R. Bilateral keratectasia after photorefractive keratectomy. J Refract Surg. 2007; 23(9):941-3.
34. Reznik J, Salz JJ, Klimava A. Development of unilateral corneal ectasia after PRK with ipsilateral preoperative forme fruste keratoconus. J Refract Surg. 2008; 24(8):843-7.
35. Malecaze F, Couillet J, Calvas P, Fourni P, Am JL, Brodarty C. Corneal ectasia after photorefractive keratectomy for low myopia. Ophthalmology. 2006; 113(5):742-6.
36. Kamburoglu G, Ertan A. Intacs Implantation With Sequential Collagen Cross-linking Treatment in Postoperative LASIK Ectasia. J Refract Surg. 2008; 24:S726-S729.
37. Ertan A, Karacal H, Kamburoglu G. Refractive and Topographic Results of Transepithelial Cross-Linking Treatment in Eyes With Intacs. Cornea. 2009; 28(7):719-723.
38. Coskunseven E, Jankov MR 2nd, Hafezi F, Atun S, Arslan E, Kymionis GD. Effect of treatment sequence in combined intrastromal corneal rings and corneal collagen crosslinking for keratoconus. J Cataract Refract Surg. 2009; 35(12):2084-2091.
39. Vicente LL, Boxer Wachler BS. Factors that correlate with improvement in vision after combined Intacs and trans-epithelial corneal crosslinking. Br J Ophthalmol. 2010, 94(12): 1597-601.
40. Kymionis GD, Kontadakis GA, Naoumidis TL, Kazakos DC, Giapitzakis I, Pallikaris IG. Conductive keratoplasty followed by collagen cross-linking with riboflavin-UV-A in patients with keratoconus. Cornea. 2010 Feb;29(2):239-43