



ROYAUME DU MAROC
UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT
FACULTE DE MEDECINE
ET DE PHARMACIE
RABAT



Année: 2020

Thèse N°: 238

IMPLANTATION DES ANNEAUX INTRA CORNÉENS DANS LE TRAITEMENT DU KÉRATOCÔNE (ETUDE RÉTROSPECTIVE À PROPOS DE 73 YEUX)

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement le : / /

PAR

Madame Maroua BOUHYA

Née le 02 Janvier 1995 à Safé

Pour l'Obtention du Diplôme de
Docteur en Médecine

Mots Clés : Kératocône, Anneaux intra cornéens, Crosslinking du collagène cornéen,
Photokératectomie réfractive, Lentilles intra oculaires phaqes

Membres du Jury :

Madame Lalla Ouafae CHERKAOUI

Professeur d'Ophthalmologie

Monsieur Abdellah AMAZOUZI

Professeur d'Ophthalmologie

Monsieur Fouad EL ASRI

Professeur d'Ophthalmologie

Monsieur Yasser RIFAY

Médecin ophtalmologiste

Président

Rapporteur

Juge

Membre associé

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سبحانك لا علم لنا إلا ما علمتنا
إننا أنت العليم الحكيم

سورة البقرة: الآية: 31

بِسْمِ اللَّهِ
الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



UNIVERSITE MOHAMMED V
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
RABAT

DOYENS HONORAIRES :

1962 - 1969: Professeur Abdelmalek FARAJ
1969 - 1974: Professeur Abdellatif BERBICH
1974 - 1981: Professeur Bachir LAZRAK
1981 - 1989: Professeur Taieb CHKILI
1989 - 1997: Professeur Mohamed Tahar ALAOUI
1997 - 2003: Professeur Abdelmajid BELMAHI
2003 - 2013: Professeur Najia HAJJAJ - HASSOUNI

ADMINISTRATION :

<i>Doyen</i>	Professeur Mohamed ADNAOUI
<i>Vice-Doyen chargé des Affaires Académiques et Etudiantes</i>	Professeur Brahim LEKEHAL
<i>Vice-Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération</i>	Professeur Toufiq DAKKA
<i>Vice-Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie</i>	Professeur Younes RAHALI
<i>Secrétaire Général</i>	Mr. Mohamed KARRA

* Enseignants Militaires

1 - ENSEIGNANTS-CHERCHEURS MEDECINS ET PHARMACIENS

PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR :

Décembre 1984

Pr. MAAOUNI Abdelaziz Médecine Interne - Clinique Royale
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi Anesthésie - Réanimation
Pr. SETTAF Abdellatif Pathologie Chirurgicale

Décembre 1989

Pr. ADNAOUI Mohamed Médecine Interne - Doyen de la FMPR
Pr. OUAZZANI Taïbi Mohamed Réda Neurologie

Janvier et Novembre 1990

Pr. KHARBACH Aïcha Gynécologie - Obstétrique
Pr. TAZI Saoud Anas Anesthésie Réanimation

Février Avril Juillet et Décembre 1991

Pr. AZZOUZI Abderrahim Anesthésie Réanimation- Doyen de FMPO
Pr. BAYAHIA Rabéa Néphrologie
Pr. BELKOUCHI Abdelkader Chirurgie Générale
Pr. BENCHEKROUN Belabbes Abdellatif Chirurgie Générale
Pr. BENSOU DA Yahia Pharmacie galénique
Pr. BERRAHO Amina Ophtalmologie
Pr. BEZAD Rachid Gynécologie Obstétrique Méd. Chef Maternité des Orangers
Pr. CHERRAH Yahia Pharmacologie
Pr. CHOKAIRI Omar Histologie Embryologie
Pr. KHATTAB Mohamed Pédiatrie
Pr. SOULAYMANI Rachida Pharmacologie- Dir. du Centre National PV Rabat
Pr. TAOUFIK Jamal Chimie thérapeutique,

Décembre 1992

Pr. AHALLAT Mohamed Chirurgie Générale Doyen de FMPT
Pr. BENSOU DA Adil Anesthésie Réanimation
Pr. CHAHED OUAZZANI Laaziza Gastro-Entérologie
Pr. CHRAIBI Chafiq Gynécologie Obstétrique
Pr. EL OUAHABI Abdessamad Neurochirurgie
Pr. FELLAT Rokaya Cardiologie
Pr. JIDDANE Mohamed Anatomie
Pr. TAGHY Ahmed Chirurgie Générale
Pr. ZOUHDI Mimoun Microbiologie

Mars 1994

Pr. BENJAAFAR Noureddine Radiothérapie
Pr. BEN RAIS Nozha Biophysique
Pr. CAOUI Malika Biophysique
Pr. CHRAIBI Abdelmjid Endocrinologie et Maladies Métaboliques Doyen de la FMPA
Pr. EL AMRANI Sabah Gynécologie Obstétrique

* Enseignants Militaires

Pr. ERROUGANI Abdelkader
Pr. ESSAKALI Malika
Pr. ETTAYEBI Fouad
Pr. IFRINE Lahssan
Pr. RHRAB Brahim
Pr. SENOUCI Karima

Chirurgie Générale - Directeur du CHIS
Immunologie
Chirurgie Pédiatrique
Chirurgie Générale
Gynécologie - Obstétrique
Dermatologie

Mars 1994

Pr. ABBAR Mohamed*
Pr. BENTAHILA Abdelali
Pr. BERRADA Mohamed Saleh
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae
Pr. LAKHDAR Amina
Pr. MOUANE Nezha

Urologie Inspecteur du SSM
Pédiatrie
Traumatologie - Orthopédie
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie

Mars 1995

Pr. ABOUQUAL Redouane
Pr. AMRAOUI Mohamed
Pr. BAIDADA Abdelaziz
Pr. BARGACH Samir
Pr. EL MESNAOUI Abbes
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia
Pr. SEFIANI Abdelaziz
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

Réanimation Médicale
Chirurgie Générale
Gynécologie Obstétrique
Gynécologie Obstétrique
Chirurgie Générale
Oto-Rhino-Laryngologie
Urologie
Ophtalmologie
Génétique
Réanimation Médicale

Décembre 1996

Pr. BELKACEM Rachid
Pr. BOULANOUAR Abdelkrim
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan
Pr. GAOUZI Ahmed
Pr. OUZEDDOUN Naima
Pr. ZBIR EL Mehdi*

Chirurgie Pédiatrie
Ophtalmologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Néphrologie
Cardiologie Directeur HMI Mohammed V

Novembre 1997

Pr. ALAMI Mohamed Hassan
Pr. BIROUK Nazha
Pr. FELLAT Nadia
Pr. KADDOURI Noureddine
Pr. KOUTANI Abdellatif
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid
Pr. MAHRAOUI CHAFIQ
Pr. TOUFIQ Jallal
Pr. YOUSFI MALKI Mounia

Gynécologie-Obstétrique
Neurologie
Cardiologie
Chirurgie Pédiatrique
Urologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Psychiatrie Directeur Hôp. Ar-razi Salé
Gynécologie Obstétrique

Novembre 1998

Pr. BENOMAR ALI

Neurologie Doyen de la FMP Abulcassis

* Enseignants Militaires

Pr. BOUGTAB
Pr. ER RIHANI Hassan
Pr. BENKIRANE Majid*

Abdesslam Chirurgie Générale
Oncologie Médicale
Hématologie

Janvier 2000

Pr. ABID Ahmed*
Pr. AIT OUAMAR Hassan
Pr. BENJELLOUN Dakhama Badr.Sououd
Pr. BOURKADI Jamal-Eddine
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer
Pr. ECHARRAB El Mahjoub
Pr. EL FTOUH Mustapha
Pr. EL MOSTARCHID Brahim*
Pr. TACHINANTE Rajae
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

Pneumo-phtisiologie
Pédiatrie
Pédiatrie
Pneumo-phtisiologie *Directeur Hôp. My Youssef*
Chirurgie Générale
Chirurgie Générale
Pneumo-phtisiologie
Neurochirurgie
Anesthésie-Réanimation
Médecine Interne

Novembre 2000

Pr. AIDI Saadia
Pr. AJANA Fatima Zohra
Pr. BENAMR Said
Pr. CHERTI Mohammed
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma
Pr. EL HASSANI Amine
Pr. EL KHADER Khalid
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae

Neurologie
Gastro-Entérologie
Chirurgie Générale
Cardiologie
Anesthésie-Réanimation
Pédiatrie - *Directeur Hôp. Cheikh Zaid*
Urologie
Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Pédiatrie

Décembre 2001

Pr. BALKHI Hicham*
Pr. BENABDELJLIL Maria
Pr. BENAMAR Loubna
Pr. BENAMOR Jouda
Pr. BENELBARHDADI Imane
Pr. BENNANI Rajae
Pr. BENOUACHANE Thami
Pr. BEZZA Ahmed*
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi
Pr. BOUMDIN El Hassane*
Pr. CHAT Latifa
Pr. DAALI Mustapha*
Pr. EL HIJRI Ahmed
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid
Pr. EL MADHI Tarik
Pr. EL OUNANI Mohamed
Pr. ETTAIR Said
Pr. GAZZAZ Miloudi*
Pr. HRORA Abdelmalek
Pr. KABIRI EL Hassane*

Anesthésie-Réanimation
Neurologie
Néphrologie
Pneumo-phtisiologie
Gastro-Entérologie
Cardiologie
Pédiatrie
Rhumatologie
Anatomie
Radiologie
Radiologie
Chirurgie Générale
Anesthésie-Réanimation
Neuro-Chirurgie
Chirurgie-Pédiatrique
Chirurgie Générale
Pédiatrie - *Directeur Hôp. Univ. Cheikh Khalifa*
Neuro-Chirurgie
Chirurgie Générale *Directeur Hôpital Ibn Sina*
Chirurgie Thoracique

* Enseignants Militaires

Pr. LAMRANI Moulay Omar
Pr. LEKEHAL Brahim
Pr. MEDARHRI Jalil
Pr. MIKDAME Mohammed*
Pr. MOHSINE Raouf
Pr. NOUINI Yassine
Pr. SABBABH Farid
Pr. SEFIANI Yasser
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Traumatologie Orthopédie
Chirurgie Vasculaire Périphérique *V-D chargé Aff Acad. Est.*
Chirurgie Générale
Hématologie Clinique
Chirurgie Générale
Urologie
Chirurgie Générale
Chirurgie Vasculaire Périphérique
Pédiatrie

Décembre 2002

Pr. AL BOUZIDI Abderrahmane*
Pr. AMEUR Ahmed *
Pr. AMRI Rachida
Pr. AOURARH Aziz*
Pr. BAMOU Youssef *
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene*
Pr. BENZEKRI Laila
Pr. BENZZOUBEIR Nadia
Pr. BERNOUSSI Zakiya
Pr. CHOHO Abdelkrim *
Pr. CHKIRATE Bouchra
Pr. EL ALAMI EL Fellous Sidi Zouhair
Pr. EL HAOURI Mohamed *
Pr. FILALI ADIB Abdelhai
Pr. HAJJI Zakia
Pr. JAAFAR Abdelouhab*
Pr. KRIOUILE Yamina
Pr. MOUSSAOUI RAHALI Driss*
Pr. OUJILAL Abdelilah
Pr. RAISS Mohamed
Pr. SIAH Samir *
Pr. THIMOU Amal
Pr. ZENTAR Aziz*

Anatomie Pathologique
Urologie
Cardiologie
Gastro-Entérologie *Dir.-Adj. HMI Mohammed V*
Biochimie-Chimie
Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Dermatologie
Gastro-Entérologie
Anatomie Pathologique
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Chirurgie Pédiatrique
Dermatologie
Gynécologie Obstétrique
Ophtalmologie
Traumatologie Orthopédie
Pédiatrie
Gynécologie Obstétrique
Oto-Rhino-Laryngologie
Chirurgie Générale
Anesthésie Réanimation
Pédiatrie
Chirurgie Générale

Janvier 2004

Pr. ABDELLAH El Hassan
Pr. AMRANI Mariam
Pr. BENBOUZID Mohammed Anas
Pr. BENKIRANE Ahmed*
Pr. BOULAADAS Malik
Pr. BOURAZZA Ahmed*
Pr. CHAGAR Belkacem*
Pr. CHERRADI Nadia
Pr. EL FENNI Jamal*
Pr. EL HANCHI ZAKI
Pr. EL KHORASSANI Mohamed
Pr. HACHI Hafid

Ophtalmologie
Anatomie Pathologique
Oto-Rhino-Laryngologie
Gastro-Entérologie
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
Neurologie
Traumatologie Orthopédie
Anatomie Pathologique
Radiologie
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie
Chirurgie Générale

* Enseignants Militaires

Pr. JABOUIRIK Fatima
Pr. KHARMAZ Mohamed
Pr. MOUGHIL Said
Pr. OUBAAZ Abdelbarre *
Pr. TARIB Abdelilah*
Pr. TIJAMI Fouad
Pr. ZARZUR Jamila

Pédiatrie
Traumatologie Orthopédie
Chirurgie Cardio-Vasculaire
Ophtalmologie
Pharmacie Clinique
Chirurgie Générale
Cardiologie

Janvier 2005

Pr. ABBASSI Abdellah
Pr. ALLALI Fadoua
Pr. AMAZOUZI Abdellah
Pr. BAHIRI Rachid
Pr. BARKAT Amina
Pr. BENYASS Aatif
Pr. DOUDOUH Abderrahim*
Pr. HAJJI Leila
Pr. HESSISSEN Leila
Pr. JIDAL Mohamed*
Pr. LAAROUSSI Mohamed
Pr. LYAGOUBI Mohammed
Pr. SBIHI Souad
Pr. ZERAIDI Najia

Chirurgie Réparatrice et Plastique
Rhumatologie
Ophtalmologie
Rhumatologie *Directeur Hôp. Al Avachi Salé*
Pédiatrie
Cardiologie
Biophysique
Cardiologie (mise en disponibilité)
Pédiatrie
Radiologie
Chirurgie Cardio-vasculaire
Parasitologie
Histo-Embryologie Cytogénétique
Gynécologie Obstétrique

AVRIL 2006

Pr. ACHEMLAL Lahsen*
Pr. BELMEKKI Abdelkader*
Pr. BENCHEIKH Razika
Pr. BIYI Abdelhamid*
Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine
Pr. BOULAHYA Abdellatif*
Pr. CHENGUETI ANSARI Anas
Pr. DOGHMI Nawal
Pr. FELLAT Ibtissam
Pr. FAROUDY Mamoun
Pr. HARMOUCHE Hicham
Pr. IDRIS LAHLOU Amine*
Pr. JROUNDI Laïla
Pr. KARMOUNI Tariq
Pr. KILI Amina
Pr. KISRA Hassan
Pr. KISRA Mounir
Pr. LAATIRIS Abdelkader*
Pr. LMIMOUNI Badreddine*
Pr. MANSOURI Hamid*
Pr. OUANASS Abderrazzak
Pr. SAFI Soumaya*
Pr. SOUALHI Mouna

Rhumatologie
Hématologie
O.R.L.
Biophysique
Chirurgie - Pédiatrique
Chirurgie Cardio - Vasculaire. *Directeur Hôpital Ibn Sina Mar*
Gynécologie Obstétrique
Cardiologie
Cardiologie
Anesthésie Réanimation
Médecine Interne
Microbiologie
Radiologie
Urologie
Pédiatrie
Psychiatrie
Chirurgie - Pédiatrique
Pharmacie Galénique
Parasitologie
Radiothérapie
Psychiatrie
Endocrinologie
Pneumo - Phtisiologie

* Enseignants Militaires

Pr. TELLAL Saïda*
Pr. ZAHRAOUI Rachida

Biochimie
Pneumo - Phtisiologie

Octobre 2007

Pr. ABIDI Khalid
Pr. ACHACHI Leïla
Pr. ACHOUR Abdessamad*
Pr. AIT HOUSSA Mahdi *
Pr. AMHAJJI Larbi *
Pr. AOUI Sarra
Pr. BAITE Abdelouahed *
Pr. BALOUCH Lhousaine *
Pr. BENZIANE Hamid *
Pr. BOUTIMZINE Nourdine
Pr. CHERKAOUI Naoual *
Pr. EHIRCHIOU Abdelkader *
Pr. EL BEKKALI Youssef *
Pr. EL ABSI Mohamed
Pr. EL MOUSSAOUI Rachid
Pr. EL OMARI Fatima
Pr. GHARIB Noureddine
Pr. HADADI Khalid *
Pr. ICHOU Mohamed *
Pr. ISMAILI Nadia
Pr. KEBDANI Tayeb
Pr. LOUZI Lhoussain *
Pr. MADANI Naoufel
Pr. MAHI Mohamed *
Pr. MARC Karima
Pr. MASRAR Azlarab
Pr. MRANI Saad *
Pr. OUZZIF Ez zohra *
Pr. RABHI Monsef *
Pr. RADOUANE Bouchaïb*
Pr. SEFFAR Myriame
Pr. SEKHSOKH Yessine *
Pr. SIFAT Hassan *
Pr. TABERKANET Mustafa *
Pr. TACHFOUTI Samira
Pr. TAJDINE Mohammed Tariq*
Pr. TANANE Mansour *
Pr. TLIGUI Houssain
Pr. TOUATI Zakia

Réanimation médicale
Pneumo phtisiologie
Chirurgie générale
Chirurgie cardio vasculaire
Traumatologie orthopédie
Parasitologie
Anesthésie réanimation
Biochimie-chimie
Pharmacie clinique
Ophtalmologie
Pharmacie galénique
Chirurgie générale
Chirurgie cardio-vasculaire
Chirurgie générale
Anesthésie réanimation
Psychiatrie
Chirurgie plastique et réparatrice
Radiothérapie
Oncologie médicale
Dermatologie
Radiothérapie
Microbiologie
Réanimation médicale
Radiologie
Pneumo phtisiologie
Hématologie biologique
Virologie
Biochimie-chimie
Médecine interne
Radiologie
Microbiologie
Microbiologie
Radiothérapie
Chirurgie vasculaire périphérique
Ophtalmologie
Chirurgie générale
Traumatologie-orthopédie
Parasitologie
Cardiologie

Mars 2009

Pr. ABOUZAHIR Ali *
Pr. AGADR Aomar *
Pr. AIT ALI Abdelmounaim *

Médecine interne
Pédiatrie
Chirurgie Générale

* Enseignants Militaires

Pr. AKHADDAR Ali *
 Pr. ALLALI Nazik
 Pr. AMINE Bouchra
 Pr. ARKHA Yassir
 Pr. BELYAMANI Lahcen *
 Pr. BJIJOU Younes
 Pr. BOUHSAIN Sanae *
 Pr. BOUI Mohammed *
 Pr. BOUNAIM Ahmed *
 Pr. BOUSSOUGA Mostapha *
 Pr. CHTATA Hassan Toufik *
 Pr. DOGHMI Kamal *
 Pr. EL MALKI Hadj Omar
 Pr. EL OUENNASS Mostapha*
 Pr. ENNIBI Khalid *
 Pr. FATHI Khalid
 Pr. HASSIKOU Hasna *
 Pr. KABBAJ Nawal
 Pr. KABIRI Meryem
 Pr. KARBOUBI Lamy
 Pr. LAMSAOURI Jamal *
 Pr. MARMADE Lahcen
 Pr. MESKINI Toufik
 Pr. MESSAOUDI Nezha *
 Pr. MSSROURI Rahal
 Pr. NASSAR Ittimade
 Pr. OUKERRAJ Latifa
 Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani *

Octobre 2010

Pr. ALILOU Mustapha
 Pr. AMEZIANE Taoufiq*
 Pr. BELAGUID Abdelaziz
 Pr. CHADLI Mariama*
 Pr. CHEMSI Mohamed*
 Pr. DAMI Abdellah*
 Pr. DARBI Abdellatif*
 Pr. DENDANE Mohammed Anouar
 Pr. EL HAFIDI Naima
 Pr. EL KHARRAS Abdennasser*
 Pr. EL MAZOUZ Samir
 Pr. EL SAYEGH Hachem
 Pr. ERRABIH Ikram
 Pr. LAMALMI Najat
 Pr. MOSADIK Ahlam
 Pr. MOUJAHID Moutassir*
 Pr. NAZIH Mouna*
 Pr. ZOUAIDIA Fouad

Neuro-chirurgie
 Radiologie
 Rhumatologie
 Neuro-chirurgie *Directeur Hôp.des Spécialités*
 Anesthésie Réanimation
 Anatomie
 Biochimie-chimie
 Dermatologie
 Chirurgie Générale
 Traumatologie-orthopédie
 Chirurgie Vasculaire Périphérique
 Hématologie clinique
 Chirurgie Générale
 Microbiologie
 Médecine interne
 Gynécologie obstétrique
 Rhumatologie
 Gastro-entérologie
 Pédiatrie
 Pédiatrie
 Chimie Thérapeutique
 Chirurgie Cardio-vasculaire
 Pédiatrie
 Hématologie biologique
 Chirurgie Générale
 Radiologie
 Cardiologie
 Pneumo-Phtisiologie

Anesthésie réanimation
 Médecine Interne *Directeur ERSSM*
 Physiologie
 Microbiologie
 Médecine Aéronautique
 Biochimie- Chimie
 Radiologie
 Chirurgie Pédiatrique
 Pédiatrie
 Radiologie
 Chirurgie Plastique et Réparatrice
 Urologie
 Gastro-Entérologie
 Anatomie Pathologique
 Anesthésie Réanimation
 Chirurgie Générale
 Hématologie
 Anatomie Pathologique

* Enseignants Militaires

Decembre 2010

Pr. ZNATI Kaoutar

Anatomie Pathologique

Mai 2012

Pr. AMRANI Abdelouahed

Chirurgie pédiatrique

Pr. ABOUELALAA Khalil *

Anesthésie Réanimation

Pr. BENCHEBBA Driss *

Traumatologie-orthopédie

Pr. DRISSI Mohamed *

Anesthésie Réanimation

Pr. EL ALAOUI MHAMDI Mouna

Chirurgie Générale

Pr. EL OUAZZANI Hanane *

Pneumophtisiologie

Pr. ER-RAJI Mounir

Chirurgie Pédiatrique

Pr. JAHID Ahmed

Anatomie Pathologique

Pr. RAISSOUNI Maha *

Cardiologie

Février 2013

Pr. AHID Samir

Pharmacologie

Pr. AIT EL CADI Mina

Toxicologie

Pr. AMRANI HANCHI Laila

Gastro-Entérologie

Pr. AMOR Mourad

Anesthésie Réanimation

Pr. AWAB Almahdi

Anesthésie Réanimation

Pr. BELAYACHI Jihane

Réanimation Médicale

Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain

Anesthésie Réanimation

Pr. BENCHEKROUN Laila

Biochimie-Chimie

Pr. BENKIRANE Souad

Hématologie

Pr. BENNANA Ahmed*

Informatique Pharmaceutique

Pr. BENSghIR Mustapha *

Anesthésie Réanimation

Pr. BENYAHIA Mohammed *

Néphrologie

Pr. BOUATIA Mustapha

Chimie Analytique et Bromatologie

Pr. BOUABID Ahmed Salim*

Traumatologie orthopédie

Pr. BOUTARBOUCH Mahjouba

Anatomie

Pr. CHAIB Ali *

Cardiologie

Pr. DENDANE Tarek

Réanimation Médicale

Pr. DINI Nouzha *

Pédiatrie

Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Mohamed Ali

Anesthésie Réanimation

Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa

Radiologie

Pr. ELFATEMI Nizare

Neuro-chirurgie

Pr. EL GUERROUJ Hasnae

Médecine Nucléaire

Pr. EL HARTI Jaouad

Chimie Thérapeutique

Pr. EL JAOUDI Rachid *

Toxicologie

Pr. EL KABABRI Maria

Pédiatrie

Pr. EL KHANNOUSSI Basma

Anatomie Pathologique

Pr. EL KHLOUFI Samir

Anatomie

Pr. EL KORAICHI Alae

Anesthésie Réanimation

Pr. EN-NOUALI Hassane *

Radiologie

Pr. ERRGUIG Laila

Physiologie

Pr. FIKRI Meryem

Radiologie

Pr. GHFIR Imade

Médecine Nucléaire

* Enseignants Militaires

Pr. IMANE Zineb
 Pr. IRAQI Hind
 Pr. KABBAJ Hakima
 Pr. KADIRI Mohamed *
 Pr. LATIB Rachida
 Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra
 Pr. MEDDAH Bouchra
 Pr. MELHAOUI Adyl
 Pr. MRABTI Hind
 Pr. NEJJARI Rachid
 Pr. OUBEJJA Houada
 Pr. OKABLI Mohamed *
 Pr. RAHALI Younes
 Pr. RATBI Ilham
 Pr. RAHMANI Mounia
 Pr. REDA Karim *
 Pr. REGRAGUI Wafa
 Pr. RKAIN Hanan
 Pr. ROSTOM Samira
 Pr. ROUAS Lamiaa
 Pr. ROUIBAA Fedoua *
 Pr. SALIHOUN Mouna
 Pr. SAYAH Rochde
 Pr. SEDDIK Hassan *
 Pr. ZERHOUNI Hicham
 Pr. ZINE Ali *

Pédiatrie
 Endocrinologie et maladies métaboliques
 Microbiologie
 Psychiatrie
 Radiologie
 Médecine Interne
 Pharmacologie
 Neuro-chirurgie
 Oncologie Médicale
 Pharmacognosie
 Chirurgie Pédiatrique
 Anatomie Pathologique
 Pharmacie Galénique *Vice-Doyen à la Pharmacie*
 Génétique
 Neurologie
 Ophtalmologie
 Neurologie
 Physiologie
 Rhumatologie
 Anatomie Pathologique
 Gastro-Entérologie
 Gastro-Entérologie
 Chirurgie Cardio-Vasculaire
 Gastro-Entérologie
 Chirurgie Pédiatrique
 Traumatologie Orthopédie

AVRIL 2013

Pr. EL KHATIB MOHAMED KARIM *

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale

MARS 2014

Pr. ACHIR Abdellah
 Pr. BENCHAKROUN Mohammed *
 Pr. BOUCHIKH Mohammed
 Pr. EL KABBAJ Driss *
 Pr. EL MACHTANI IDRISSE Samira *
 Pr. HARDIZI Houyam
 Pr. HASSANI Amale *
 Pr. HERRAK Laila
 Pr. JANANE Abdellah *
 Pr. JEAIDI Anass *
 Pr. KOUACH Jaouad*
 Pr. LEMNOUER Abdelhay*
 Pr. MAKRAM Sanaa *
 Pr. OULAHYANE Rachid*
 Pr. RHISSASSI Mohamed Jaafar
 Pr. SEKKACH Youssef*
 Pr. TAZI MOUKHA Zakia

Chirurgie Thoracique
 Traumatologie- Orthopédie
 Chirurgie Thoracique
 Néphrologie
 Biochimie-Chimie
 Histologie- Embryologie-Cytogénétique
 Pédiatrie
 Pneumologie
 Urologie
 Hématologie Biologique
 Gynecologie-Obstétrique
 Microbiologie
 Pharmacologie
 Chirurgie Pédiatrique
 CCV
 Médecine Interne
 Gynecologie-Obstétrique

* Enseignants Militaires

DECEMBRE 2014

Pr. ABILKACEM Rachid*	Pédiatrie
Pr. AIT BOUGHIMA Fadila	Médecine Légale
Pr. BEKKALI Hicham *	Anesthésie-Réanimation
Pr. BENAZZOU Salma	Chirurgie Maxillo-Faciale
Pr. BOUABDELLAH Mounya	Biochimie-Chimie
Pr. BOUCHRIK Mourad*	Parasitologie
Pr. DERRAJI Soufiane*	Pharmacie Clinique
Pr. DOBLALI Taoufik	Microbiologie
Pr. EL AYOUBI EL IDRISSE Ali	Anatomie
Pr. EL GHADBANE Abdedaim Hatim*	Anesthésie-Réanimation
Pr. EL MARJANY Mohammed*	Radiothérapie
Pr. FEJJAL Nawfal	Chirurgie Réparatrice et Plastique
Pr. JAHIDI Mohamed*	O.R.L
Pr. LAKHAL Zouhair*	Cardiologie
Pr. OUDGHIRI NEZHA	Anesthésie-Réanimation
Pr. RAMI Mohamed	Chirurgie Pédiatrique
Pr. SABIR Maria	Psychiatrie
Pr. SBAI IDRISSE Karim*	Médecine préventive, santé publique et Hyg.

AOÛT 2015

Pr. MEZIANE Meryem	Dermatologie
Pr. TAHIRI Latifa	Rhumatologie

PROFESSEURS AGREGES :

JANVIER 2016

Pr. BENKABBOU Amine	Chirurgie Générale
Pr. EL ASRI Fouad*	Ophthalmologie
Pr. ERRAMI Noureddine*	O.R.L
Pr. NITASSI Sophia	O.R.L

JUIN 2017

Pr. ABBI Rachid*	Microbiologie
Pr. ASFALOU Ilyasse*	Cardiologie
Pr. BOUAYTI El Arbi*	Médecine préventive, santé publique et Hyg.
Pr. BOUTAYEB Saber	Oncologie Médicale
Pr. EL GHISSASSI Ibrahim	Oncologie Médicale
Pr. HAFIDI Jawad	Anatomie
Pr. OURAINI Saloua*	O.R.L
Pr. RAZINE Rachid	Médecine préventive, santé publique et Hyg.
Pr. ZRARA Abdelhamid*	Immunologie

NOVEMBRE 2018

Pr. AMELLAL Mina	Anatomie
Pr. SOULY Karim	Microbiologie
Pr. TAHRI Rajae	Histologie-Embryologie-Cytogénétique

* Enseignants Militaires

NOVEMBRE 2019

Pr. AATIF Taoufiq *	Néphrologie
Pr. ACHBOUK Abdelhafid *	Chirurgie Réparatrice et Plastique
Pr. ANDALOUSSI SAGHIR Khalid *	Radiothérapie
Pr. BABA HABIB Moulay Abdellah *	Gynécologie-obstétrique
Pr. BASSIR RIDA ALLAH	Anatomie
Pr. BOUATTAR TARIK	Néphrologie
Pr. BOUFETTAL MONSEF	Anatomie
Pr. BOUCHENTOUF Sidi Mohammed *	Chirurgie Générale
Pr. BOUZELMAT Hicham *	Cardiologie
Pr. BOUKHRIS Jalal *	Traumatologie-orthopédie
Pr. CHAFRY Bouchaïb *	Traumatologie-orthopédie
Pr. CHAHDI Hafsa *	Anatomie Pathologique
Pr. CHERIF EL ASRI Abad *	Neurochirurgie
Pr. DAMIRI Amal *	Anatomie Pathologique
Pr. DOGHMI Nawfal *	Anesthésie-réanimation
Pr. ELALAOUI Sidi-Yassir	Pharmacie Galénique
Pr. EL ANNAZ Hicham *	Virologie
Pr. EL HASSANI Moulay EL Mehdi *	Gynécologie-obstétrique
Pr. EL HJOUJI Aabderrahman *	Chirurgie Générale
Pr. EL KAOUI Hakim *	Chirurgie Générale
Pr. EL WALI Abderrahman *	Anesthésie-réanimation
Pr. EN-NAFAA Issam *	Radiologie
Pr. HAMAMA Jalal *	Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
Pr. HEMMAOUI Bouchaïb *	O.R.L
Pr. HJIRA Naoufal *	Dermatologie
Pr. JIRA Mohamed *	Médecine Interne
Pr. JNIE NE Asmaa	Physiologie
Pr. LARAQUI Hicham *	Chirurgie Générale
Pr. MAHFOUD Tarik *	Oncologie Médicale
Pr. MEZIANE Mohammed *	Anesthésie-réanimation
Pr. MOUTAKI ALLAH Younes *	Chirurgie Cardio-vasculaire
Pr. MOUZARI Yassine *	Ophtalmologie
Pr. NAOUI Hafida *	Parasitologie-Mycologie
Pr. OBTEL Majdouline	Médecine préventive, santé publique et Hyg.
Pr. OURRAI Abdelhakim *	Pédiatrie
Pr. SAOUAB Rachida *	Radiologie
Pr. SBITTI Yassir *	Oncologie Médicale
Pr. ZADDOUG Omar *	Traumatologie Orthopédie
Pr. ZIDOUH Saad *	Anesthésie-réanimation

* Enseignants Militaires

2 - ENSEIGNANTS-CHERCHEURS SCIENTIFIQUES

PROFESSEURS/Prs. HABILITES

Pr. ABOUDRAR Saadia	Physiologie
Pr. ALAMI OUHABI Naima	Biochimie-chimie
Pr. ALAOUI KATIM	Pharmacologie
Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma	Histologie-Embryologie
Pr. ANSAR M'hammed	Chimie Organique et Pharmacie Chimique
Pr .BARKIYOU Malika	Histologie-Embryologie
Pr. BOUHOUCHE Ahmed	Génétique Humaine
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz	Applications Pharmaceutiques
Pr. CHAHED OUZZANI Lalla Chadia	Biochimie-chimie
Pr. DAKKA Taoufiq	Physiologie
Pr. FAOUZI Moulay El Abbes	Pharmacologie
Pr. IBRAHIMI Azeddine	Biologie moléculaire/Biotechnologie
Pr. KHANFRI Jamal Eddine	Biologie
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med	Chimie Organique
Pr. REDHA Ahlam	Chimie
Pr. TOUATI Driss	Pharmacognosie
Pr. YAGOUBI Maamar	Environnement,Eau et Hygiène
Pr. ZAHIDI Ahmed	Pharmacologie

Mise à jour le 11/06/2020

KHALED Abdellah

Chef du Service des Ressources Humaines

FMPR

* Enseignants Militaires



DEDICACES

A Allah Tout puissant

Qui m'a guidé dans le bon chemin

Je Vous dois ce que je suis devenue

Louanges et remerciements

Pour votre clémence et miséricorde

A ma très chère mère

Zoubida EL FAID

*Aucune dédicace ne pourrait exprimer la profondeur de l'amour et le respect
que je te porte*

*Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien
mes études.*

*Tu as guidé mes premiers pas et tu étais toujours une source intarissable
d'amour et de sacrifice.*

*Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon
chemin dans leur vie et leurs études.*

*Que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de
l'esprit et te protège de tout mal.*

Je t'aime très fort maman

A mon très cher père

Abdelilah BOUHYA

Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soit-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance.

Tu as su m'inculquer les valeurs nobles de la vie, m'apprendre le sens du travail, de l'honnêteté, et de l'optimisme.

Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite et font de moi ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain.

Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté.

Que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.

Je t'aime très fort papa.

À ma chère sœur

Maryeme BOUHYA

Pour le soutien et le dévouement dont tu m'as fait preuve le long de mes études et au cours de la réalisation de ce travail.

Qu'il soit le témoignage de mon affection et la récompense de tes sacrifices.

Tu as toujours été pour moi la sœur, la meilleure amie et la confidente sur qui je peux compter.

Je te souhaite tout le bonheur et le succès que tu mérites.

Love you punkin

A la mémoire de mes grands- parents maternels

Vous êtes et vous resterez toujours présents dans mon cœur.

*Que la clémence de Dieu règne sur vous et que sa miséricorde apaise vos
âmes.*

A mes grands-parents paternels

*Ces quelques lignes ne sauraient exprimer toute l'affection et tout l'amour
que je vous dois.*

Que dieu vous préserve et vous accorde santé et prospérité.

A tous les membres de ma famille, petits et grands

*Veillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection la
plus sincère.*

À Mes Amis (es) et collègues

*Ayoub BOUTEYINE, Driss AZZOUZI, Mouad Ahmed AZIZI, Noura
AIT YOUSSEF, Sara BOUDEBZA, Sara MOUJTAHID, Soukaina
ELKABOUSSE, Taha BOUTAJ. Yassine SABIL.*

*Qui m'ont procuré tant de joies et de bonheur, je vous dédie ce travail en
témoignage de notre amitié que j'espère durera toute la vie.*

Je vous souhaite beaucoup de bonheur et de réussite dans votre vie.

*À TOUS CEUX QUI ME SONT CHERS, ET QUE J'AI
INVOLONTAIREMENT OMIS DE CITER.*



REMERCIEMENTS

A Notre maitre et président de thèse

Madame Lalla Ouafae CHERKAOUI

Professeur d'ophtalmologie

Hôpital des Spécialités-Rabat

C'est un honneur que vous nous faites en acceptant la présidence de notre jury de thèse.

Votre savoir, votre compétence et vos qualités humaines ont suscité en nous une grande admiration, et sont un exemple à suivre.

Veillez accepter, chère Maître, l'assurance de notre estime et de notre profond respect.

A Notre maitre et rapporteur de thèse
Monsieur le Professeur Abdellah AMAZOUZI
Professeur d'ophtalmologie
Hôpital des Spécialités-Rabat

Je vous remercie vivement de m'avoir fait honneur de diriger ce travail.

Sans votre Clairvoyance et vos corrections méticuleuses, ce travail n'aurait pu être préparé et dirigé dans des conditions favorables.

Je vous remercie pour vos qualités humaines et professionnelles ainsi que pour votre disponibilité dont vous avez fait preuve en m'accueillant en toutes circonstances.

Veillez cher Maître, trouvez dans ce travail l'expression de ma grande estime et mes sentiments les plus sincères.

A notre maitre et juge de thèse
Monsieur le Professeur FOUAD ELASRI
Professeur agrégé d'ophtalmologie
HMIMV-Rabat

*Nous sommes très émus par la spontanéité avec laquelle vous avez accepté
de juger notre travail.*

Nous sommes très honorés par votre présence parmi notre jury de thèse.

*Trouvez ici, cher maître, le témoignage de notre gratitude et nos respectueux
sentiments.*

A notre membre associé

Docteur Yasser RIFAY

Médecin ophtalmologiste

Rabat

Nous vous remercions pour votre accueil, votre attention et votre aide précieuse dans l'élaboration de ce travail.

Nous avons eu auprès de vous le conseiller et le guide qui nous a reçus en toute circonstance avec sympathie, sourire et bienveillance.

Votre amabilité, votre compétence pratique, vos qualités humaines et professionnelles nous inspirent une admiration et un grand respect.

Nous voudrions être dignes de la confiance que vous nous avez accordée et vous prions de trouver ici le témoignage de notre sincère reconnaissance et profonde gratitude



LISTE DES ABREVIATIONS

Liste des abréviations

AIC	: Anneaux intra-cornéens
ATB	: Antibiotiques
AV	: Acuité visuelle
AVNC	: Acuité visuelle non corrigée
CAIRS	: Corneal allogenic intrastromal rings
CXL	: Cross-linking du collagène cornéen
D	: Dioptries
ES	: Equivalent sphérique
FS	: Femtoseconde
HOA	: High Order Aberrations (Aberrations de haut degré)
Kc	: Kératocône
Km	: Kératométrie moyenne
Kmax	: Kératométrie maximale
LC	: Lentilles de contact
LIOP	: Lentilles intraoculaires phaques
LRPG	: Lentilles rigides perméables au gaz
M	: Mécanique
MAVC	: Meilleure acuité visuelle corrigée
OCT	: Tomographie par cohérence optique

Pachy min : Pachymétrie minimale

PKR : Photokératectomie réfractive

PMMA : Poly (méthacrylate de méthyle)

Q value : coefficient d'asphéricité cornéenne

Q ant : coefficient d'asphéricité cornéenne antérieur

Q post : coefficient d'asphéricité cornéenne postérieur

SimKavg : kératométrie simulée moyenne

TransPKR : Photokératectomie réfractive trans-épithéliale



***LISTE
DES ILLUSTRATIONS***

Liste des figures

Figure 1: Répartition des patients kératocôniques bénéficiant d'une implantation des AIC seule ou combinée selon l'âge.	10
Figure 2: Répartition des patients selon le sexe.	11
Figure 3: Pourcentage des yeux kératocôniques traités par chaque acte.	13
Figure 4: Distribution du sexe des patients selon la méthode thérapeutique.	14
Figure 5: Evolution des acuités visuelles au cours du suivi postopératoire.....	23
Figure 6 : Evolution de la kératométrie maximale au cours du suivi postopératoire...	24
Figure 7: Evolution de la pachymétrie minimale au cours du suivi postopératoire.	25
Figure 8: Evolution des coefficients d'asphéricité cornéenne antérieur et postérieur au cours du suivi postopératoire.	26
Figure 9: Anneau intra cornéen de 340°.	28
Figure 10: Les principes d'action des anneaux intra cornéens	30
Figure 11: La loi de Barraquer	30
Figure 12: La différence des Q value préopératoire et postopératoire (ΔQ) selon l'épaisseur de l'anneau implanté	37
Figure 13: Lâchage de succion.	47
Figure 14: Abscès de cornée sur AIC (a) avec atteinte de sa partie supérieure(b).	53
Figure 15: Interruption du cycle de décompensation dans le kératocône par les anneaux intra-cornéens	72

Liste des tableaux

Tableau I: Répartition des patients selon le sexe.	11
Tableau II: Nombre des cas traités selon l'acte réalisé.	12
Tableau III: l'âge moyen des patients selon l'acte réalisé.	13
Tableau IV: Distribution du sexe des patients selon la méthode thérapeutique.	14
Tableau V: les acuités visuelles moyennes préopératoires selon la méthode thérapeutique.	15
Tableau VI: Les données topographiques préopératoires selon la méthode thérapeutique.	16
Tableau VII: les résultats visuels postopératoires selon l'acte.	16
Tableau VIII: les résultats topographiques postopératoires.	17
Tableau IX: Comparaison des résultats pré- et postopératoires pour les AIC seuls.	19
Tableau X: Comparaison des résultats pré- et postopératoires chez les patients ayant bénéficié d'une implantation d'AIC sur ATCD de CXL.	19
Tableau XI: Comparaison des résultats pré- et postopératoires chez les patients ayant bénéficié du traitement séquentiel CXL puis AIC.	21
Tableau XII: Comparaison des résultats pré- et postopératoires pour AIC + LIOP.	21
Tableau XIII: Comparaison des résultats pré- et postopératoires du cas ayant bénéficié du traitement séquentiel AIC puis CXL.	22
Tableau XIV: Les résultats visuels jusqu'à 06 mois du postopératoire.	23
Tableau XV: les résultats topographiques au cours du suivi.	24
Tableau XVI: Les particularités des différents modèles d'anneaux intra cornéens	34
Tableau XVII : La classification d'Alfonso.	39

Tableau XVIII: Sélection de l'implant en fonction de l'astigmatisme pour le type 1.....	40
Tableau XIX: Sélection de l'implant en fonction de la magnitude de l'astigmatisme pour le type 2 avec une Km < 52D.	41
Tableau XX: Sélection de l'implant en fonction de la valeur de la Km pour le type 2 avec une Km > 52D.	41
Tableau XXI: Sélection de l'implant pour le sous-type 3A avec une Km < 52D.	42
Tableau XXII: Sélection de l'implant pour le sous-type 3A avec une Km > 52D.....	42
Tableau XXIII: Sélection de l'implant pour le sous-type 3B.....	42
Tableau XXIV: Sélection de l'implant pour le type 4.....	42
Tableau XXV: Sélection de l'implant pour le type 5 avec un astigmatisme.....	43
Tableau XXVI: les axes de l'implantation selon le type du kératocône.	43
Tableau XXVII: les caractéristiques des études évaluant les complications.	44
Tableau XXVIII: Comparaison de l'incidence des complications peropératoires dans différentes études.	49
Tableau XXIX: Incidence des complications postopératoires dans différentes études.....	56
Tableau XXX: Caractéristiques des études évaluant les résultats de la pose des AIC.....	59
Tableau XXXI: Comparaison des AVNC moyennes pré- et postopératoires dans différentes études.	60
Tableau XXXII: Comparaison des MAVC moyennes pré- et postopératoires dans différentes études.	61

Tableau XXXIII: Comparaison des résultats kératométriques dans différentes études.....	62
Tableau XXXIV: Comparaison des pachymétries minimales pré- et postopératoires dans différentes études.	63
Tableau XXXV : Comparaison des Q values pré- et postopératoires dans différentes études.	65
Tableau XXXVI: Les caractéristiques des études à long terme.	66
Tableau XXXVII: Comparaison des résultats des AVNC à long terme dans différentes études.	67
Tableau XXXVIII: Comparaison des résultats des MAVC à long terme dans différentes études.	68
Tableau XXXIX: Comparaison des valeurs kératométriques à long terme dans différentes études.	70
Tableau XL: Comparaison des résultats du traitement séquentiel CXL suivi d'AIC..	75
Tableau XLI: Les résultats du traitement séquentiel AIC puis CXL dans différentes études.....	78
Tableau XLII: Les résultats du traitement simultané AIC + CXL dans différentes études.....	80
Tableau XLIII: Les résultats du traitement séquentiel AIC puis implants phaques. ..	84



SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
MATERIELS ET METHODES	4
I. Présentation de l'étude	5
II. Protocole de l'examen	6
III. Technique de l'implantation des anneaux intra cornéens	7
IV. Analyse statistique	8
RESULTATS	9
I. Données démographiques	10
1. Age	10
2. Sexe	11
II. Données préopératoires	12
1. Nombre des cas traités par chaque acte	12
2. Age des patients traités par chaque acte	13
3. Sexe des patients traités par chaque acte	14
4. Résultats visuels	15
5. Résultats topographiques	15
III. Données postopératoires	16
1. Résultats visuels	16
2. Résultats topographiques	17
3. Complications peropératoires et postopératoires immédiates	17

IV. Comparaison des résultats pré- et postopératoires selon l'acte	18
1. AIC seuls	18
2. Traitements combinés	19
2.1. AIC sur ATCD de CXL	19
2.2. CXL puis AIC	20
2.3. AIC + LIOP	21
2.4. AIC puis CXL	22
V. Suivi à court terme	22
1. Les résultats visuels	23
2. Les résultats topographiques	24
3. Complications postopératoires au cours du suivi	26
DISCUSSION	27
I. Généralités sur les anneaux intra cornéens	28
1. Définition	28
2. Historique	29
3. Mécanismes d'action	29
4. Techniques chirurgicales	31
4.1. Technique mécanique ou manuelle	31
4.2. Technique assistée au Laser Femtoseconde	31
5. Indications et Contre-indications	32
6. Types	33

7. Nomogrammes d'implantation	34
7.1. Le nomogramme de 4 ^{ème} génération de Ferrara	35
7.2. Le nouveau nomogramme Keraring 2018	37
7.3. La personnalisation du planning chirurgical	44
7.4. Le planning chirurgical dans notre étude	44
8. Complications	44
8.1. Complications peropératoires	46
8.2. Complications postopératoires précoces	49
8.3. Complications post-opératoires tardives	55
8.4. Les complications dans notre étude	56
9. Prédiction des résultats de l'implantation des AIC	57
II. L'implantation des anneaux intra cornéens seule	58
1. Les résultats visuels	60
2. Les résultats réfractifs	61
3. Résultats topographiques	62
3.1. La kératométrie	62
3.2. La pachymétrie	63
3.3. Le coefficient d'asphéricité cornéenne (Q value)	63
4. Les résultats aberrométriques	65
5. Résultats à long terme	66
III. Méthodes combinées	71

1. AIC + CXL	71
1.1. Séquence CXL puis AIC	74
1.2. Séquence AIC puis CXL	77
1.3. AIC et CXL simultanés	79
2. AIC + PKR topo-guidée	81
3. AIC+ implants plaques	83
4. Les multiples combinaisons	85
IV. Limites de l'étude	85
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	86
RESUMES	88
BIBLIOGRAPHIE	92



INTRODUCTION

Le kératocône (Kc) est une ectasie bilatérale, non inflammatoire et progressive de la cornée, d'origine multifactorielle. Il est caractérisé par un amincissement stromal ayant pour conséquences une protrusion cornéenne, une baisse de l'acuité visuelle (AV), et des aberrations optiques de haut degré (HOA) [1, 2].

Il débute généralement à l'adolescence, mais se manifeste plus fréquemment au cours de la deuxième décennie de la vie, et progresse de manière variable jusqu'à la quatrième décennie où il se stabilise généralement [3-5].

Il s'agit de la maladie ectasique la plus fréquente, avec une incidence annuelle estimée à 2 sur 100 000 et une prévalence de 54,5 sur 100 000 [4]. Sa fréquence, en particulier dans sa forme fruste, a considérablement augmenté ces dernières années. En effet, sa recherche est devenue systématique lors des bilans préopératoires de chirurgie réfractive et s'appuie sur des scores très précis d'analyses des données cornés-topographiques [6].

Le Kc a bénéficié de nombreuses avancées diagnostiques et thérapeutiques ; ainsi, plusieurs options thérapeutiques sont disponibles. Sa gestion repose, en première intention, sur la correction optique par les lunettes ou sur l'adaptation des lentilles rigides perméables au gaz (LRPG) [7] ou des lentilles sclérales [8], et en deuxième intention, sur la pose d'anneaux intra cornéens (AIC) [9]. Le Crosslinking du collagène cornéen (CXL), la photokératectomie réfractive trans-épithéliale (TransPKR) topoguidée, et les lentilles intraoculaires phaqes (LIOP) peuvent être également utilisés seuls ou en association avec les AIC conférant une stabilisation de la maladie et des meilleures améliorations visuelles et réfractives. La kératoplastie, lamellaire antérieure, voire transfixiante, arrive en dernier recours [10].

La prise en charge du Kc doit être, donc, personnalisée en fonction de ses caractéristiques et du choix du patient [11].

Les anneaux intra cornéens, initialement introduits par Barraquer en 1949 pour corriger la myopie [12] et proposés pour la première fois dans la gestion du Kc par Prof. Joseph Colin en 2000[9], sont des petits segments de poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA) semi-circulaires ou circulaires rigides qui seront implantés dans le stroma cornéen induisant une amélioration de la géométrie de la cornée kératocônique [13]. Il a été bien démontré que l'implantation des AIC permet d'améliorer l'acuité visuelle, de diminuer les valeurs kératométriques et les erreurs sphéro-cylindriques, et de réduire les HOA [14].

Leur efficacité dépend de plusieurs facteurs : l'âge du patient, les caractéristiques préopératoires du Kc, le type de l'AIC à implanter, la technique chirurgicale, et le nomogramme d'implantation.

L'utilisation des lasers femtoseconde (c.à.d. la réalisation automatisée du tunnel et de l'incision d'entrée) a permis de faciliter la pose des AIC et de diminuer l'incidence des complications postopératoires [15].

Cependant, le manque des guidelines dans le choix thérapeutique et la faible prédictibilité des résultats visuels, réfractifs, et topographiques, restent un challenge pour les ophtalmologistes traitant les yeux kératocôniques par les AIC [16, 17].

L'objectif de notre étude est d'évaluer les résultats visuels et topographiques de l'implantation des AIC dans le cadre de la prise en charge du kératocône en utilisant une méthode customisée pour le planning chirurgical.



***MATERIELS
ET
METHODES***

I. Présentation de l'étude :

Il s'agit d'une étude rétrospective qui a porté sur 73 yeux de 60 patients atteints de kératocône et traités par des anneaux intra cornéens seuls ou en association avec le crosslinking ou l'implantation de lentilles intraoculaires.

La période de l'étude s'est étalée sur 2 ans : entre janvier 2018 et mars 2020.

Ont été inclus dans notre étude tous les patients atteints d'un Kc modéré ou avancé ne tolérant pas ou refusant le port de lentilles de contact avec une acuité visuelle corrigée avec lunettes inférieure à 0.6, sans antécédents de maladie auto-immune, ni d'opacités cornéennes centrales ou d'autre maladie oculaire active, et qui ont bénéficié d'une implantation des AIC seule ou associée à un autre traitement.

Pour chaque patient, nous avons recueillis les données suivantes :

•Les données préopératoires :

- Les données démographiques (âge, sexe) ;
- L'œil opéré ;
- Les acuités visuelles corrigée et non corrigée ;
- Les données topographiques : Kmax, Pachy min, Q value antérieure et postérieure ;
- L'attitude thérapeutique (AIC seuls ou en combinaison avec une autre procédure).

•**Les données postopératoires :**

- Les acuités visuelles corrigée et non corrigée ;
- Les données topographiques : Kmax, Pachy min, Q value antérieure et postérieure ;
- La survenue éventuelle de complication peropératoire ou postopératoire immédiate.

•**Les données de suivi :**

- Le mois ;
- Les acuités visuelles corrigée et non corrigée ;
- Les données topographiques : Kmax, Pachy min, Q value antérieure et postérieure ;
- La survenue éventuelle d'un incident au cours du suivi.

II. Protocole de l'examen :

Chaque patient avait bénéficié d'un examen ophtalmologique complet comprenant : La mesure de l'acuité visuelle non corrigée (AVNC) et corrigée (MAVC) (échelle décimale), un examen à la lampe à fente, une tonométrie automatisée, une topographie cornéenne avec un Oculus Pentacam® HR à partir de laquelle étaient obtenues la kératométrie maximale (Kmax), la pachymétrie minimale (Pachy min), et le coefficient d'asphéricité cornéenne (Q value) antérieur et postérieur (Qant et Qpost).

Ces examens ont été réalisés au cours de chaque consultation, en préopératoire et pendant la période du suivi postopératoire.

III. Technique de l'implantation des anneaux intra cornéens:

L'implantation des AIC a été réalisée par le même chirurgien ophtalmologue en utilisant la technique assistée au laser femtoseconde.

Le calcul des paramètres des anneaux a été basé sur un protocole customisé qui prend en considération les paramètres suivants :

- L'acuité visuelle non corrigée (AVNC) ;
- La réfraction subjective et l'acuité visuelle avec correction (MAVC) ;
- L'acuité visuelle potentielle avec LRPG ou lentilles sclérales ;
- La topographie cornéenne (la Q value, Kmax, et l'asymétrie) ;
- La longueur axiale : elle a été prise en compte pour mieux apprécier les LOA.

Cette méthode a déterminé ainsi le nombre d'anneau (un à deux) à mettre en place et la longueur angulaire (de 90° à 340°) selon les profils d'addition pour chaque aberration optique. L'axe de l'implantation a été choisi en fonction de la prédominance des aberrations optiques : Lorsque les LOA ont été prédominantes (une bonne MAVC), l'axe le plus cambré est choisi. L'axe du coma est choisi lorsqu'il était prédominant.

La profondeur du tunnel a été contrôlée par la mesure de l'épaisseur cornéenne minimale à 5mm par OCT peropératoire.

La procédure s'est déroulée sous anesthésie topique, en ambulatoire, en respectant les règles d'asepsie rigoureuses.

Le premier temps a consisté au marquage du centre cornéen et au marquage de l'axe horizontal en position assise, puis à l'application de l'anneau de succion. Un tunnel a été réalisé par laser femtoseconde Victus™ à une profondeur prédéterminée de 80 % de l'épaisseur cornéenne totale. Le ou les anneaux ont été ensuite introduits par le tunnel après son ouverture à l'aide d'une pince de Mc Pherson et l'ajustement du positionnement a été réalisé grâce au crochet de Sinsky. L'incision n'a pas été suturée.

Le traitement postopératoire consistait en l'application de collyres associant un antibiotique et un corticoïde pendant deux semaines.

IV. Analyse statistique :

L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel Statistical Package for Social Sciences (SPSS) version 22.0 pour Windows.

Les variables quantitatives ont été exprimées en moyenne \pm déviation standard (DS).

Les variables qualitatives ont été exprimées en nombre et pourcentage.

La normalité des données a été vérifiée à l'aide du test de Shapiro-Wilk.

Pour la comparaison des résultats, le test t pour échantillons appariés a été utilisé lorsque les données étaient normalement distribuées, sinon, le test non paramétrique de Wilcoxon a été appliqué.

Une valeur de $p < 0,05$ était considérée comme statistiquement significative.



RESULTATS

I. Données démographiques :

1. Age :

73 yeux de 60 patients ont été inclus dans notre étude. L'âge moyen était de 31.13 ± 7.70 ans, allant de 20 ans à 55 ans.

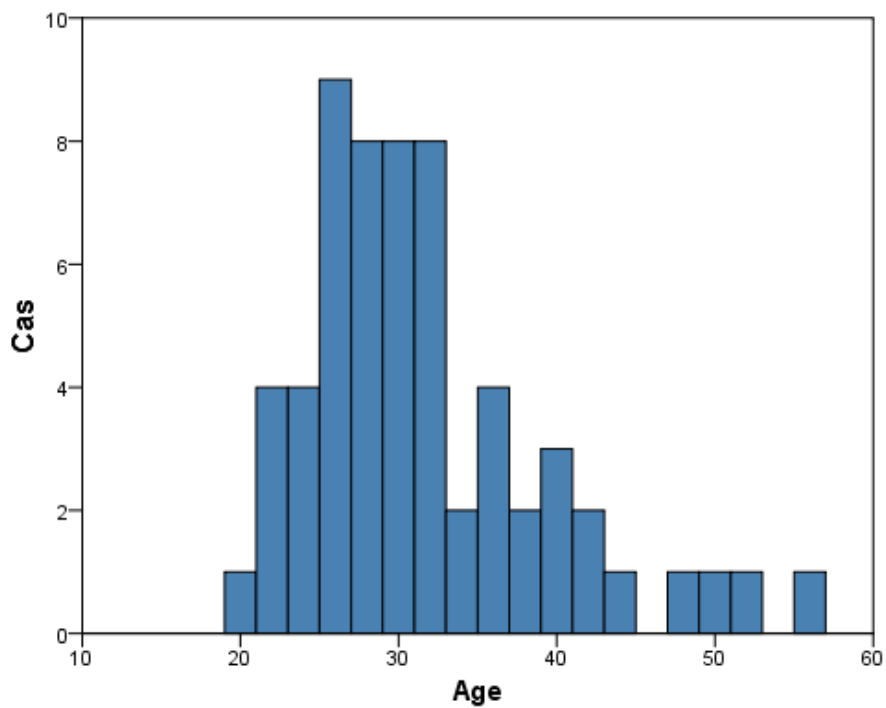


Figure 1: Répartition des patients kératocôniques bénéficiant d'une implantation des AIC seule ou combinée selon l'âge.

2. Sexe :

Le sexe ratio homme/femme dans notre étude est de 1.6, avec 37 patients de sexe masculin et 23 patients de sexe féminin.

Tableau I: Répartition des patients selon le sexe.

Sexe	Nombre de patients	Pourcentage (%)
Féminin	23	38,33
Masculin	37	61.67
Total	60	100

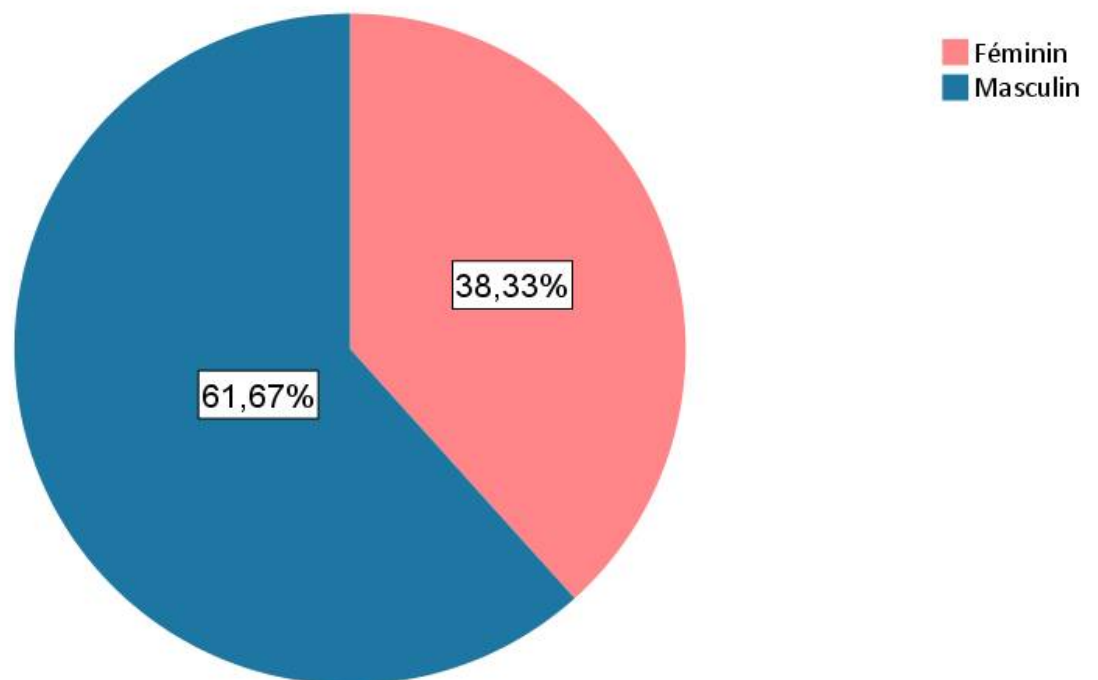


Figure 2: Répartition des patients selon le sexe.

II. Données préopératoires :

1. Nombre des cas traités par chaque acte :

Dans notre étude, l'implantation des AIC seule a été l'acte le plus réalisé, 43 yeux de 35 patients (58.9%) ont en bénéficié.

41,1% ont bénéficié d'un traitement combiné :

- 27 yeux (37%) ont bénéficié d'un traitement combiné CXL puis AIC, dont 13 ont déjà subi un CXL ailleurs,
- 2 yeux (2.7%) ont bénéficié d'une implantation d'AIC suivie d'implants phaqes avec un intervalle moyen de 7.5 ± 3.53 mois.
- Un œil a bénéficié d'un traitement séquentiel AIC puis CXL avec intervalle d'une semaine.

Tableau II: Nombre des cas traités selon l'acte réalisé.

Acte	Nombre des patients	Nombre des yeux	Pourcentage (%)
AIC seuls	35	43	58,9
CXL puis AIC	11	14	19,2
AIC avec ATCD de CXL	13	13	17,8
AIC puis CXL	1	1	1,4
AIC + LIOP	2	2	2,7
Total	60	73	100

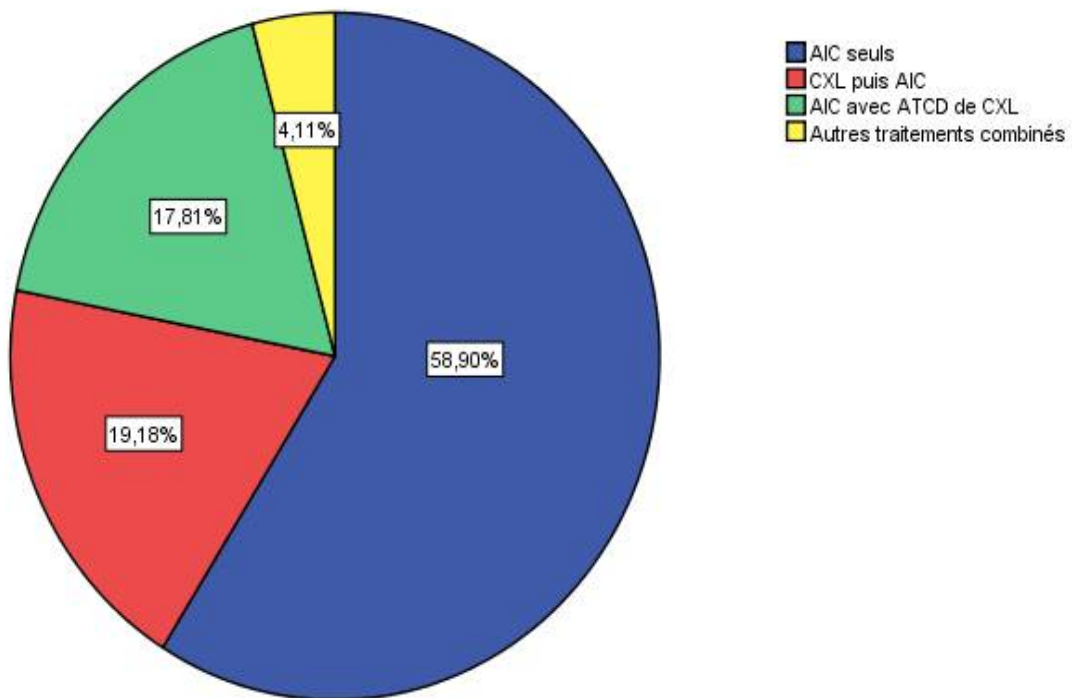


Figure 3: Pourcentage des yeux kératocôniques traités par chaque acte.

2. Age des patients traités par chaque acte :

Tableau III: l'âge moyen des patients selon l'acte réalisé.

Acte		Age moyen
AIC seuls		33,22± 8,04
Méthodes combinées	CXL puis AIC	25,54 ±4,69
	AIC sur ATCD de CXL	28,30 ± 4,19
	AIC puis CXL	—
	AIC puis LIOP	40,5 ± 12,02

3. Sexe des patients traités par chaque acte :

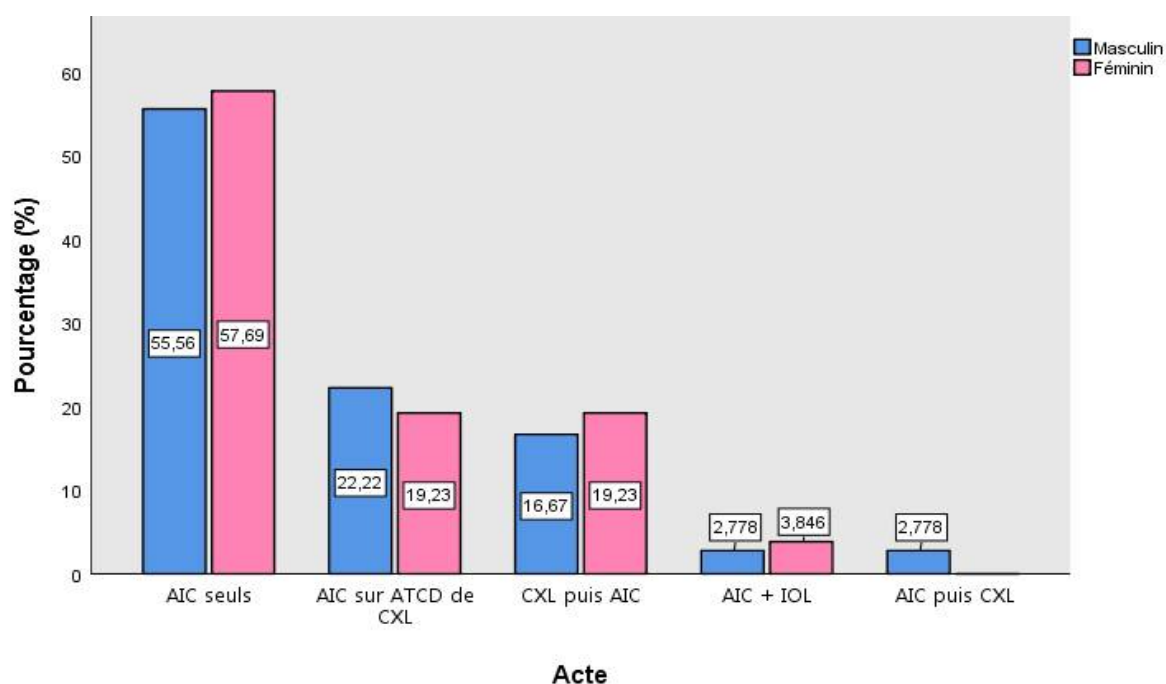


Figure 4: Distribution du sexe des patients selon la méthode thérapeutique.

Dans notre série, les deux sexes ont bénéficié davantage de la pose des AIC seule.

Tableau IV: Distribution du sexe des patients selon la méthode thérapeutique.

Acte		Sexe masculin (n)	Sexe féminin (n)
AIC seuls		57,1 % (20)	42,9% (15)
Méthodes combinées	CXL puis AIC	54,5% (6)	45,5% (5)
	AIC sur ATCD de CXL	61,5% (8)	38,5% (5)
	AIC puis CXL	100 (1)	0
	AIC puis LIOP	50% (1)	50% (1)

4. Résultats visuels :

Dans notre étude, l'AVNC et la MAVC préopératoire moyenne (échelle décimale) sont de $0,14 \pm 0,13$, et $0,34 \pm 0,14$ respectivement.

Tableau V: les acuités visuelles moyennes préopératoires selon la méthode thérapeutique.

Acte		AVNC préopératoire	MAVC préopératoire
AIC seuls		$0,15 \pm 0,13$	$0,35 \pm 0,14$
Méthodes combinées	CXL puis AIC	$0,09 \pm 0,07$	$0,31 \pm 0,17$
	AIC sur ATCD de CXL	$0,18 \pm 0,15$	$0,33 \pm 0,15$
	AIC puis CXL	0,2	0,4
	AIC puis LIOP	$0,07 \pm 0,02$	$0,35 \pm 0,7$
Total		$0,14 \pm 0,13$	$0,34 \pm 0,14$

5. Résultats topographiques :

- La K max moyenne préopératoire est de $61 \pm 6,35$ D.
- La pachymétrie minimale moyenne préopératoire est de $413,28 \pm 38,06$ μm .
- L'asphéricité cornéenne antérieure préopératoire est de $-1,18 \pm 0,47$.
- La Q value postérieure préopératoire moyenne est de $-1,10 \pm 0,52$.

Tableau VI: Les données topographiques préopératoires selon la méthode thérapeutique.

Acte		K max (D)	Pachy min (μm)	Q value	
				Qant	Qpost
AIC seuls		60,86 \pm 5,35	421,20 \pm 36,53	-1,16 \pm 0,43	-1,11 \pm 0,47
Méthodes combinées	CXL puis AIC	62,32 \pm 7,27	423,71 \pm 38,46	-1,27 \pm 0,43	-1,00 \pm 0,79
	AIC sur ATCD de CXL	62,26 \pm 8,43	391,23 \pm 36,98	-1,28 \pm 0,64	-1,25 \pm 0,31
	AIC puis CXL	58,1	430	-0,73	-0,82
	AIC puis LIOP	53,7	451 \pm 11,31	-0,75 \pm 0,33	-0,73 \pm 0,21
Total		61,15 \pm 6,35	417,28 \pm 38,06	-1,18 \pm 0,47	-1,10 \pm 0,52

III. Données postopératoires :

1. Résultats visuels :

En postopératoire, l'AVNC et la MAVC moyennes sont améliorées à 0,43 \pm 0,25 et 0,76 \pm 0,2, respectivement.

Tableau VII: les résultats visuels postopératoires selon l'acte.

Acte		AVNC postopératoire	MAVC postopératoire
AIC seuls		0,42 \pm 0,26	0,74 \pm 0,21
Méthodes combinées	CXL puis AIC	0,43 \pm 0,27	0,72 \pm 0,19
	AIC sur ATCD de CXL	0,45 \pm 0,21	0,84 \pm 0,15
	AIC puis CXL	0,8	1
	AIC puis LIOP	0,45 \pm 0,21	0,9 \pm 0,14
Total		0,43 \pm 0,25	0,76 \pm 0,2

2. Résultats topographiques :

On observe un changement de tous les paramètres topographiques analysés:

- Une réduction de la Kmax moyenne totale de $4 \pm 4.28D$,
- Une augmentation de la Pachy min moyenne totale de $15,58 \pm 17,43\mu m$, et du coefficient d'asphéricité antérieur et postérieur de 0.79 ± 0.51 et 0.21 ± 0.56 respectivement.

Tableau VIII: les résultats topographiques postopératoires.

Acte		K max (D)	Pachy min (μm)	Q value	
				Qant	Q post
AIC seuls		$57,31 \pm 5,10$	$439,39 \pm 36,98$	$-0,41 \pm 0,56$	$-0,86 \pm 0,6$
Méthodes combinées	CXL puis AIC	Post CXL: $59,87 \pm 6,45$	Post CXL : $411,35 \pm 36,7$	Post CXL: $-1,25 \pm 0,37$	Post CXL: $-1,12 \pm 0,41$
		Post AIC: $56,63 \pm 7,35$	Post AIC: $432,71 \pm 38,13$	Post AIC: $-0,54 \pm 0,6$	Post AIC : $-0,98 \pm 0,58$
	AIC sur ATCD de CXL	$58,65 \pm 7,12$	$402,92 \pm 34,29$	$-0,38 \pm 0,67$	$-1,01 \pm 0,33$
	AIC puis CXL	$56,9$	469	$0,57$	$-0,35$
	AIC puis LIOP	$47,87 \pm 1,20$	$470,50 \pm 9,19$	$0,55 \pm 0,58$	$-0,3 \pm 0,24$
Total		$57,15 \pm 6,02$	$432,87 \pm 38,76$	$-0,39 \pm 0,61$	$-0,89 \pm 0,56$

3. Complications peropératoires et postopératoires immédiates :

En peropératoire, un seul cas de lâchage de succion (1.36%) est survenu avec report de l'intervention d'un mois.

Aucun œil n'a présenté de complication au cours du premier mois du postopératoire.

IV. Comparaison des résultats pré- et postopératoires selon l'acte :

1. AIC seuls :

Les AVNC et MAVC moyennes ont été améliorées significativement, passant de $0,15 \pm 0,13$ à $0,42 \pm 0,26$ ($p < 0,0001$) et de $0,35 \pm 0,02$ à $0,74 \pm 0,21$ ($p < 0,0001$), respectivement.

Des changements statistiquement significatifs ont été également retrouvés en matière des résultats topographiques :

- Une réduction moyenne de la kératométrie maximale de -3.55 ± 3.97 ($p < 0,0001$). Sur les 43 yeux, 34 (79,1%) présentent une diminution de Kmax d'au moins 1D, 6 (14%) une augmentation d'au moins 1D, et 3 (7%) une stabilité,
- Une augmentation statistiquement significative de la pachymétrie minimale moyenne de $18,2 \pm 19,6 \mu\text{m}$ ($p < 0,0001$),
- En matière d'asphéricité cornéenne (Q value), la Q antérieure a passé de $-1,16 \pm 0,43$ à $-0,41 \pm 0,56$ ($p < 0,0001$) ($+0.75 \pm 0.49$); quant à la Q postérieure, elle a changé de $-1,11 \pm 0,47$ à $-0,86 \pm 0,6$ ($p = 0,01$) ($+ 0.24 \pm 0.6$).

Tableau IX: Comparaison des résultats pré- et postopératoires pour les AIC seuls.

Paramètre		Préopératoire	Postopératoire	p
AVNC		0,15 ± 0,13	0,42 ± 0,26	<0,0001
MAVC		0,35 ± 0,02	0,74 ± 0,21	<0,0001
K max (D)		60,86 ± 5,35	57,31 ± 5,10	<0,0001
Pachy min (µm)		421,20 ± 36,53	439,39 ± 36,98	<0,0001
Q value	Qant	-1,16 ± 0,43	-0,41 ± 0,56	<0,0001
	Q post	-1,11 ± 0,47	-0,86 ± 0,6	0,01

2. Traitements combinés :

2.1. AIC sur ATCD de CXL :

Dans notre étude, on note une différence statistiquement significative de tous les paramètres analysés chez les patients ayant un ATCD de CXL et qui ont subi une implantation d'AIC.

Tableau X: Comparaison des résultats pré- et postopératoires chez les patients ayant bénéficié d'une implantation d'AIC sur ATCD de CXL.

Paramètre		Préopératoire	Postopératoire	p
AVNC		0,18 ± 0,15	0,45 ± 0,21	<0,0001
MAVC		0,33 ± 0,15	0,84 ± 0,15	0,001
K max (D)		62,26 ± 8,43	58,65 ± 7,12	0,009
Pachy min (µm)		391,23 ± 36,98	402,12 ± 34,29	0,009
Q value	Qant	-1,28 ± 0,64	-0,38 ± 0,67	0,001
	Q post	-1,25 ± 0,31	-1,01 ± 0,33	0,003

2.2. CXL puis AIC :

La valeur p est significative en comparant les résultats préopératoires à ceux après l'implantation des AIC, sauf pour la Q value postérieure ($p = 0,908$).

Après le CXL :

- Une réduction significative de la Kmax de 2.44 ± 2.56 D ($p_1 = 0.003$), et de la pachymétrie minimale de $12,35 \pm 11.06$ μm ($p_1 = 0.001$) ;
- Une augmentation non statistiquement significative de la Q value antérieure de 0.01 ± 0.2 ($p_1 = 0.836$) ;
- Une diminution non significative de la Q value postérieure de 0.11 ± 0.49 ($p_1 = 0.389$).

En post-AIC :

- La Kmax continue à diminuer de façon statistiquement significative avec une valeur $p_2 = 0.016$ lors de la comparaison avec les valeurs post-CXL (-3.24 ± 4.83 D) ;
- Quant à la pachy min, elle augmente significativement ($+21.35 \pm 14.03$) après l'implantation des AIC ($p_2 < 0.0001$)
- la Q value antérieure continue également à augmenter significativement ($p_2 = 0.001$) avec une différence moyenne entre le post-AIC et le post-CXL de $+0.74 \pm 0.61$
- Une augmentation non significative ($+0.13 \pm 0.38$) de la Q value postérieure est observée ($p_2 = 0.201$).

Tableau XI: Comparaison des résultats pré- et postopératoires chez les patients ayant bénéficié du traitement séquentiel CXL puis AIC.

Paramètre	Préopératoire	Postopératoire		p3
		Post CXL	Post AIC	
AVNC	0,09 ± 0,07	–	0,31 ± 0,17	0,001
MAVC	0,43 ± 0,27	–	0,72 ± 0,19	0,001
K max (D)	62,32 ± 7,27	59,87 ± 6,45	56,63 ± 7,35	0,002
Pachy min (µm)	423,71 ± 38,46	411,35 ± 36,7	432,71 ± 38,13	0,014
Q value	Qant	-1,27 ± 0,43	-1,25 ± 0,37	<0,0001
	Q post	-1,00 ± 0,79	-1,12 ± 0,41	0,908

p1 : post-CXL vs. Préopératoire ; p2 : Post-AIC vs. Post-CXL ; p3 : Post-AIC vs. Préopératoire.

2.3. AIC + LIOP :

Un changement de toutes les données analysées est observé pour les deux yeux analysés ; et une MAVC moyenne de $0,9 \pm 0,14$ est achevée.

Tableau XII: Comparaison des résultats pré- et postopératoires pour AIC + LIOP.

Paramètre	Préopératoire	Postopératoire	
AVNC	0,07 ± 0,02	0,45 ± 0,21	
MAVC	0,35 ± 0,7	0,9 ± 0,14	
K max (D)	53,7	47,85 ± 1,20	
Pachy min (µm)	451 ± 11,31	470,50 ± 9,19	
Q value	Qant	-0,75 ± 0,33	0,55 ± 0,58
	Q post	-0,73 ± 0,21	-0,3 ± 0,24

2.4. AIC puis CXL :

Un seul patient de 25 ans s'est présenté en se plaignant d'une intolérance aux LRPG avec détérioration de la vision de son œil gauche. Le protocole thérapeutique séquentiel AIC puis CXL a été réalisé avec un intervalle d'une semaine. Les AV non corrigée et corrigée sont améliorées (tableau XIII), passant de 0.4 à 1 pour la MAVC. Ainsi, une diminution de K max de 1.2D, une augmentation de la Q value et de la pachymétrie minimale sont observées après la procédure.

Tableau XIV: Comparaison des résultats pré- et postopératoires du cas ayant bénéficié du traitement séquentiel AIC puis CXL.

Paramètre		Préopératoire	Postopératoire
AVNC		0,2	0,8
MAVC		0,4	1
K max (D)		58,1	56,9
Pachy min (μm)		430	469
Q value	Qant	-0,73	0,57
	Q post	-0,82	-0,35

V. Suivi à court terme :

Parmi les 73 yeux analysés, 42 (57,53%) ont complété un suivi jusqu'à 06 mois du post-opératoire.

1. Les résultats visuels :

L'AVNC moyenne est significativement meilleure à 03 mois du postopératoire qu'en préopératoire ($p < 0,0001$). Son amélioration demeure inchangée entre 03 et 06 du postopératoire ($p = 0,114$).

La MAVC moyenne semble s'améliorer avec le temps de manière statistiquement significative ($p_1 < 0,0001$, et $p_3 = 0,002$).

Tableau XV: Les résultats visuels jusqu'à 06 mois du postopératoire.

Paramètre	Préop	Postop immédiat	03mois	06mois	p		
					p1	p2	p3
AVNC	0,14 ± 0,13	0,35 ± 0,21	0,46 ± 0,23	0,49 ± 0,21	<0,0001	<0,0001	0,114
MAVC	0,33 ± 0,12	0,72 ± 0,19	0,8 ± 0,16	0,86 ± 0,16	<0,0001	0,003	0,003

p1 : Préopératoire vs. Postopératoire. p2 : Postopératoire vs. 03 mois. p3: 03 mois vs. 06 mois

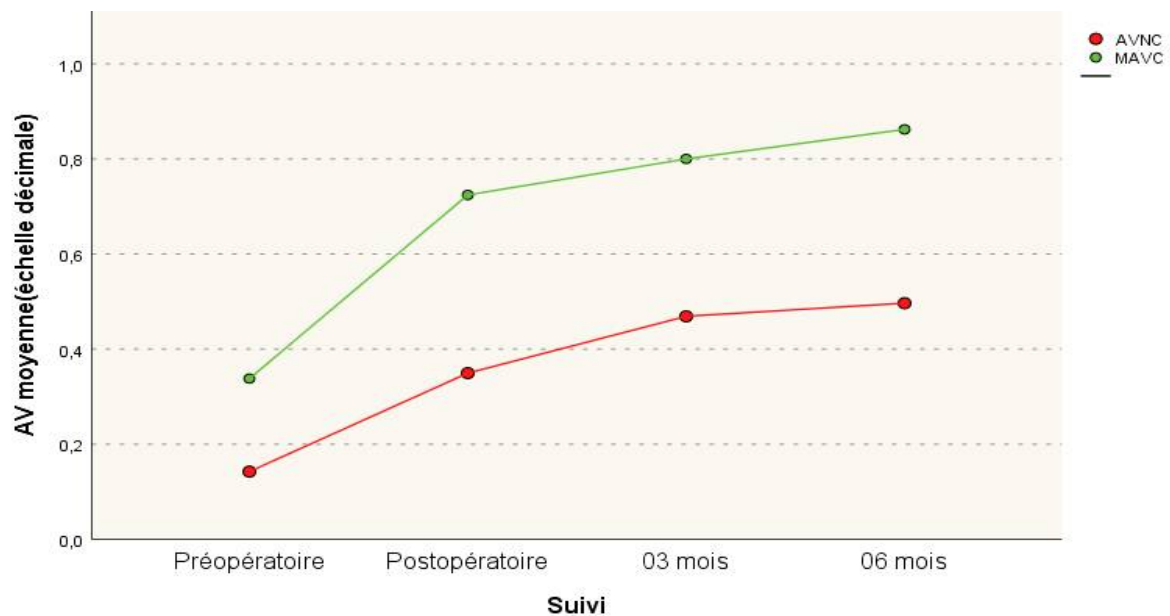


Figure 5: Evolution des acuités visuelles au cours du suivi postopératoire.

2. Les résultats topographiques :

Tableau XVI: les résultats topographiques au cours du suivi.

Paramètre	Préop	Postop immédiat	03mois	06mois	p			
					p1	p2	p3	
K max	61,71 ± 5,86	58,04 ± 5,85	55,92 ± 5,80	53,88 ± 5,48	<0,0001	<0,0001	<0,0001	
Pachy min	410,66 ± 38,21	425,45 ± 41,36	427,24 ± 34,62	433,14 ± 35,73	<0,0001	0,293	0,051	
Q value	Qant	-1,2 ± 0,47	-0,37 ± 0,56	-0,32 ± 0,58	-0,23 ± 0,50	<0,0001	0,213	0,311
	Qpost	-1,12 ± 0,5	-0,93 ± 0,64	-0,90 ± 0,48	-0,84 ± 0,42	0,003	0,71	0,086

Les valeurs de la K max moyenne sont réduites significativement pendant toute la période du suivi (p1, p2, et p3 <0,0001).

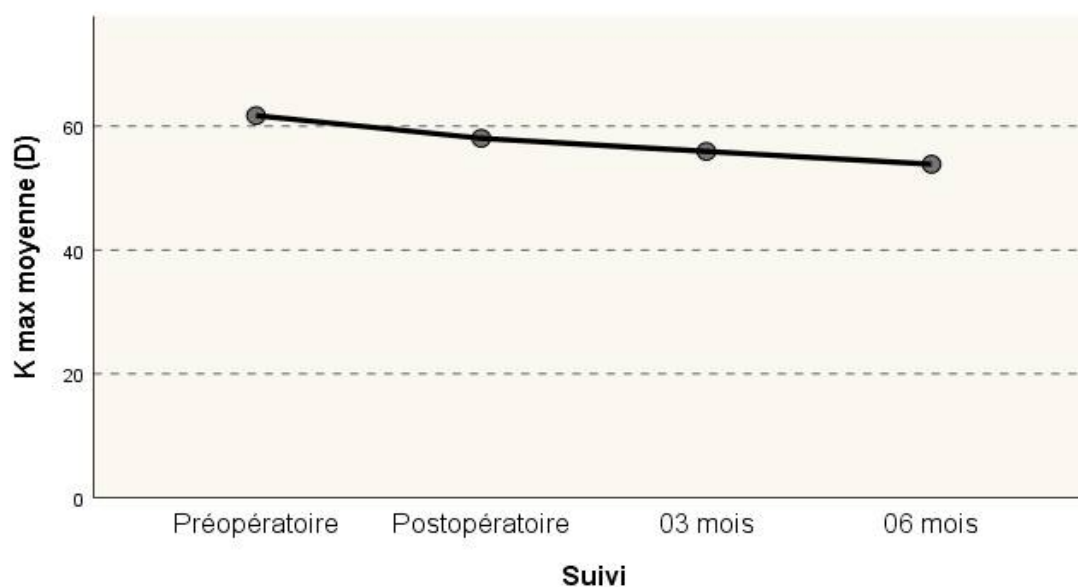


Figure 6 : Evolution de la kératométrie maximale au cours du suivi postopératoire.

En postopératoire immédiat, la pachymétrie minimale moyenne augmente de $14.78 \pm 15.71 \mu\text{m}$ de manière statistiquement significative ($p_1 < 0,0001$), puis l'augmentation restera stable durant la période du suivi ($p_2 = 0,293$ et $p_3 = 0,051$).

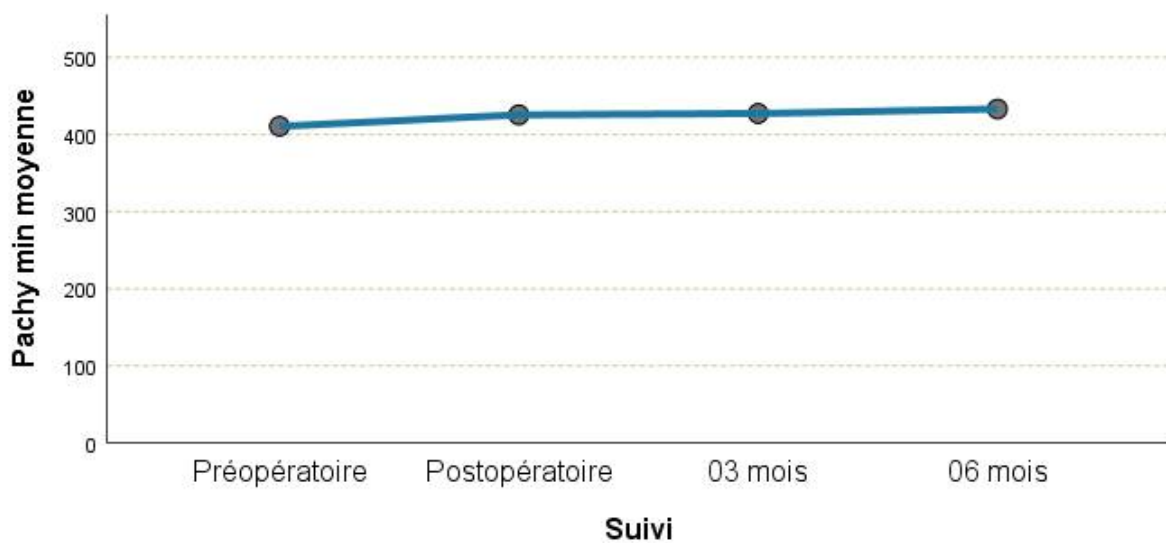


Figure 7: Evolution de la pachymétrie minimale au cours du suivi postopératoire.

L'augmentation de l'asphéricité cornéenne moyenne antérieure et postérieure est statistiquement significative entre le préopératoire et le postopératoire immédiat ($p_1 < 0,0001$ et $= 0,003$ respectivement). Puis, elle reste stable durant la période du suivi.

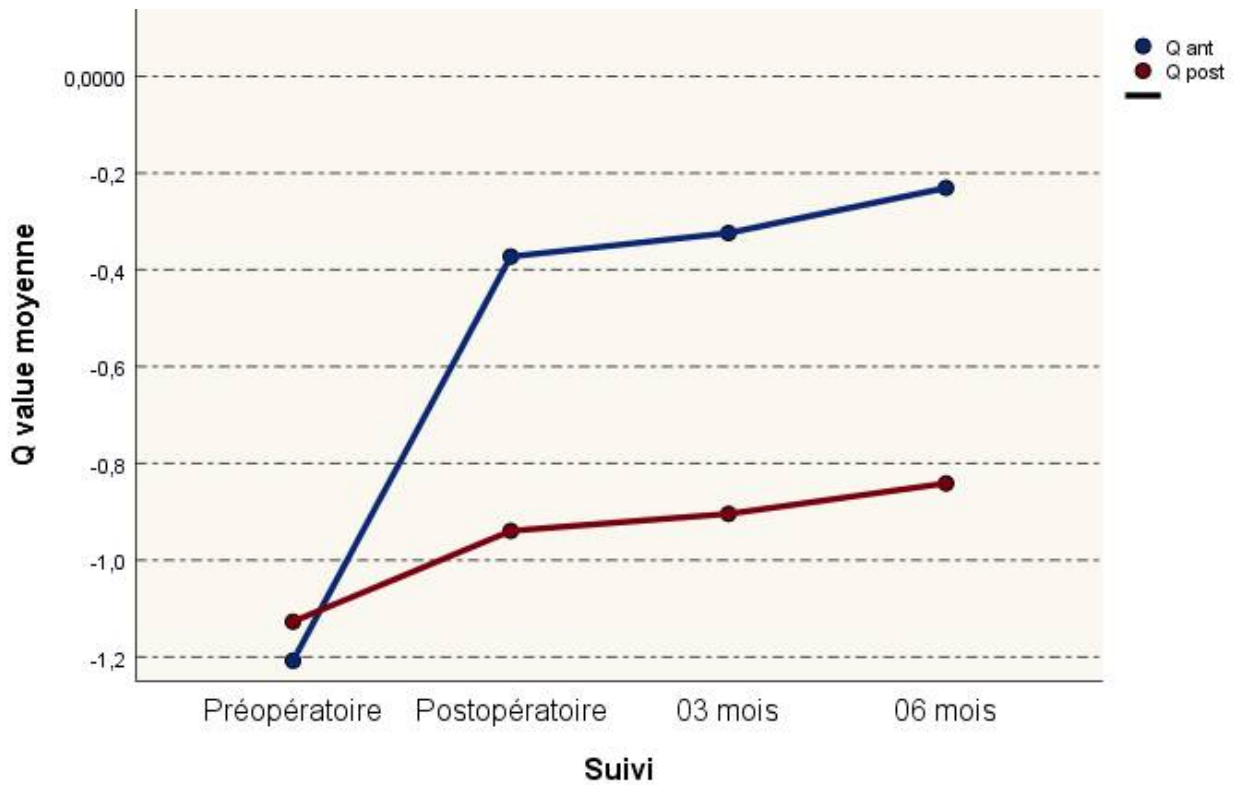


Figure 8: Evolution des coefficients d'asphéricité cornéenne antérieur et postérieur au cours du suivi postopératoire.

3. Complications postopératoires au cours du suivi:

Au cours du suivi, un seul œil (1.36%) a présenté une infection sur anneau extrudé trois mois après son implantation qui a été explanté.



DISCUSSION

I. Généralités sur les anneaux intra cornéens:

1. Définition :

Les anneaux intra cornéens (AIC) sont de petits dispositifs en matière synthétique (PMMA) qui sont implantés dans le stroma cornéen afin d'induire un changement dans la géométrie et le pouvoir de réfractif du tissu (figure 9) [18].

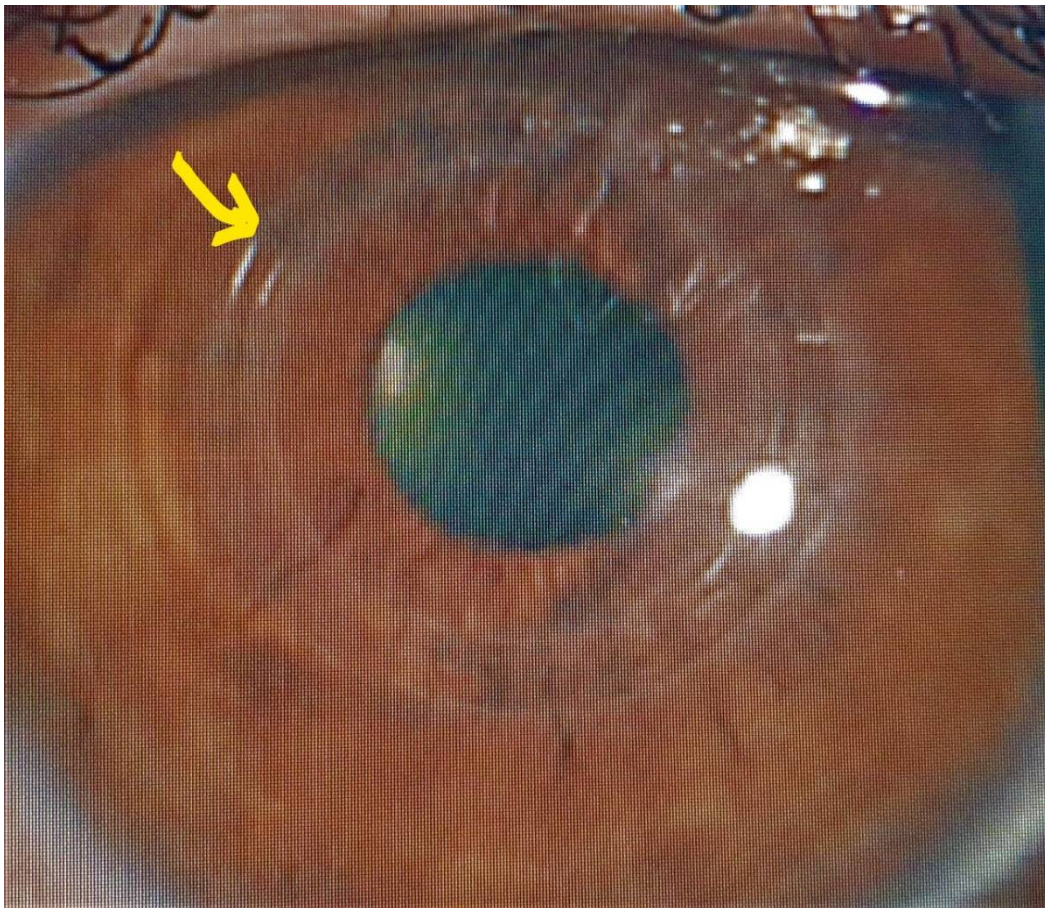


Figure 9: Anneau intra cornéen de 340°.

2. Historique :

En 1949, Barraquer a été le premier à introduire l'idée d'implanter un AIC afin de modifier le pouvoir de réfraction de l'œil [12].

En 1991, Nosé et al.[19] ont réalisé les premiers implants sur des cornées humaines.

En 1999, Intacs Technology a reçu l'autorisation de la FDA pour l'utilisation de l'implantation des AIC dans la correction de la myopie [13].

En 2000, le professeur Joseph Colin a proposé de profiter des capacités des anneaux dans le modelage de la cornée et de les utiliser pour le traitement du kératocône [9].

3. Mécanismes d'action :

Les AIC agissent comme des éléments d'espacement entre les fibres de collagène du tissu cornéen [20]. Ainsi, ils induisent un effet de « raccourcissement de l'arc » de la géométrie cornéenne, qui a pour conséquence un aplatissement de la zone centrale.

Certains modèles théoriques basés sur l'analyse par éléments finis ont prouvé que plus l'épaisseur est élevée (principe de Barraquer) et plus le diamètre est petit (principe de Blavastkaya), plus l'effet d'aplatissement cornéen induit par le segment d'anneau sera important (figure 10) [21, 22].

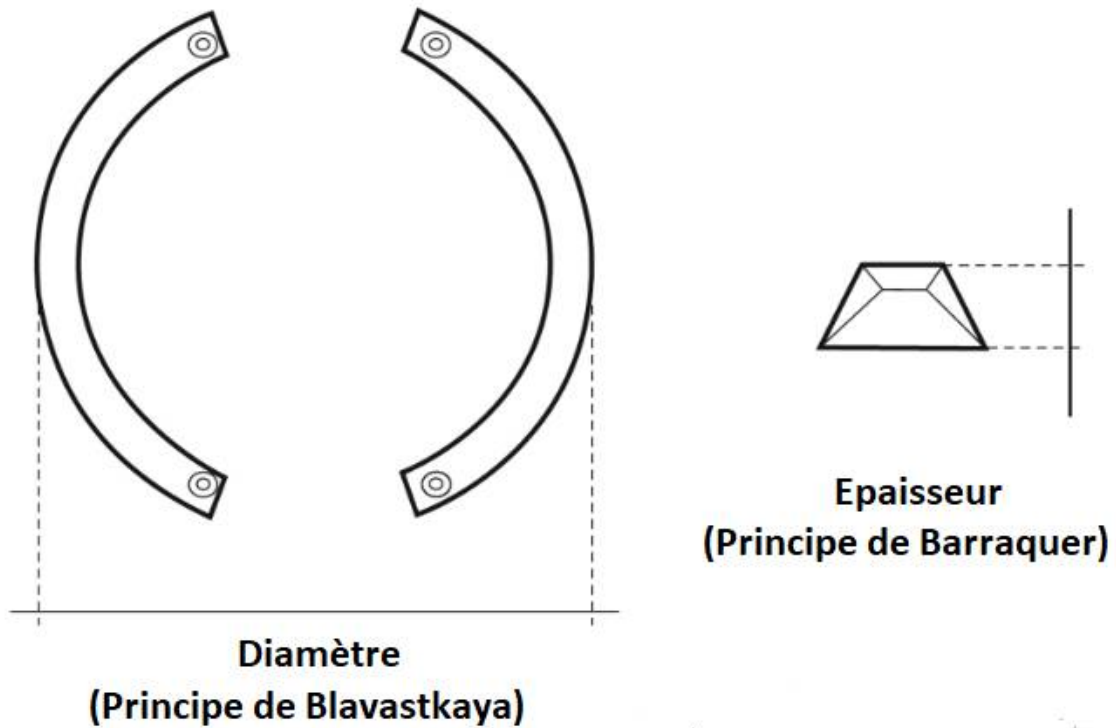


Figure 10: Les principes d'action des anneaux intra cornéens [22].

« La loi de l'épaisseur » de Barraquer (figure 11) pourrait expliquer également le mécanisme d'action des AIC : lorsque du matériel est ajouté à la périphérie de la cornée ou enlevé de la zone centrale, un aplatissement cornéen est achevé et vice versa [22].

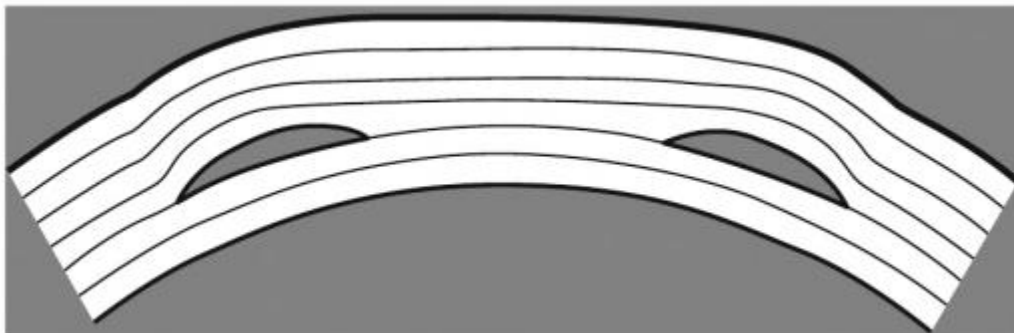


Figure 11: La loi de Barraquer [22].

Chez les patients atteints de kératocône, la disposition particulière des fibres de collagène est perdue, ce qui conduit à des résultats plus imprévisibles [23].

4. Techniques chirurgicales :

La procédure chirurgicale consiste en l'insertion des segments d'anneaux dans des tunnels cornéens préalablement réalisés dans le stroma cornéen profond. Deux méthodes différentes ont été décrites pour créer ces tunnels : mécanique et assistée au laser femtoseconde [9, 24]

4.1. Technique mécanique ou manuelle :

La technique mécanique exige de grandes compétences chirurgicales [25].

Le chirurgien marque le centre de la pupille afin de l'utiliser comme point de référence pendant l'intervention. Ensuite, un couteau diamant calibré est utilisé pour créer l'incision à une profondeur de 70 à 80% de la pachymétrie cornéenne. Un anneau de succion est placé autour du limbe cornéen afin de fixer l'œil pendant la dissection du stroma.

Ensuite, deux dissecteurs semi-circulaires sont placés à travers l'incision et avancent dans le stroma profond dans un mouvement dans le sens des aiguilles de montre et dans le sens inverse afin de réaliser un tunnel dans les lamelles cornéennes. Une fois le canal créé, l'implant est inséré [18].

4.2. Technique assistée au Laser Femtoseconde :

Un anneau de succion jetable du système laser femtoseconde est placé et centré. Ensuite, la cornée est aplatie avec un cône d'aplanissement jetable, qui permet une focalisation précise du faisceau, créant ainsi une dissection à la profondeur désirée.

Ensuite, le tunnel est créé à environ 70 ou 80 % de la pachymétrie cornéenne sans manipulation directe de l'œil. Enfin, le ou les AIC est inséré dans le tunnel créé [18].

Il s'agit de la technique réalisée chez tous les yeux inclus dans notre travail.

5. Indications et Contre-indications:

La sélection des patients est d'une importance primordiale dans l'implantation des AIC.

Un examen ophtalmologique complet doit être effectué, y compris :

- La mesure de l'acuité visuelle non corrigée et corrigée ;
- La topographie et l'aberrométrie cornéenne ;
- La pachymétrie cornéenne, de préférence sous forme d'une carte pachymétrique cornéenne visant à évaluer l'épaisseur de la région d'implantation de l'AIC.

L'arrêt du port de lentilles de contact pendant au moins une semaine avant l'examen pour les lentilles de contact souples et deux semaines pour les lentilles de contact rigides, est nécessaire pour obtenir des mesures cornéennes fiables.

Les bons candidats à l'implantation des anneaux sont les patients atteints de kératocône qui répondent à la plupart des critères suivants [26-28]:

- Intolérance ou refus des lentilles de contact ;
- Faible acuité visuelle sans correction ;
- Acuité visuelle à distance corrigée $< 0,6$ (échelle décimale) ;
- Bonne acuité visuelle potentielle > 0.6 (échelle décimale) ;

- Pachymétrie cornéenne > 400 microns dans le site du tunnel cornéen (en fonction de la épaisseur de l'AIC à implanter) ;
- Absence de cicatrice cornéenne centrale ;
- Pas de grossesse.

Les contre-indications sont :

- Les cas très avancés ;
- Présence de cicatrice centrale ;
- Cornée très fine ou très bombée ;
- Grossesse ;
- Pathologie immunitaire non contrôlée ;
- Patient non demandeur.

6. Types [29] :

Actuellement, différents types d'anneaux intra cornéens sont disponibles dans le commerce, et les plus couramment utilisés sont : Keraring et Keraring AS (Mediphacos), les Intacs et Intacs SK (Addition technologies), les Ferrara rings (AJL Ophthalmic), Myoring (Dioptex), Alfa Arc (Caregroup).

Les AIC sont disponibles en différentes longueurs d'arc, formes de section transversale, épaisseurs, et diamètres (tableau XVI).

Les Kerarings AS sont les premiers et les seuls implants à épaisseur progressive. Ils sont disponibles en 160° de longueur angulaire, 5 mm de diamètre, et aux épaisseurs progressives suivantes [30]:

- 200 à 300 µm et ;
- 150 à 250µm.

En général, un effet d'aplatissement plus important peut être obtenu avec des segments plus épais et un positionnement plus proche des par rapport à l'axe visuel [31].

Tableau XVII: Les particularités des différents modèles d'anneaux intra cornéens [29].

	Intacs	Intacs SK	Keraring	Ferrara	Myoring
Longueur d'arc (°)	150, 210	90, 130, 150	90, 120, 150, 160, 210, 340, 355	90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 210, 320	360
Coupe transversale	Hexagonale	Elliptique	Triangulaire	Triangulaire	Triangulaire
Epaisseur (µm)	210, 230, 250-450 par paliers de 50µm	210, 250-500 par paliers de 50µm	150-350 par paliers de 50µm	150-350 par paliers de 50µm	200-320
Zone optique (mm)	7.0	6.0	5.0, 5.5, 6.0	5.0, 6.0	-
Diamètre interne (mm)	6.77	6.0	5.0	4.40	5.0-8.0
Diamètre externe (mm)	8.10	7.0	6.0	5.60	5.0-8.0
Société	Addition Technology, Lombard, IL, USA	Addition Technology, Lombard, IL, USA	Mediphacos, Belo Horizonte, Brazil	Ferrara Ophtalmics, Belo Horizonte, Brazil	Dioptex GmbH, Linz, Austria

Toutes les données sont collectées à partir des informations en ligne de la société.

SK : severe keratoconus.

7. Nomogrammes d'implantation :

Les nomogrammes sont des guidelines cliniques utilisés pour déterminer la longueur d'arc, le nombre, l'épaisseur, et la position de l'anneau à implanter [25].

Les anciens nomogrammes avaient l'avantage d'être simples et systématiques. Ils présentaient en revanche plus d'inconvénients :

- leur caractère empirique basé sur des données cliniques non publiées ;
- leur non correspondance à un modèle mathématique précis sur l'effet des AIC sur la cornée ectasique [28] ;
- La réfraction sphéro-cylindrique et le profil topographique sont des variables plutôt subjectives qu'objectives dans la plupart des nomogrammes [13] ;
- Ils donnent de mauvais résultats lorsque la MAVC est mauvaise ;
- Ils ne tiennent pas compte des HOA, ni de l'asymétrie, ni de la Q value.

Certains travaux publiés dans la littérature ont rapporté de bons résultats lorsque l'implantation a été guidée par l'axe du coma [32].

Des études récentes ont tenté de fournir de meilleurs algorithmes dans le but d'obtenir une position adéquate d'un segment d'AIC dans une cornée donnée [26, 33].

Etant donné que la réduction des aberrations de haut degré est un facteur primordial dans l'efficacité des AIC, il semble raisonnable que des nomogrammes plus avancés devraient inclure le coma et les autres aberrations pertinentes (HOA) [27] :

7.1. Le nomogramme de 4^{ème} génération de Ferrara:

En 2010, Ferrara et al.[34, 35] ont posté les premiers résultats du nomogramme de quatrième génération dont l'asphéricité est le premier paramètre à considérer dans la sélection de l'anneau à implanter. Ce nomogramme permet de prédire la réduction de la Q value après l'implantation d'un anneau d'une épaisseur spécifique (Figure 12).

Il doit être déterminé :

- Le type du kératocône ;
- L'asphéricité cornéenne ou la kératométrie moyenne (Km) ;
- La pachymétrie au niveau de l'axe cornéen le plus cambré et la voie probable de l'AIC (5mm de la zone optique (ZO)) ;

L'objectif final est d'avoir une Q value postopératoire normale [36] = -0.23
= Q value préopératoire – Le changement de Q value induit par l'AIC.

La sélection de l'implant en fonction de la Q value :

- Cornées oblates : $Q < -0.23$: 1 segment 140° ou 160° ;
- Cornées modérément prolates : $-0.23 < Q < -1.00$: 1 ou 2 segments 160° ;
- Cornées hyperprolates : $Q > -1.00$: 2 segments 160° ou 1 segment 210°.

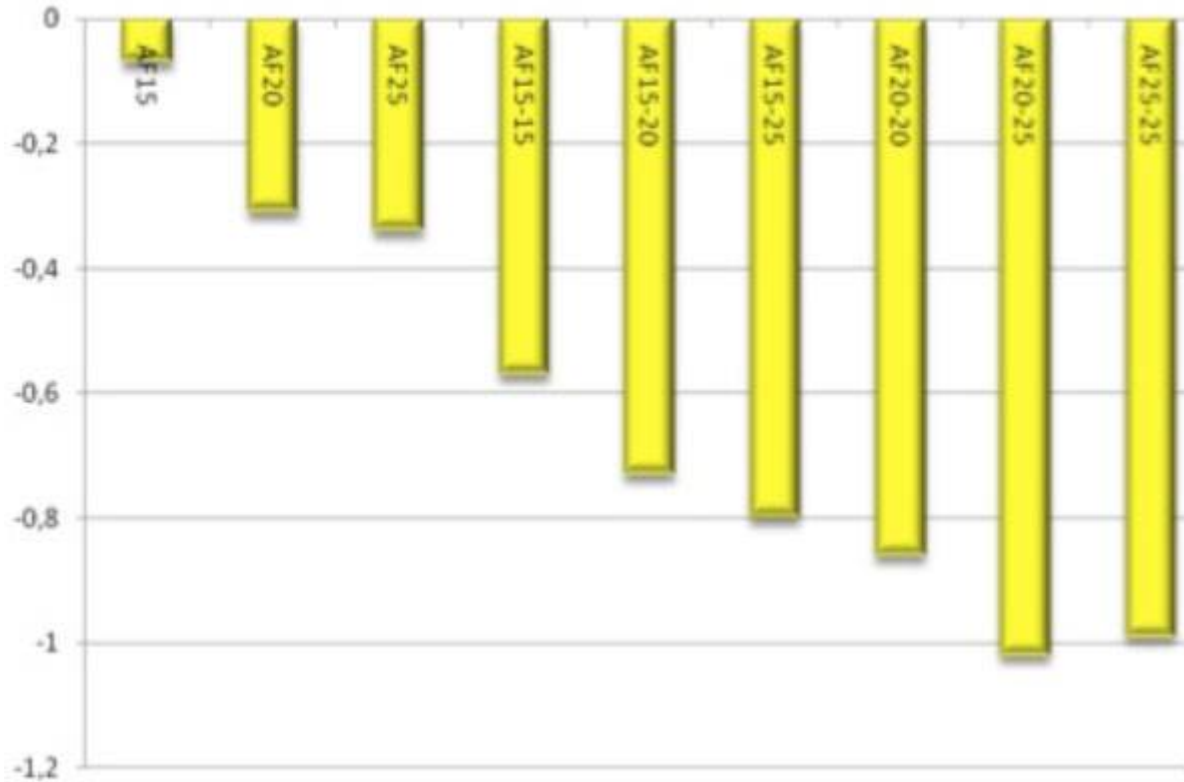


Figure 12: La différence des Q value préopératoire et postopératoire (ΔQ) selon l'épaisseur de l'anneau implanté [9].

7.2. Le nouveau nomogramme Keraring 2018 [37]:

Le nouveau nomogramme Keraring est basé sur des algorithmes spécifiques de chaque type morphologique et la sévérité du Kc.

Les données nécessaires pour le planning chirurgical sont :

- La topographie cornéenne ;
- La carte aberrométrique ;
- L'AVNC et MAVC ;
- L'AV potentielle (corrigée avec des LC rigides) ou pinhole test ;

- Le diamètre pupillaire ;
- La technique chirurgicale : FS ou M ;
- La classification morphologique du Kc : Classification d'Alfonso.


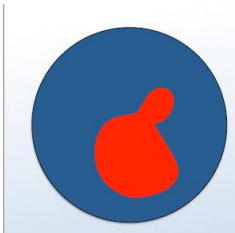
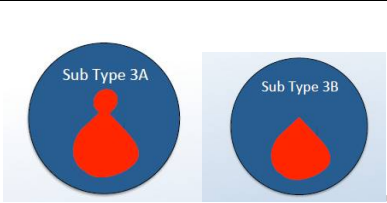
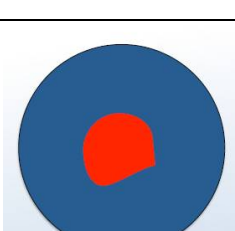
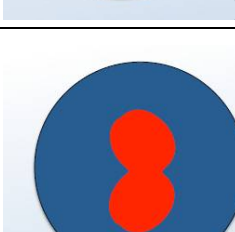
7.2.1. La classification d'Alfonso :

Le Professeur Jose F. ALFONSO a développé une classification morphologique du Kc (Tableau XVII) définissant des présentations phénotypiques spécifiques de la maladie pour l'implantation des AIC.

Elle est basée sur les paramètres tomographiques suivants:

- La localisation du cône: la distance entre le centre et l'apex du cône sur la carte d'élévation postérieure ;
- La relation entre les axes: la divergence entre les 3 principaux axes (réfractif plat, topographique plat, et l'axe du coma) ;
- L'orthogonalité de l'astigmatisme: angulation entre les lobes de l'astigmatisme topographique ;
- La symétrie de l'astigmatisme: la symétrie entre les lobes de l'astigmatisme topographique ;
- L'aspect topographique de la carte de courbure antérieure.

Tableau XVIII : La classification d'Alfonso.



Type	Localisation	Relation entre les axes	Orthogonalité de l'astigmatisme	Symétrie de l'astigmatisme	Aspect topographique
1	Paracentral ou péricentral	3 axes coïncidents ($\leq 30^\circ$)	Irrégulière ($\leq 20^\circ$)	Symétrique	 Croissant
2	Paracentral	Réfractif plat et du coma non coïncidents ($> 30^\circ$ et $< 60^\circ$)	Irrégulière ($\leq 20^\circ$)	Asymétrique	 Duck
3	Paracentral ou péricentral	Topographique et du coma perpendiculaires ($61^\circ \sim 120^\circ$)*	Régulière ($\geq 21^\circ$)	Asymétrique	 Snowman
4	Central	Non déterminée	Irrégulière ($\leq 20^\circ$)	Non déterminée	 Nipple
5	Central	Réfractif et topographique coïncidents, coma non déterminé	Régulière ($\geq 21^\circ$)	Symétrique	 Bowtie

*Sous-type 3A : les axes réfractif et topographique coïncidents. Sous-type 3B : les axes réfractif et topographique perpendiculaires.

7.2.2. Les critères de la sélection de l'implant :

- Type 1 : l'astigmatisme topographique ou réfractif (le plus élevé des deux).

Tableau XIX: Sélection de l'implant en fonction de l'astigmatisme pour le type 1.

Astigmatisme (D)	Arc/ Epaisseur de l'implant	
≤ 2.5	160/150	
2.5 ~ 3.5	160/200	
3.5 ~ 4.5	160/250	
4.5 ~ 5.5	160/300	
5.5 ~ 6.5	160/300 + 90/150	
6.5 ~ 8	160/300 + 90/200	
> 8	160/300 + 90/250	

- Type 2 : la kératométrie moyenne (Km), la magnitude de l'astigmatisme, et la relation entre les axes :

Si la $K_m < 52D$, utiliser un ou deux segments en fonction de la magnitude de l'astigmatisme (tableau XIX),

Si la $K_m > 52D$, utiliser un segment asymétrique en fonction de la valeur de la K_m (tableau XX).

Tableau XX: Sélection de l'implant en fonction de la magnitude de l'astigmatisme pour le type 2 avec une Km < 52D.



Astigmatisme (D)	Arc/ Epaisseur de l'implant	
≤ 4	AS5 150/250	
4 ~ 6	AS5 200/300	
> 6	AS5 200/300 + SI5 120/200	

Tableau XXI: Sélection de l'implant en fonction de la valeur de la Km pour le type 2 avec une Km > 52D.

Km (D)	Arc/ Epaisseur de l'implant	
52 ~ 54	AS5 330 150/250	
≥ 55	AS5 330 200/300	

•Type 3 : la Km, la magnitude et l'axe de l'astigmatisme et du coma, et la relation entre les axes ;

Sous-type 3A : Si la Km < 52D, utiliser un ou deux segments en fonction de la magnitude du cylindre topographique (tableau XXI) ;

Si la Km > 52D, utiliser un segment asymétrique en fonction de la valeur de la Km (tableau XXII).

Sous-type 3B: le critère primaire est la magnitude et l'axe du coma (tableauXXIII) ;

Tableau XXII: Sélection de l'implant pour le sous-type 3A avec une $K_m < 52D$.


Astigmatisme (D)	Arc/ Epaisseur de l'implant	
≤ 4	2 x AS5 160 150/250	
> 4	2 x AS5 160 200/300	

Tableau XXIII: Sélection de l'implant pour le sous-type 3A avec une $K_m > 52D$.




K_m (D)	Arc/ Epaisseur de l'implant	
52 ~ 54	AS5 330 150/250	
> 54	AS5 330 200/300	

Tableau XXIV: Sélection de l'implant pour le sous-type 3B.

Coma (μm) (5mm)	Arc/ Epaisseur de l'implant	
≤ 1.5	SI5 210/200	
1.5 ~ 2.5	SI5 210/250	
> 2.5	SI5 210/300	

•Type 4 : Si la MAVC $< 20/40$, utiliser la K_m . Si la MAVC $\geq 20/40$, utiliser l'ES (tableau XXIV)


Tableau XXV: Sélection de l'implant pour le type 4.

ES (D)	K_m (D)	Arc/ Epaisseur de l'implant	
2 ~ 4	< 48	SI5 325/150	
4 ~ 6	48 ~ 50	SI5 325/200	
6 ~ 8	50 ~ 52	SI5 325/250	
> 8	> 52	SI5 325/300	

- Type 5 : la magnitude de l'astigmatisme, la Km, et la réfraction

Si la réfraction subjective a montré un astigmatisme, utiliser 2 segments symétriques de 120° selon la magnitude de l'astigmatisme topographique. (Tableau XXV)

Tableau XXVI: Sélection de l'implant pour le type 5 avec un astigmatisme.

Astigmatisme topographique (D)	Epaisseur de l'implant (µm)	
≤ 4	150	
4 ~ 6	200	
6 ~ 8	250	
> 8	300	

7.2.3. Les axes de l'implantation :

Tableau XXVII: les axes de l'implantation selon le type du kératocône.

Type	Axe de l'implantation
1	topographique plat
2	• Km < 52D : - Si l'axe réfractif et topographique sont coïncidents, choisir le bissecteur - Si l'axe réfractif et du coma sont coïncidents, choisir le bissecteur
	• Km > 52D : le centre de l'arc et l'axe du coma sont alignés
3A	• Km < 52D : Topographique plat
	• Km > 52D : Topographique cambré
3B	Axe du coma
4	270° (inferieur)
5	topographique plat ou cambré

7.3. La personnalisation du planning chirurgical :

Les guidelines fournis par les nomogrammes sont considérés comme une première étape du planning chirurgical. Il est recommandé d'évaluer conjointement tous les paramètres diagnostiques du patient et les critères du chirurgien pour une meilleure personnalisation du planning chirurgical.

Pour ce, les sociétés ont développé des applications permettant au chirurgien de soumettre les données cliniques et paracliniques du patient afin d'avoir un second avis et d'obtenir un plan chirurgical adapté.

7.4. Le planning chirurgical dans notre étude :

Aucun nomogramme n'a été suivi dans notre étude.

La stratégie thérapeutique a été adaptée à chaque œil en suivant la méthode customisée conçue par le chirurgien.

8. Complications:

Les complications peuvent être liées à la technique chirurgicale, au nomogramme et à l'AIC lui-même. [38]

Tableau XXVIII: les caractéristiques des études évaluant les complications.

Auteur	Année	Etude	Type d'AIC	Suivi	Technique	Nb yeux
Monteiro et al. [40]	2019	Rétrospective	Keraring	1 an	FS vs M	376 (111 vs 265)
Abdellah et al. [74]	2019	Prospective	Keraring	3 ans	FS	38
Mounir et al. [42]	2018	Rétrospective	Keraring	4 ans	FS	623
Ferrara G et al. [41]	2012	Rétrospective	Ferrara	23,8	M	1073
Coskunseven et al. [44]	2011	Rétrospective	Keraring	–	FS	850

Nguyen, et al. [39] Ont réalisé une étude rétrospective sur 572 yeux pour évaluer l'incidence et les causes d'explantation des AIC (technique assistée au laser FS) utilisés pour le traitement du Kc et des autres ectasies cornéennes. Les causes ont été identifiées comme étant une complication médicale nécessitant le retrait des AIC, ou une explantation élective pour un problème réfractif et/ou topographique dans le but d'améliorer la vision. 6,1% des patients ont eu une explantation dont 2,6% à cause de complications.

En comparant les deux techniques :

- Monteiro, et al. [40] ont retrouvé que l'incidence des complications était significativement plus élevée dans la technique manuelle (18.11% contre. 3.6%), et quatre fois plus élevée durant la période d'apprentissage du chirurgien (7.92% durant les 3 premières années contre 1.51% durant les 3 dernières).

- Ferrara G, et al.[41] ont analysé une large série de 1073 yeux kératocôniques traités par des anneaux implantés manuellement. L'incidence des complications était très diminuée (3.82%) ; ceci a été expliqué par la maîtrise de la technique et l'évolution des nomogrammes (tableau XXIX).

- Concernant la technique assistée au laser FS, Mounir et al.[42] ont documenté la différence entre les taux de complications au début de la courbe d'apprentissage de la pratique des AIC et après avoir acquis de l'expérience (tableaux XXX ; XXXI); ils ont rapporté un taux de complications de 12,7% sur 4 ans, allant de 5.5% la première année à 0.96% la quatrième année. Les complications peropératoires sont survenues surtout au début de la courbe d'apprentissage (3.5% contre 0.48% à la fin) ; la perte du vide était la plus fréquente. L'incidence des complications postopératoires allait de 1.9% durant la première année à 0.5% à la quatrième année.

•La création du tunnel à l'aide du laser FS est plus rapide et plus facile, offrant des dimensions précises du tunnel (la profondeur, la largeur, et le diamètre). Cela implique un meilleur contrôle des complications per- et postopératoires [40-43].

Au total, la technique assistée au laser FS a permis de réduire le taux des complications postopératoires liées à la migration des segments et à la fonte cornéenne, mais a introduit de nouvelles complications peropératoires, notamment la création incomplète du tunnel et le lâchage de succion.

Avec les dissecteurs mécaniques, la profondeur du segment peut être proche de la surface cornéenne, ce qui augmente le risque d'extrusion tardive des AIC [42].

8.1. Complications peropératoires :

Les complications peropératoires (tableau XXXII) qui peuvent être observées sont :

8.1.1. La perte du vide (Lâchage de succion) :

Elle peut survenir durant l'aspiration (FS) en raison d'une mauvaise application du cône ou d'un serrage forcé par le patient.

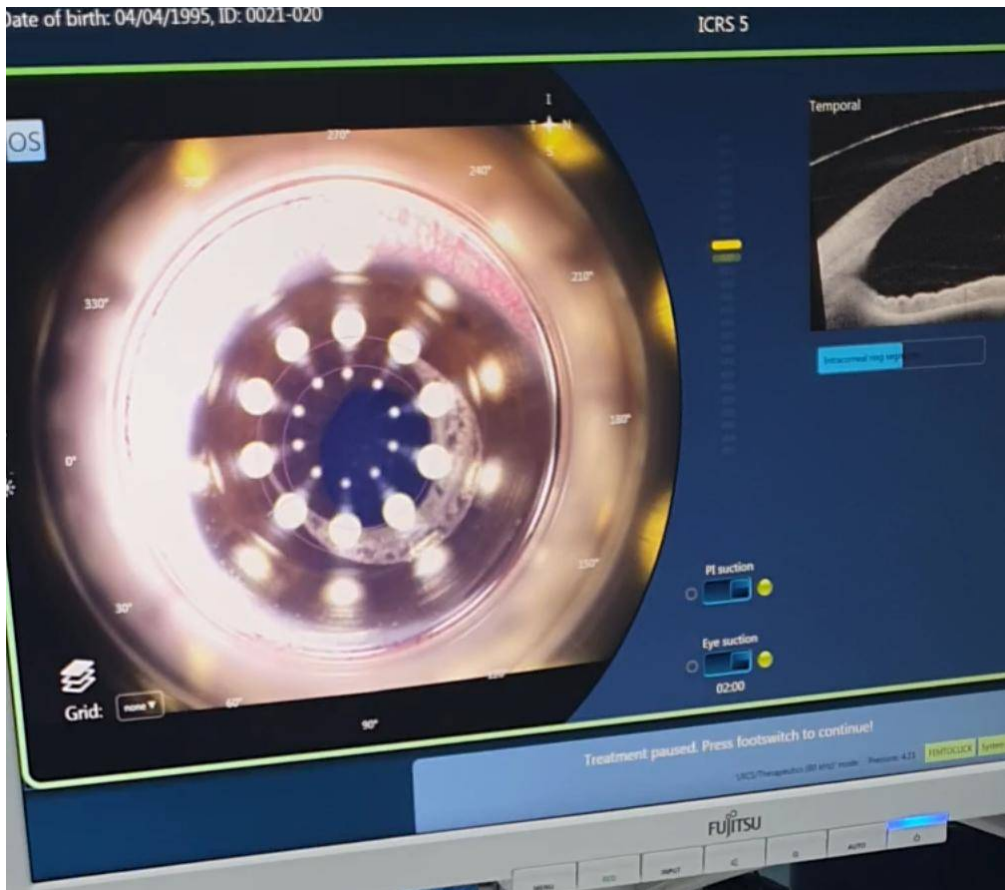


Figure 13: Lâchage de succion.

8.1.2. La création incomplète de tunnels :

Principalement en raison du faible réglage de la puissance du laser utilisé ou d'un couplage « docking » incomplet. Elle peut être résolue par la dissection mécanique.

8.1.3. La perforation de la surface cornéenne ou de la chambre antérieure :

L'une des complications les plus graves [44, 45], la perforation peut être secondaire à une pachymétrie préopératoire incorrecte ou à une création trop profonde du tunnel.

Si des bulles ont été constatées, ce qui peut aboutir à une perforation endothéliale, et si la dissection du tunnel n'a pas été encore complète, Une nouvelle profondeur de dissection peut être placée plus superficiellement et la procédure chirurgicale peut être poursuivie. Sinon, l'intervention doit être reportée d'au moins un mois [44,46, 47].

Pour éviter sa survenue, il est important de mesurer une pachymétrie correcte et précise dans la zone optique de 5 mm au niveau du site d'implantation par l'utilisation du laser FS sous contrôle OCT. Le point de référence doit être le point de la pachymétrie minimale au niveau du tunnel. C'est la méthode qui a été adoptée dans notre série pour le contrôle de la profondeur du tunnel.

8.1.4. La décentration des segments d'anneau :

Le patient ne regardant pas directement vers la lumière, ce qui donne un faux centre.

8.1.5. L'implantation de segments d'anneaux inversés :

L'orientation correcte de l'implant avec son sommet vers le haut est essentielle pour obtenir des résultats optimaux. Cela doit être vérifié avant l'implantation.

8.1.6. La cassure des segments d'anneau :

Les anneaux peuvent être cassés à l'intérieur de leur emballage, ou en raison d'une manipulation brutale par la pince à anneaux, ou en utilisant une pince mal adaptée au type de l'implant [42, 48-50].

8.1.7. La mauvaise orientation des segments de l'anneau trop superficiels ou trop profonds.

Tableau XXXIII: Comparaison de l'incidence des complications peropératoires dans différentes études.

	Monteiro et al.[40]	Mounir et al.[42]	Coskunseven et al.[44]	Notre étude
Création incomplète du tunnel	–	0,96%	2,60%	0
Perforation	1,51%(M), 0,9% (FS)	0,16%	0,60%	0
Lâchage de succion	–	1,30%	0,10%	1.36%
décentration	0% (M et FS)	1,12%	–	0

8.2. Complications postopératoires précoces :

8.2.1. Défets épithéliaux :

Pendant les premières 24 heures du postopératoire, les patients présenteront généralement une légère sensation de corps étranger.

Le taux des défets épithéliaux semble être plus élevé lorsque le tunnel est créé manuellement [51].

8.2.2. Œdème cornéen :

L'œdème cornéen postopératoire est en général faible et sa résolution est rapide.

Des rares cas d'œdème focal persistant au niveau du stroma adjacent à l'AIC ont été signalés.

8.2.3. Migration des segments :

La migration des anneaux est considérée comme un stade précoce de l'extrusion.

Mounir et al.[52] ont rapporté un taux de migration de 57.1% (4/7 yeux).

Parmi les facteurs causaux [42, 51, 53] :

- une largeur excessive de l'AIC implanté dans une cornée mince ;
- La forme de l'AIC (elliptique ou triangulaire) ;
- La différence entre le diamètre intérieur et extérieur du tunnel.

Si le tunnel créé était plus large que l'AIC prévu, il aurait laissé plus de place à sa migration. Tout facteur mécanique, comme un traumatisme ou un frottement des yeux, créera des forces vectorielles mécaniques qui pousseront les anneaux plus loin [53].

Lorsque la migration de l'implant amène son extrémité à proximité de l'incision, le segment doit être repositionné dès que possible. Ceci peut être facilement accompli à l'aide d'un crochet de Sinsky placé dans le tunnel cornéen à travers l'incision [54].

Une suture peut être effectuée empêchant le segment de migrer à nouveau [55, 56].

Agarwal, et al.[53] ont décrit une nouvelle technique efficace de fixation des AIC même après des migrations récurrentes. Elle consiste à faire passer la suture à travers le trou de l'anneau, créant ainsi un ancrage solide et empêchant sa migration ultérieure vers un tunnel large préexistant.

8.2.4. Extrusion :

L'extrusion des AIC est l'une des complications postopératoires les plus communes et nécessite son explantation.

Idéalement, un implant intra-stromal ne devrait pas affecter la physiologie normale de la cornée, car un implant imperméable a le potentiel d'entraver le mouvement des fluides et des nutriments dans la cornée. Une carence nutritionnelle du stroma antérieur à l'incrustation peut entraîner un œdème stromal antérieur et une fonte cornéenne, avec ulcération de la cornée et extrusion de l'implant [57]. Les implantations profondes permettent une nutrition adéquate du stroma sus-jacent et il y a moins de risque d'extrusion.

Différentes causes ont été considérées comme une étiologie d'extrusion, notamment la migration des segments et la fonte de la cornée qui précèdent l'extrusion totale des anneaux [42].

Le premier signe d'amincissement du stroma est généralement une tache épithéliale ponctuelle sur l'anneau. Ultimement, l'épithélium se décompose, le stroma se dissout et le segment s'extrude.

Mounir et al. [52] ont évalué la prévalence et les FDR d'extrusion sur 333 yeux kératocôniques. Ils ont rapporté :

- Un taux d'incidence de 2.7% (7yeux),
- Un intervalle moyen entre l'implantation et l'extrusion de 6.6 mois,
- Des FDR possibles :
 - La sévérité de la sécheresse oculaire et le frottement des yeux,
 - Le stade du Kc,

- La position du cône,
- Les yeux implantés avec deux anneaux, et/ou des anneaux plus épais, et /ou une longueur d'arc croissante,
- Un CXL simultané.

En outre, l'implantation peu profonde est considérée comme l'un des principaux FDR d'extrusion, car elle a été associée à la superficialisation de l'anneau, à l'amincissement du stroma, et à la dégradation de l'épithélium [58-61].

En conséquence, il faut partir du principe que la partie la plus épaisse d'un segment dans le lit stromal ne doit pas dépasser la moitié de l'épaisseur cornéenne. Si l'épaisseur désirée de l'AIC la dépasse, il faudra alors choisir un AIC de diamètre plus fin, même si la correction risque d'être inférieure à celle souhaitée.

Depuis que cette règle "loi de pachymétrie" pour l'implantation des AIC a commencé à être suivie, l'incidence de l'extrusion a diminué de manière significative [61].

8.2.5. Infection :

Les kératites infectieuses après l'implantation des AIC sont considérées très rares, et les infections prouvées par culture étaient inférieures à 1 % dans plusieurs grandes séries cliniques [58, 62]. Elles ont été rapportées avec les deux techniques [63].

Les bactéries et les champignons peuvent en être la cause. Le *Staphylococcus aureus* [64] apparaît dans jusqu'à 25% des cas, suivi par les espèces de *Pseudomonas* et *Streptococcus pneumoniae*, entre autres [55, 65, 66].

Les facteurs de risque sont [67] :

- Antécédents de traumatisme oculaire ;
- Le port de LC ;
- Antécédents pathologiques, notamment le diabète.

Les signes fonctionnels sont une photophobie, et des douleurs oculaires. Dans ce cas, un examen doit être réalisé en urgence pour éliminer une infection.

Les signes physiques sont un œdème ou un infiltrat du stroma adjacent au segment.

Un traitement empirique à base d'antibiotiques topiques à large spectre doit être instauré et il sera secondairement adapté en fonction de l'antibiogramme. Dans les cas où une infection grave est présente, et/ou le tunnel est atteint, et/ou l'évolution est défavorable, l'implant doit être explanté [47].

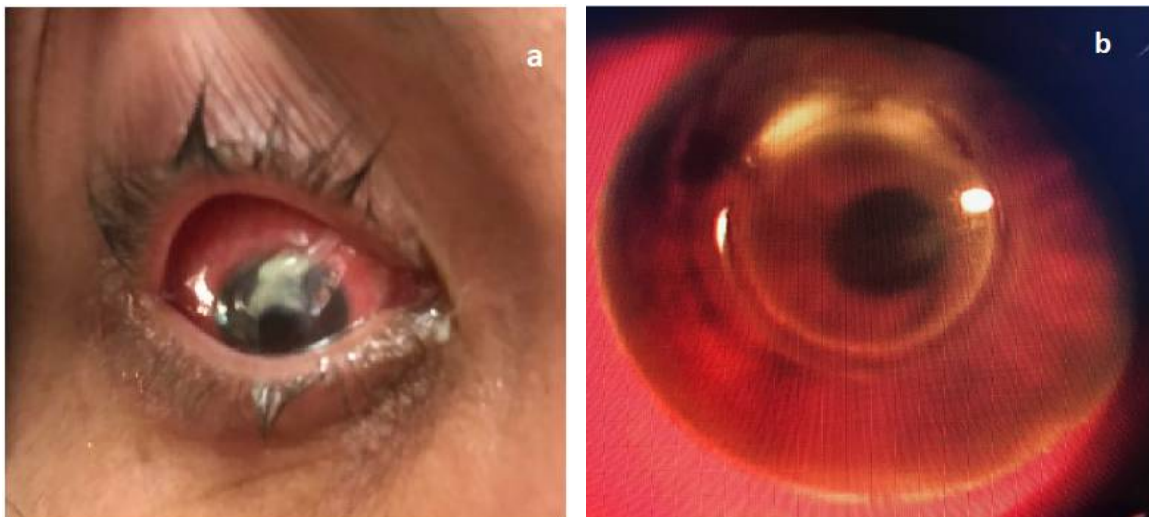


Figure 14: Abscès de cornée sur AIC (a) avec atteinte de sa partie supérieure(b).

8.2.6. Autres complications visuelles:

Les patients peuvent se plaindre d'éblouissements ou de halos de courte durée.

Au fur et à mesure que les tunnels sont disséqués, les lamelles se fendent, ce qui crée un haze de tunnel temporaire juste au centre de la face interne de chaque segment implanté. Ce haze disparaît au bout de 30 à 60 jours.

Les patients ayant de grandes pupilles sont plus prédisposés à développer ces symptômes visuels.

Un faible pourcentage de patients peut présenter des fluctuations visuelles diurnes, ce qui est observé plus fréquemment avec des segments plus épais [68, 69].

La sous- et la sur-correction sont des complications liées surtout au nomogramme. Bien que la prédictibilité des résultats postopératoires soit élevée, ces complications peuvent se produire en raison des différents profils viscoélastiques et biomécaniques des cornées kératocôniques [38, 41].

Vega-Estrada A et al [70] ont observé que les patients ayant une AV préopératoire supérieure à 0,9 sur l'échelle décimale avaient un risque élevé de perdre de lignes dans la MAVC en postopératoire. Par conséquent, l'implantation des AIC chez les patients ayant une bonne AV ne doit pas être considérée comme une technique fiable.

Comme déjà mentionné, le résultat précis d'une implantation des AIC dans un œil kératocônique est imprévisible, et le patient doit en être informé lors de la consultation préopératoire [9, 36]. Cependant, leurs effets sont réversibles, de sorte qu'un défaut de réfraction aggravé après l'implantation peut être amélioré par une simple explantation du dispositif [64, 71, 72].

8.3. Complications post-opératoires tardives :

Les patients ayant bénéficié d'une implantation d'AIC nécessitent un suivi à long terme en raison du risque de complications tardives.

8.3.1. Neovascularisation cornéenne :

Elle se voit habituellement chez les porteurs de LC ou lorsque le canal stromal est disséqué trop près du limbe [47].

La neovascularisation superficielle est généralement peu préoccupante sur le plan clinique.

Une neovascularisation profonde peut se produire au niveau du site de l'incision et le traitement consiste en des stéroïdes topiques voire l'explantation de l'anneau.

8.3.2. Extrusion tardive :

L'intervalle entre l'implantation et l'extrusion est différent d'un cas à l'autre, et le mécanisme reste incertain [52].

Des cas d'extrusion tardive (jusqu'à 20 ans du postopératoire [73]) ont été rapportés.

Abdellah et al.[74] ont rapporté une incidence élevée d'extrusion tardive arrivant jusqu'à 31.5% à 3 ans de suivi. Ce taux élevé a été lié au design du segment d'AIC (355°).

8.3.3. Autres :

- Dislocation tardive de l'anneau dans la chambre antérieure ;
- Nécrose du stroma antérieur ;
- Douleurs chroniques.

Tableau XXXIV: Incidence des complications postopératoires dans différentes études.

	Monteiro et al.[40]	Abdellah et al. [74]	Mounir et al. [42]	Ferrara et al. [41]	Coskunseven et al. [44]	Notre étude
Migration	–	–	1,60%	–	0,80%	0
Infection	1,13% (M), 0,9% (FS)	0%	0,64%	–	0,10%	1.36%
Extrusion	5,66% (M), 0% (FS)	31,25%	0,64%	0.56%	–	0
Neovascularisation	0% (M et FS)	36,84%	–	0.18%	–	0
Sous-correction	–	–	–	1.49%	–	0
Sur-correction	–	–	–	1.02%	–	0

8.4. Les complications dans notre étude:

Pour ce qui est de complications peropératoires, un cas de lâchage de succion est survenu (1.36%). L'intervention a été interrompue et reportée plus tard.

Pour ce qui de complications postopératoires dans notre étude, il y a eu un seul cas d'infection sur anneau extrudé (1.36%). La patiente a présenté à trois mois du postopératoire un œil rouge douloureux, l'examen ophtalmologique a objectivé une infection de la partie supérieure de l'AIC avec hypopion de 1mm (figure 14). Une antibiothérapie a été instaurée en urgence. L'examen ophtalmologique de contrôle a montré la disparition de l'hypopion, la réduction de l'infiltrat, et un test à la fluorescéine positif au niveau de la partie supérieure de l'anneau. Une OCT a été réalisée objectivant une exposition de l'AIC. Ce dernier a été explanté.

Ce faible taux de complications (2.72%) peut être expliqué par le recours à la technique assistée au laser FS quant à la pose des anneaux et sa maîtrise par le chirurgien, et par l'utilisation d'un planning chirurgical customisé.

9. Prédiction des résultats de l'implantation des AIC :

Plusieurs auteurs ont essayé de comprendre la meilleure façon de prévoir les résultats de l'implantation des AIC par l'analyse de différents paramètres.

Certaines études [75, 76] ont constaté que des résultats réfractifs satisfaisants et une réduction significative des aberrations de type coma-like, sont attribués au choix de la longueur d'arc et de l'épaisseur de l'anneau implanté, car plus l'épaisseur de ce dernier est importante, plus l'effet obtenu sera important.

Utine et al. [77] ont constaté que la valeur préopératoire de l'indice de variance de surface (ISV), et la kératométrie simulée moyenne (SimKavg) semblent être les meilleurs prédicteurs de gains visuels après implantation des AIC.

Une analyse récente des données visuelles, réfractives, topographiques, aberrométriques et biomécaniques préopératoires, a montré que plus la différence entre les AVNC et MAVC préopératoires est grande, et plus la coïncidence des points les plus élevés des deux surfaces cornéennes sur les cartes d'élévation est grande, plus la valeur prédictive de la réussite de l'implantation des AIC sera meilleure [78].

D'autres études [9, 33, 70, 79] ont montré que l'implantation d'AIC était plus efficace chez les personnes présentant des stades modérés de la maladie, et que l'imprévisibilité de cette chirurgie, lorsqu'elle est pratiquée sur des yeux présentant un kératocône débutant, reste une source de préoccupation.

La MAVC préopératoire est également l'un des facteurs pronostiques du traitement du kératocône par les AIC, vu que les patients présentant une vision nettement réduite sont ceux qui gagneraient significativement plus de lignes en postopératoire [6, 70, 80].

En revanche, Piñero et al.[81] ont constaté que l'aberrométrie cornéenne avait un grand potentiel de prédiction des résultats visuels postopératoires.

Au total, les résultats de cette procédure peuvent dépendre de nombreux facteurs [27, 82, 83]:

- La technique chirurgicale (manuelle ou assistée au laser FS) ;
- L'implant utilisé (nombre, épaisseur, longueur d'arc, diamètre apicale) ;
- Les caractéristiques préopératoires du Kc.

Il est donc nécessaire de réajuster les nomogrammes en utilisant des données cliniques plus objectives ou des modèles mathématiques cornéens plus complexes pour obtenir des résultats plus prévisibles [84].

II. L'implantation des anneaux intra cornéens seule :

Les AIC implantés dans les yeux kératocôniques améliorent l'acuité visuelle non corrigée (AVNC) et la meilleure acuité visuelle corrigée (MAVC), réduisent la myopie, l'astigmatisme (LOA) (effet réfractif), et les aberrations de haut degré (HOA), et régularisent la cornée par le biais d'une augmentation de l'épaisseur cornéenne périphérique (effet volumétrique) entraînant donc un aplatissement cornéen central (effet topographique) [18].

Des études ont montré que le coma est la principale aberration responsable de la limitation de l'AV en cas de kératocône, et c'est celle qui ne peut pas être entièrement corrigée par des lunettes ou des lentilles de contact souples [85, 86].

Le but de l'implantation des AIC dans le Kc n'est pas d'être exempt de lunettes ou de lentilles de contact (LC), mais de permettre au patient de mieux voir avec des verres correcteurs ou pour lui permettre de tolérer ses LC, afin de prévenir ou de retarder la nécessité d'une kératoplastie pénétrante ou d'une kératoplastie lamellaire antérieure profonde.

Les résultats d'une implantation d'un segment d'AIC sont directement corrélés à son épaisseur et inversement à sa distance par rapport à l'axe visuel ou à la ZO ; l'AIC aplatit la cornée et l'effet persiste pendant une période prolongée [38, 87, 88].

Tableau XXXV: Caractéristiques des études évaluant les résultats de la pose des AIC.

Auteur (année)	Type d'étude	Technique	Nb yeux	Type d'AIC	Suivi (mois)
Abdelaziz et al. (2018) [50]	Prospective	FS	30	Keraring355	6
Muftuoglu et al.(2017) [93]	Rétrospective	FS	89	Keraring	15,1
Prisant et al. (2019) [94]	Rétrospective	FS	104	Keraring AS	3
Rocha et al. (2018) [96]	Prospective	FS	34	AIC 320	6,63
Sandes et al. (2018) [95]	Rétrospective	FS ou M	58	Ferrara	16,8
Torquetti et al. (2016) [92]	Rétrospective	M	50	Ferrara	12,7
Torquetti et al. (2018) [49]	Prospective	FS ou M	138	Ferrara320	6,2
Utine et al. (2018) [91]	Rétrospective	FS	42	Keraring	3
Ismail et al. (2019) [110]	Prospective	FS	38	Myoring	3
Notre étude	Rétrospective	FS	43	Keraring	6

1. Les résultats visuels :

En concordance avec de nombreuses études, les AVNC et MAVC sont améliorées significativement qu'elle que soit la technique chirurgicale (M ou FS) et le type d'AIC implanté (tableau XXXVI) [28, 49, 50, 70, 89-96]. La plupart des études publiées ont suivi le nomogramme de la société (le nomogramme de Ferrara de 3^{ème} génération [92], le nomogramme de Keraring 2009 [91] ou 2018 [94]).

Tableau XXXVII: Comparaison des AVNC moyennes pré- et postopératoires dans différentes études.

Auteur	AVNC Préopératoire	AVNC Postopératoire	p
Abdelaziz et al. 2018 [50]	0,05	0,1	< 0.01
Ismail et al. 2019 [110]	0,05	0,31	0,03
Muftuoglu et al. 2017 [93]	0,21	0,81	<0.001
Prisant et al, 2019 [94]	0,15	0,34	<0.001
Rocha et al. 2018 [96]	0,04	0,23	< 0.01
Sandes et al. 2017 [95]	–	–	–
Torquetti et al. 2016 [92]	0,15	0,48	<0.0001
Torquetti et al. 2018 [49]	0,08	0,33	<0.001
Utine et al, 2018 [91]	0,09	0,42	<0.001
Notre étude	0,15	0,42	<0,0001

Tableau XXXVIII: Comparaison des MAVC moyennes pré- et postopératoires dans différentes études.

Auteur	MAVC préopératoire	MAVC postopératoire	p
Abd elaziz et al. 2018 [50]	0,22	0,49	< 0.01
Ismail et al. 2019 [110]	0,29	0,34	0,01
Muftuoglu et al. 2017 [93]	0,44	0,85	<0.001
Prisant et al, 2019 [94]	0,38	0,61	<0.001
Rocha et al. 2018 [96]	0,3	0,66	< 0.01
Sandes et al. 2017 [95]	0,31	0,5	<0.01
Torquetti et al. 2016 [92]	0,38	0,89	<0.0001
Torquetti et al. 2018 [49]	0,33	0,66	<0.001
Utine, et al, 2018 [91]	0,29	0,62	<0.001
Notre étude	0,35	0,74	<0,0001

2. Les résultats réfractifs :

La diminution des erreurs de réfraction n'indique pas nécessairement une amélioration de l'AV ; et le succès de la chirurgie ne doit pas être évalué uniquement par la réfraction postopératoire, raison pour laquelle l'analyse des données réfractives n'a pas été réalisée dans notre étude.

En effet, les critères de base pour le gain visuel après l'implantation des AIC doivent encore être clarifiés.

Étant donné que les changements postopératoires des erreurs de réfraction ne sont pas indicatifs d'une amélioration de l'AV, l'attention a déjà été focalisée sur l'asphéricité cornéenne, qui sert de marqueur de la qualité visuelle et la rendre « normale », et peut être un prédicteur de gain visuel [91].

3. Les résultats topographiques :

3.1. La kératométrie :

De nombreuses études (tableau XXXIX) ont rapporté un aplatissement de la cornée antérieure avec une diminution significative de la kératométrie maximale après l'implantation des AIC [50, 92-94, 97-99]. Cette réduction kératométrique est observée également dans notre série avec 79% des yeux qui ont présenté une diminution de K max d'au moins 1D.

Tableau XL: Comparaison des résultats kératométriques dans différentes études.

Auteur	Kmax (D) préopératoire	Kmax (D) postopératoire	p
Prisant et al. 2019 [94]	53.6	50.3	<0.001
Abd elaziz et al. 2018 [50]	60,9	52,3	< 0.01
Ismail et al. 2019 [110]	56,12	53,09	<0.002
Muftuoglu et al. 2017 [93]	53,7	48,37	<0.001
Rocha et al. 2018 [96]	59,97	55,73	< 0.01
Notre étude	60,86	57,31	<0,0001

3.2. La pachymétrie :

Comme l'a montré notre étude, d'autres ont également rapporté une augmentation statistiquement significative de la pachymétrie minimale en post-AIC [92, 93].

Cela peut s'expliquer théoriquement par un remodelage du collagène cornéen induit par l'implantation des AIC. En agissant comme des "espaceurs", les segments d'anneau pourraient interférer dans le turnover du collagène cornéen, avec pour conséquence une augmentation de la pachymétrie cornéenne [100].

Tableau XLI: Comparaison des pachymétries minimales pré- et postopératoires dans différentes études.

Auteur	Préopératoire	Postopératoire	p
Muftuoglu et al. 2017 [93]	447	464	< 0.05
Torquetti et al. 2016 [92]	461	473	<0.0001
Notre étude	421,2	439,39	<0,0001

3.3. Le coefficient d'asphéricité cornéenne (Q value) :

Une surface sphérique a une Q value de 0.00. Une surface prolata a une valeur négative, tandis qu'une surface oblate a une valeur positive [91, 101].

L'asphéricité physiologique de la cornée humaine présente une variation individuelle significative allant d'un type oblate à un type prolata modéré [102, 103] ; une Q value moyenne de $-0,26 \pm 0,18$ (entre -0,88 et +0,50).

Selon le mécanisme d'action des anneaux, plus l'arc du segment est long, plus la modification de l'asphéricité et la réduction de la kératométrie seront importantes.

L'asphéricité doit être le premier paramètre à prendre en compte dans la sélection de l'anneau selon le nomogramme de 4^{ème} génération de Ferrara [34, 35], et une valeur cible d'asphéricité postopératoire égale à -0.23 est l'objectif.

Le coefficient d'asphéricité antérieur a été augmenté de façon significative dans plusieurs études, de même que la nôtre. Cependant, l'augmentation la Q value postérieure a été statistiquement significative contrairement aux études publiées (tableau XLII) [34, 35, 49, 91-96].

Par conséquent, l'implantation des AIC permettra de rapprocher l'asphéricité cornéenne antérieure d'une forme "prolate avancée" à une forme "prolate optimale" (Qant -0.52) et une Q value optimale de -0,46. Ce résultat pourrait jouer un rôle dans l'amélioration des AVNC et MAVC.

Utine et al [91], ont rapporté que la variation de Qant a été corrélée avec la variation de SimKavg ($P < 0,01$). En effet, les valeurs pré- et postopératoires de Qant et de SimKavg semblent être déterminantes de l'amélioration de l'acuité visuelle, et la meilleure amélioration de l'AVNC et de la MAVC a été observée dans les yeux dont le Qant postopératoire était $> -0,50$.

Tableau XLIII : Comparaison des Q values pré- et postopératoires dans différentes études.

		Utine, et al. 2018 [91]	Torquetti et al. 2018 [49]	Rocha et al. 2018 [96]	Sandes et al. 2017 [95]	Torquetti, et al, 2016 [92]	Ismail et al. 2019 [110]	Notre étude
Qant	preop	-1,06	-1,25	-1,14	-0.60	-1,23	-0,49	-1,28
	postop	-0,57	-0,31	-0,35	-0.23	-0,41	0,23	-0,38
	p	<0.001	<0.001	< 0.01	<0.01	0.0019	0,01	0,001
Qpost	preop	-1,02	–	–	–	–	-0,76	-1,25
	postop	-1,02	–	–	–	–	-0,47	-1,01
	p	0.92	–	–	–	–	0,38	0,003

4. Les résultats aberrométriques:

La courbure de la surface cornéenne antérieure est fortement corrélée à la courbure de la surface postérieure, car les HOA de la cornée postérieure compensent les HOA de la cornée antérieure dans les cornées saines et celles atteintes de kératocône [104-106].

Il a été constaté que les aberrations cornéennes et optiques diminuent en postopératoire [97, 107, 108].

Muftuoglu, et al [93]. ont constaté une diminution significative des aberrations cornéennes antérieures et une augmentation des aberrations cornéennes postérieures, principalement le coma, après l'implantation des AIC.

En outre, les études qui ont évalué la qualité optique en analysant les changements des HOA cornéennes antérieures ont constaté une réduction de ces variables après l’insertion des anneaux, et plus particulièrement une amélioration des aberrations asymétriques (coma et coma-like) qui sont responsables de limitations chez les patients kératocôniques. Ces changements observés dans le coefficient d'aberrométrie sont attendus en raison de la capacité des implants à régulariser la géométrie du tissu cornéen [70, 109].

5. Les résultats à long terme :

En matière des résultats à long terme du traitement du kératocône par les AIC seuls, ils existent des controverses concernant la stabilité de la procédure après une longue période de temps.

Certaines études (tableau XLIV) ont fait état de la stabilité à long terme de cette technique [6, 38, 74, 87, 109, 111, 112].

Tableau XLV: Les caractéristiques des études à long terme.

Auteur	Etude	Année	Nb yeux	Technique	AIC	Suivi
Kang MJ et al. [111]	Rétrospective	2019	30	FS	INTACS	5 ans
Abdellah et al. [74]	Prospective	2019	38	FS	Kearing 355	3 ans
Fernández-Vega-Cueto et al. [112]	–	2019	20	FS	Ferrara	3 ans
Gauthier et al. [6]	Rétrospective	2016	32	FS	Ferrara	1 an
Torquetti et al. [38]	Rétrospective	2009	35	M	Ferrara 160	5 ans
Vega-Estrada et al. [109]	Rétrospective	2013	51	FS ou M	Kearing ou INTACS	5 ans

Tableau XLVI: Comparaison des résultats des AVNC à long terme dans différentes études.

Auteur	AVNC moyenne (p*)							
	préop	post-opératoire						
		1 mois	3 mois	6 mois	1 an	2 ans	3 ans	5 ans
Kang MJ et al. [111]	0,13	–	–	–	0,21 (0)	–	0,23 (0)	0,18 (0,074)
Abdellah et al [74]	0,11	–	0,34	0,33	0,32	0,28	0,23 (≤ 0,001)	
Fernández-Vega-Cueto et al. [112]	0,17	–	–	0,41 (<0,0001)	0,41		0,4	
Gauthier et al [6]	0,09	0,14 (< 0,0001)	–	0,19	0,22 (<0,0001)	–	–	–
Vega-Estrada, et al. [109]	0,22	–	–	0,45 (0,04)	–	–	–	0,35
Torquetti, et al [38]	0,15	0,25	–	–	0,29	0,29	0,33	0,31 (0,003)
Notre étude	0,14	–	0,46 (<0,05)	0,49 (<0,05)	–	–	–	–

p* : comparaison par rapport aux valeurs préopératoires.

Tableau XLVII: Comparaison des résultats des MAVC à long terme dans différentes études.

Auteur	MAVC moyenne (p*)							
	préop	post-opératoire						
		1 mois	3 mois	6 mois	1 an	2 ans	3ans	5 ans
Kang MJ et al. [111]	0,3	–	–	–	0,4 (0.008)	–	0,41 (0.002)	0,39 (0.011)
Abdellah et al [74]	0,21	–	0,51	0,51	0,42	0,4	0,37 (< 0.001)	–
Fernández-Vega-Cueto et al. [112]	0,85	–	–	0,90 (0.0008)	0,91	–	0,93	–
Gauthier et al [6]	0,36	0,53 (<0,0001)	–	0,62	0,69 (<0,0001)	–	–	–
Vega-Estrada, et al [109]	0,53	–	–	0,71 (<0,01)	–	–	–	0,68
Torquetti, et al [38]	0,41	0,56	–	–	0,61	0,63	0,62	0,59 (0,002)
Notre étude	0,33	–	0,8 (<0,05)	0,86 (<0,05)	–	–	–	–

p* : comparaison par rapport aux valeurs préopératoires.

Kang MJ, et al.[111] ont évalué les changements visuels, topographiques et aberrométriques postopératoires pendant une période de suivi de 5 ans ; il ont trouvé que :

- L'AVNC a été améliorée à un an et maintenue constante pendant trois ans. Cependant, elle a diminué au bout de cinq ans pour atteindre le niveau préopératoire (tableau XLVIII) ;

- La MAVC a été améliorée à un an et maintenue constante pendant toute la période du suivi, (tableau XLIX)
- L'indice d'asymétrie verticale (IVA) a diminué à partir de 3 ans du postopératoire,
- La pachymétrie la plus fine était inchangée durant ces 5ans,
- Le coma (HOA) a diminué de façon continue pendant 5ans.

Fernández-Vega-Cueto et al. [112] ont analysé sur une période de 3 ans les résultats visuels et réfractifs de l'implantation des AIC dans une série de 20 yeux avec un Kc central de type « bowtie ». Leurs résultats ont montré une grande amélioration des différents paramètres :

- l'AVNC était d'environ 20/40 sauf dans 5% (1 œil), alors que 6 mois du post-opératoire, 55% (11yeux) avaient une AVNC de 20/40 ou plus ;
- La MAVC s'est également améliorée : Aucun œil n'a perdu de lignes de MAVC, 45% ont en gagné. 11 yeux qui ont maintenu leurs MAVC avaient de bonnes valeurs pré-opératoires ;
- Il y a eu une réduction des erreurs réfractives dans tous les yeux, ce qui a permis une grande amélioration de l'AVNC ;
- Les valeurs de Kmax ont été également réduites, rendant la cornée plus sphérique et réduisant le cylindre de réfraction ;
- Pendant la période de suivi, tous les paramètres étudiés ont été stables : Aucun œil n'a perdu de lignes des AVNC et MAVC, ou n'a eu une augmentation de la kératométrie maximale supérieure à 0,75D.

Nos résultats à 06 mois du postopératoire rejoignent ceux de Fernández-Vega-Cueto et al. sur le plan des acuités visuelles et de la kératométrie maximale. La période de suivi dans notre travail s'est limitée à 6 mois du postopératoire vu que les données ont été colligés sur les deux dernières années et que certains patients ont été perdu de vue.

D'autres études retrouvaient un relâchement des valeurs kératométriques [79, 109]. Il existerait un remodelage cornéen stromal lié à la progression du kératocône ; de plus le relâchement des valeurs kératométriques était plus important chez les patients présentant un stade avancé de kératocône.

Tableau L: Comparaison des valeurs kératométriques à long terme dans différentes études.

Auteur	Kmax moyenne (p*)							
	préop	Postopératoire						
		1 mois	3 mois	6 mois	1 an	2 ans	3ans	5 ans
Luis Fernández-Vega et al. [112]	46.34	–	–	44.32 (<0.0001)	stable ND	–	stable ND	–
Abdellah et al [74]	53.82	–	47.48	47.44	48.04	49.51	50.47 (<0.001)	–
Gauthier et al. [6]	51,14	47,75 (0,007)	–	47,94	48,52 (0,0485)	–	–	–
Torquetti, et al [38]	54.07	49.36	–	–	48.22	47.84	47.06	48.09 (0)
Notre étude	61,71	–	55,92 (<0,05)	53,88 (<0,05)	–	–	–	–

p* : comparaison par rapport aux valeurs préopératoires.

La principale limite de la plupart des cohortes reste l'absence de précision de la forme de la maladie (stable ou progressive) dans les cas évalués.

Vega-Estrada et al. [109, 113] ont constaté que la stabilité de l'implantation des AIC à long terme était dépendante de l'allure progressive du kératocône au moment de l'intervention. Ainsi, dans les cas où la maladie est stable, l'implantation des AIC reste sans changement significatif après une longue période de suivi. Pourtant, dans les cas présentant des critères de progression, le résultat obtenu immédiatement après l'intervention est susceptible d'être perdu après une longue période.

La stabilité de la maladie devrait être donc confirmée avant de suggérer l'implantation. Pour les cas progressifs, un CXL combiné peut être envisagé afin d'arrêter la progression de la maladie et de maintenir la réponse obtenue des AIC à long terme [54].

III. Méthodes combinées :

Les résultats de l'implantation des AIC sont insatisfaisants dans certains cas, et des moyens supplémentaires sont souvent nécessaires pour les améliorer [18]. Des études récentes évaluent les effets synergiques des méthodes combinées impliquant les AIC [29].

1. AIC + CXL :

Comme mentionné ci-dessus, il existe des controverses concernant la stabilité de l'implantation des AIC à long terme, et si elle constituait une option pour ralentir la progression du Kc. Plusieurs études ont conclu que les résultats de la procédure étaient stables à long terme [38, 83, 109, 112, 114-116] ; cependant, la plupart de ces études n'ont pas précisé si les cas analysés étaient stables ou progressifs avant l'intervention.

Vega-estrada et al. [117] ont évalué les résultats visuels, réfractifs, et topographiques à long terme (5 ans) de l'implantation des AIC afin de déterminer leur capacité à arrêter la progression naturelle du Kc chez 18 yeux de jeunes patients (30 ans ou moins au moment de l'intervention) dont l'évolution de la maladie a été confirmée. Ils ont rapporté une régression des résultats au cours de la période de suivi, suggérant que la procédure pourrait ne pas être capable d'arrêter la progression de la maladie.

Cependant, Roberts CJ et al. [18] ont déclaré que les anneaux intra cornéens ont été responsables de la création d'un nouvel environnement biomécanique par la modification de la courbure cornéenne et donc l'interruption du cycle biomécanique de décompensation, le résultat est la stabilisation de la maladie (figure 15).

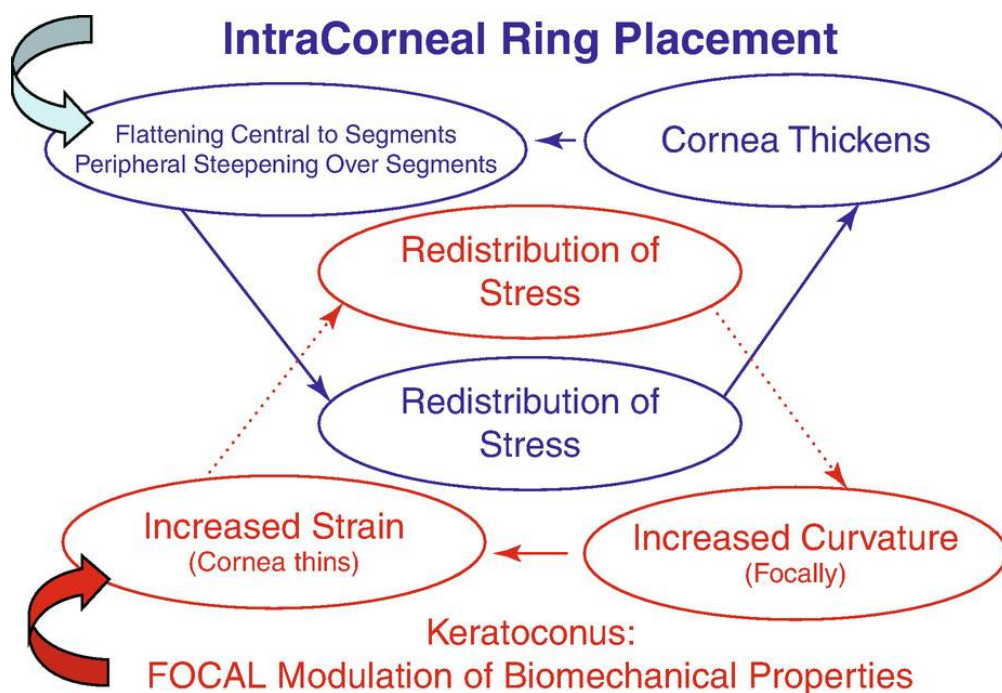


Figure 15: Interruption du cycle de décompensation dans le kératocône par les anneaux intra-cornéens [118].

Le principal traitement ayant démontré son efficacité dans le ralentissement, voire l'arrêt de la progression de la maladie est le CXL [119, 120].

Actuellement, il n'y a pas de consensus sur les critères de progression du Kc [121-123]. Ils peuvent être basés sur :

- L'augmentation des valeurs kératométriques ;
- La diminution de la pachymétrie ;
- L'augmentation des élévations ;
- La progression selon la classification Belin ABCD [121].

Le crosslinking (CXL) utilise les ultraviolets (UV)-A et la riboflavine (vitamine B2) pour renforcer les liens covalents des fibrilles de collagène du stroma cornéen et améliorer les propriétés viscoélastiques de la cornée (diminution de l'élasticité et augmentation de la viscosité) [124, 125].

Le crosslinking PLUS (CXL PLUS) est défini par la combinaison du CXL et d'une procédure réfractive : AIC et/ou, PKR topo-guidée et/ou, LIO [126], pour avoir un effet synergique en améliorant l'acuité visuelle et en ralentissant la progression du kératocône [127, 128].

Les indications du CXL PLUS dépendent de nombreux facteurs, principalement le degré de l'astigmatisme et de la myopie, et les données de la kératométrie et de la pachymétrie [129].

Il est supposé que le CXL induit un aplatissement cornéen supplémentaire en association avec les AIC, aboutissant à des effets plus importants sur les résultats visuels [124, 127, 130-133].

Il existe des données controverses concernant la chronologie optimale et le timing du CXL et AIC [133-136].

Le protocole du CXL utilisé dans la plupart des études évaluant ce traitement additif, est celui de Dresden [137]. Il consiste en l'excision de l'épithélium, la saturation de la cornée par la riboflavine, et son irradiation pendant 30 minutes. Des études récentes ont exploré l'efficacité du CXL en intra tunnel, Flash CXL, et épithélium-On CXL avec les AIC [138-140].

1.1. Séquence CXL puis AIC :

Henriquez et al. [135] ont réalisé une étude prospective incluant 9 yeux ayant un Kc progressif qui ont bénéficié d'un traitement combiné CXL en premier, suivi d'une implantation manuelle des AIC, suivant un ancien nomogramme (Bicalho nomogramme), 6 mois plus tard. Ils ont rapporté les résultats suivants :

- Une amélioration statistiquement significative de l'AVNC ;
- La différence entre les valeurs de la MAVC pré et postopératoires n'était pas significative ;
- En termes de courbure cornéenne, ils ont décrit une réduction postopératoire des kératométries simulées maximale et minimale de 5.58D et 4.14D respectivement, entraînant un aplatissement cornéen acceptable sur une cornée plus rigide préalablement traitée par le CXL ;
- En ce qui concerne les résultats réfractifs, les valeurs moyennes des réfractions sphériques et cylindriques avaient significativement diminué de 2.39 D (P = 0.02) et 3.97 D (P<0.001) par rapport aux valeurs préopératoires.

Tableau LI: Comparaison des résultats du traitement séquentiel CXL suivi d'AIC.

		Henriquez et al. [135]	Notre étude
AVNC	Préop	0,08	0,09
	Post-CXL	0,18	–
	Post-AIC	0,6	0,31
	p	<0.001	0,001
MAVC	Préop	0,55	0,43
	Post-CXL	0,57	–
	Post-AIC	0,76	0,72
	p	0.05	0,001
K max	Préop	50,73	62,32
	Post-CXL	50,16	59,87
	Post-AIC	45,15	56,63
	p	< 0.001	0,002

Nos résultats sont concordants avec ceux rapportés par Henriquez et al. sauf pour la MAVC qui a été significativement améliorée dans notre étude. La même séquence a été utilisée chez nos patients, mais la technique d'implantation et le nomogramme suivis ont été différents.

Le choix de cette séquence a été argumenté par :

- Les patients ayant une incision cornéenne sont plus susceptibles de développer un haze modéré à sévère après un CXL ;

- Comme la littérature [25, 26] a montré que le CXL produisait des réductions statistiquement significatives des valeurs kératométriques et des erreurs réfractives avec le temps, il a fallu attendre 6 mois avant l'implantation pour prendre en compte ces changements ;
- L'avantage de ralentir d'abord la progression de la maladie, puis de traiter les erreurs réfractives résiduelles par la meilleure option convenable.

Ainsi, une hypothèse a suggéré que les modifications du collagène cornéen après le CXL augmentent la rigidité biomécanique globale de 4.5 fois, et le placement des anneaux peut modifier le schéma et la distribution des modifications du collagène pour un effet plus marqué [141].

Néanmoins, Quelques études ont montré que cette séquence avait la plus faible amélioration postopératoire avec des difficultés accrues de dissection chirurgicale, des besoins plus importants en énergie pour le laser FS, et un risque plus élevé de haze cornéen pouvant être en relation avec la génération de canaux dans un tissu cornéen déjà réticulé [128, 134, 136].

Dans une étude prospective comparative randomisée, Coskunseven et al. [134] ont comparé les deux séquences; le groupe 1 (CXL suivi d'implantation d'AIC) et le groupe 2 (implantation d'AIC suivi de CXL) avec un intervalle moyen de 7 mois. L'évaluation des résultats finaux a révélé une augmentation statistiquement significative de la MAVC plus importante dans le groupe 2 (3 lignes vs. 2 lignes), et une diminution statistiquement significative du cylindre plus importante dans le groupe 2 (2.48D vs 1.76D). Cependant, Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes en matière d'AVNC, d'équivalent sphérique, et de kératométrie moyenne. Leurs résultats suggèrent qu'un traitement préalable par le CXL (la cornée devenant plus rigide), limitera l'effet des AIC et diminuera leur potentiel d'aplatissement.

1.2. Séquence AIC puis CXL :

Dans une étude rétrospective sur 25 yeux kératocôniques, Ertan et al [142] ont évalué l'efficacité du traitement combiné AIC (technique mécanique) puis CXL avec un intervalle moyen de 3.98 mois. Ils ont rapportés une amélioration de tous les paramètres analysés (tableau LII), avec une signification statistique pour les AV et les valeurs sphériques ($P < 0.05$) ;

Les AIC, à eux seuls, ont contribué à :

- l'amélioration de presque de 2 lignes dans l'AVNC et la MAVC ;
- La réduction de la myopie avec une diminution de la sphère de 2 D et une diminution du cylindre de près de 0,5 D ;
- Un aplatissement moyen de -1,28 D de Kmax.

Après le CXL :

- Une ligne supplémentaire d'AVNC et de MAVC a été gagnée ;
- Une autre amélioration de la sphère de 0,50 D et seulement une petite diminution du cylindre (0,15 D) ont été obtenues;
- Un aplatissement supplémentaire a été constaté (diminution de Kmax de 0.76D).

Tableau LIII: Les résultats du traitement séquentiel AIC puis CXL dans différentes études.

		El awady et al. (2012) [127]	Ertan et al. (2009) [142]
Nb yeux		21	25
AVNC	Préop	0,05	0,16
	Post-AIC	0,23	0,35
	Post-CXL	0,23	0,48
	p	–	<0.05
MAVC	Préop	0,18	0,41
	Post-AIC	0,39	0,65
	Post-CXL	0,41	0,72
	p	–	<0.05
Changements réfractifs		diminution de ES de 2,91D , et du cylindre de 2,3D	diminution de la sphère de 2,21D et du cylindre de 0,63D
Changements topographiques		les valeurs de K moyenne ont diminuées de 3,1D	diminution de k moyenne de 2,25D

Un seul œil a bénéficié de cette séquence dans notre série ; l'implantation a été assistée au laser FS et l'intervalle de temps a été d'une semaine entre la mise en place de l'anneau et le CXL. En comparant les résultats préopératoires à ceux après le CXL, les AV ont été également significativement améliorées chez notre cas, un aplatissement de -1.2 D et une augmentation de la pachy min de +39 µm ont été retrouvés. L'asphéricité cornéenne est passée d'une forme prolata à une forme oblate. L'analyse de ces deux derniers paramètres n'a pas été trouvée dans la littérature.

Bien qu'il semble évident de remodeler la cornée avant de la stabiliser par le CXL [134], il existe des préoccupations concernant l'effet additif du CXL aux AIC qui est causé par deux facteurs : les deux interventions provoquent un aplatissement cornéen ; et le tunnel créé pour l'insertion de l'implant peut être responsable d'une accumulation et d'une concentration localisées de la riboflavine autour du segment d'anneau [134, 141, 143]. Des nouvelles fibres de collagène seront formées autour de l'anneau et vont s'épaissir avec le temps sous l'effet de l'exposition aux UV [141, 144] ; cela peut contribuer à un resserrement de l'anneau à la périphérie de la cornée et à un « pulling-back » du cône [124 132 145].

De plus, certains chercheurs ont constaté que la réalisation du CXL après une chirurgie cornéenne peut résulter en des opacités cornéennes exagérées et des cicatrices définitives [133].

Dans leur essai clinique, Hersh et al. [146] n'ont rapporté aucune différence statistiquement significative en comparant le traitement séquentiel AIC suivi du CXL et le traitement simultané.

1.3. AIC et CXL simultanés :

Il a été supposé qu'il pourrait y avoir un effet additif des deux procédures lorsqu'elles sont réalisées le même jour, avec le CXL servant de procédure de stabilisation et renforçant les avantages des AIC [124, 136, 139, 147].

Ce traitement simultané pourrait offrir l'avantage de délivrer la riboflavine à la cornée par son injection directe dans le tunnel stromal, évitant ainsi le besoin de retirer l'épithélium [148].

Plusieurs études publiées ont conclu que le traitement simultané était efficace et sécurisé [125, 131,139, 149, 150].

Ibrahim et al. [125] ont rapporté les résultats de l'implantation des AIC assistée au laser FS combinée au CXL épithélium-off (tableau LIV):

- L'AVNC s'est améliorée significativement ;
- La MAVC était de 0.5 ou mieux dans 75% des cas à 6 mois du postopératoire ;
- L'équivalent sphérique moyen s'est réduit significativement à 6 mois du postopératoire ($p < 0.001$) de -9.28 à -5.82 ;
- La satisfaction globale des patients selon le questionnaire appliqué lors de la sixième visite de suivi était de 91 %. Les causes les plus fréquentes de la mauvaise satisfaction étaient les symptômes de sécheresse oculaire et les problèmes de vision nocturne.

Tableau LV: Les résultats du traitement simultané AIC + CXL dans différentes études.

			Gordillo et al. (2017) [139]	Ibrahim et al. (2016) [125]
Nb yeux			119	160
AVNC	Préop		0,07	0,1
	Postop	1 mois	0,12	0,63
		3 mois	0,15	0,6
		6 mois	0,19	0,63
MAVC	Préop		0,3	0,38
	Postop	1 mois	0,47	0,76
		3 mois	0,52	0,81
		6 mois	0,57	0,76
Changements réfractifs			les valeurs moyennes du cylindre diminuées de -5.19 à -2.6D	réduction de l'ES moyen de -9.28 à -5.82D
Changements topographiques			diminution de Kmax moyenne de 48,75 à 46,18D	diminution de K2 de 55.37 à 51.08D

El-Raggal [133] a comparé le CXL PLUS dans deux groupes ; le premier

groupe a subi un traitement combiné AIC + épithélium-on CXL au cours de la même séance, quant au deuxième groupe, il a subi un traitement séquentiel AIC puis épithélium-on CXL 6 mois plus tard. Son étude a fait état de la supériorité du traitement simultané en l'expliquant par l'hypothèse que la riboflavine atteint plus efficacement le stroma cornéen en passant dans les canaux créés pour l'implantation des anneaux.

Dans une autre étude comparative (AIC avec ou sans CXL simultané), Legare et al. [130] ont rapporté que l'effet de renforcement du CXL se produisait le jour de l'intervention et semblait limiter l'effet progressif des AIC qui est habituellement observé au cours des 6 premiers mois. Par conséquent, le fait d'effectuer le CXL simultanément ou avant l'insertion des AIC semble diminuer l'effet de ces derniers sur la cornée éctasique.

Néanmoins, comme susmentionné, des complications ont été observées avec le traitement simultané, notamment le haze cornéen et le cambrement paradoxal de la cornée centrale. Pour en prévenir, il a été recommandé de suturer les tunnels afin d'éviter la distribution inégale de la riboflavine qui pourrait provoquer une contraction de la cornée et paradoxalement augmenter le cambrement de la cornée centrale [132, 150].

2. AIC + PKR topo-guidée :

La PKR ou photokératectomie à visée réfractive repose sur la délivrance d'une correction réfractive à la surface du stroma cornéen, après pelage de l'épithélium cornéen superficiel, sans découpe de capot. L'épithélium peut être pelé mécaniquement (par brosse, lame ou épikératectome), chimiquement (le plus souvent avec environ 20 % d'alcool) ou au laser.

C'est une alternative fiable pour corriger les erreurs réfractives mineures dans le kératocône [125, 126].

Jes Mortensen [151, 152] a rapporté pour la première fois que la PKR était un moyen efficace et sécurisé pour la réduction de l'astigmatisme dans le Kc.

La PKR peut corriger la myopie et les irrégularités de la cornée, mais à elle seule, elle ne peut pas être considérée comme une technique de choix pour le traitement du Kc, en raison des doutes concernant la stabilité à long terme et du risque de progression de la maladie [54, 153-156].

Le but de la PKR est de traiter une partie des erreurs réfractives et de régulariser la cornée au lieu de corriger complètement l'amétropie [17, 157].

Si l'ablation au laser est envisagée pour les patients présentant des HOA après l'implantation des AIC et ayant une cornée suffisamment épaisse, la PKR topo-guidée transépithéliale serait la plus judicieuse [155]. La TransPKR, réalisée par le laser y compris l'étape de retrait de la couche superficielle de l'épithélium de la cornée, offre l'avantage de diminuer le temps de récupération, et de réduire le haze les douleurs postopératoires (par rapport à une intervention PKR classique) ; ainsi, elle permet l'optimisation des résultats en régularisant la surface stromale [158-160].

Tan et al. [161] ont évalué l'efficacité et la sécurité du traitement combiné AIC + PKR pour le traitement des erreurs réfractives résiduelles post-AIC (myopie faible et astigmatisme insignifiant) dans 8 yeux kératocôniques ; l'intervalle moyen entre les deux traitements était 24.6 mois (entre 7 et 48 mois). Ils ont rapporté qu'à 3 mois du post-PKR, tous les yeux avaient une réfraction plano et 20/20 de MAVC ou mieux.

La PKR est souvent combinée au CXL pour la stabilisation du lit stromal restant et pour éviter la progression de la maladie dans une cornée déjà affaiblie [162]. Il n'y a pas de consensus sur la séquence de la procédure ; un traitement combiné en deux étapes semble le plus utilisé : Implantation des AIC en premier, suivi par PKR+CXL simultanés [163, 164].

3. AIC+ implants phaques :

Certains patients présentent des erreurs réfractives résiduelles élevées (souvent myopie ou astigmatisme myopique), après la pose des AIC, corrigibles par les verres correcteurs ou par LC souples, et qui ne peuvent être traités au laser Excimer en raison de la fragilité cornéenne et la consommation du tissu. Dans ces cas, l'utilisation des lentilles intraoculaires phaques (LIOP) peut être envisagée [17, 18, 165-168].

Les LIOP sont réalisées au moins 6 mois après l'implantation des AIC afin de confirmer la stabilisation topographique et réfractive postopératoire [166, 168].

Deux types d'implants phaques peuvent être proposés :

- Les implants de chambre antérieure à support irien ;
- Les implants de chambre postérieure.

Les avantages des LIOP sont [54]:

- Une compensation stable et efficace des amétropies sphéro-cylindriques qu'elle qu'en soit la puissance,
- La préservation de l'accommodation,

- L'amplification de l'image rétinienne chez les patients atteints d'une myopie sévère,
- La réversibilité en cas d'échec.

Leurs inconvénients :

- La perte accélérée des cellules endothéliales,
- Cataracte,
- La rotation ou la décentration de la lentille,
- Décollement de rétine,
- Les imprécisions réfractives.

Malgré le nombre faible des cas dans notre étude et dans la littérature [165-168] (tableau LVI), les acuités visuelles corrigée et non corrigée ont été améliorées après ce traitement combiné.

Tableau LVII: Les résultats du traitement séquentiel AIC puis implants paques.

		Navas et al. [165]	El-Raggal et al. [166]	Ferreira et al. [167]	Notre étude
Nb yeux		11	8	21	2
AVNC	Preop	0,05	0,03	0,01	0.07
	Postop	0,8	0,59	0,57	0.45
MAVC	Preop	0,5	0,55	0,5	0.35
	Postop	0,8	0,74	0,8	0.9

4. Les multiples combinaisons :

Certaines études ont évalué la possibilité d'association de plusieurs procédures avec les AIC. Ainsi, il a été suggéré qu'un traitement supplémentaire (implants phaques, ou PKR topo-guidée) pourrait aider à l'optimisation des effets du traitement combiné AIC + CXL.

Des améliorations visuelles, réfractives, et topographiques ont été constatées avec une trithérapie AIC + CXL + PKR topo-guidée [155, 159, 164, 169, 170] ou LIOP [168, 171, 172] qu'elle qu'en soit le timing (simultané ou séquentiel).

IV. Limites de l'étude :

Pour ce qui est des limites de notre étude, elles sont représentées par :

- Son caractère rétrospectif et la petite taille de l'échantillon ;
- Le suivi des patients limité à six mois du postopératoire ;
- L'absence d'analyse des effets des anneaux intra cornéens sur les aberrations de haut degré.

Il serait intéressant d'élargir l'étude de manière à inclure un nombre plus important de patients et une période plus longue de suivi.



***CONCLUSION
ET
PERSPECTIVES***

Les anneaux intra cornéens constituent une option thérapeutique intéressante pour la gestion du kératocône à un moment donné de son évolution qui permet de retarder voire d'éviter des procédures plus complexes comme la kératoplastie.

Néanmoins, il est essentiel d'expliquer au patient leurs limites, l'impossibilité d'obtenir des résultats postopératoires précis, et que parfois, il est nécessaire de les combiner avec d'autres procédures notamment le CXL, la PKR ou les implants phaques.

Notre étude suggère que l'implantation assistée au laser FS des anneaux intra cornéens en suivant le protocole customisé est une procédure fiable et efficace pour traiter les patients atteints de kératocône, qu'elle soit seule ou en association au CXL ou aux LIOP, avec une amélioration significative de l'acuité visuelle et des paramètres topographiques. Elle est associée à un taux de complications très faible grâce à la maîtrise de la technique chirurgicale et à la personnalisation du planning chirurgical.

De nouveaux implants de nature souple et flexible (non rigide) ont été décrits dans la littérature en 2018, sous terme de « CAIRS » (corneal allogenic intrastromal ring segments). Il s'agit de segments allogéniques implantables créés à partir de boutons cornéens du donneur. La technique a été décrite par S Jacob et al. [173] en suivant un principe similaire à celui des AIC classiques ; l'utilisation des CAIRS vise à réduire les complications liées à l'utilisation de matériaux synthétiques dans le stroma cornéen du patient.



RESUMES

Résumé

Titre : Implantation des anneaux intra cornéens dans le traitement du kératocône (*Etude rétrospective à propos de 73 yeux*)

Auteur : Maroua BOUHYA

Directeur de thèse : Professeur Abdellah AMAZOUZI

Mots-clés : kératocône, anneaux intra cornéens, crosslinking du collagène cornéen, photokératectomie réfractive, lentilles intra oculaires phaques

Introduction : Les anneaux intra cornéens (AIC) sont des petits segments en matière synthétique utilisés seuls ou en association à un autre traitement dans la prise en charge du kératocône, et dont l'efficacité dépend de plusieurs facteurs.

Objectif: Evaluer les résultats visuels et topographiques de l'implantation des AIC dans le cadre de la prise en charge du kératocône en utilisant une méthode customisée pour le planning chirurgical.

Matériels et méthodes : Etude rétrospective étalée sur deux ans (Janvier 2018-Mars 2020) portant sur 73 yeux de 60 patients atteints de kératocône ayant bénéficié d'une implantation des AIC seule ou associée à un autre traitement. Les acuités visuelles non corrigée (AVNC) et corrigée (MAVC), la kératométrie maximale (Kmax), la pachymétrie minimale (Pachy min), et le coefficient d'asphéricité cornéenne antérieur (Qant) et postérieur (Qpost) ont été évalués en préopératoire et jusqu'à six mois du postopératoire. Les complications ont été également rapportées.

Résultats : 73 yeux de 60 patients avec un âge moyen de 31.13 ± 7.70 ans ont été inclus dans l'étude, dont 37 de sexe masculin (61.67%). 41.1% des cas ont bénéficié d'un traitement combiné. L'AVNC moyenne a été améliorée de $0,14 \pm 0,13$ à $0,43 \pm 0,25$ ($p < 0.0001$), et la MAVC de $0,34 \pm 0,14$ à $0,76 \pm 0,2$ ($p < 0.0001$). Les moyennes de la kératométrie maximale, la pachymétrie minimale, et la Q value ont été significativement améliorées avec une valeur $p < 0.0001$.

Au cours du suivi postopératoire, la MAVC moyenne et la Kmax moyenne ont été améliorées de façon statistiquement significative ($p < 0.05$) durant toute la période du suivi ; quant à la pachymétrie minimale, la Qant, et la Qpost, elles sont restées stables ($p > 0.05$). Les complications survenues ont été le lâchage de succion (1.36%) et infection sur anneau extrudé (1.36%).

Conclusion : L'implantation assistée au laser femtoseconde des AIC en suivant le protocole customisé, qu'elle soit seule ou en association à un autre traitement, semble une procédure fiable et efficace pour traiter les patients atteints de kératocône.

Abstract

Title : Intracorneal ring segments in the treatment of keratoconus (retrospective study of 73 eyes)

Author : Maroua BOUHYA

Supervisor : Professor Abdellah AMAZOUZI

Keywords : keratoconus, intracorneal ring segments, corneal collagen crosslinking, photorefractive keratectomy, phakic intra ocular lenses.

Introduction : Intracorneal ring segments (ICRS) are small segments made of synthetic material that can be used alone or in combination with another treatment in the management of keratoconus, and their effectiveness depends on several factors.

Purpose : To assess the visual and topographic results of ICRS implantation in the management of keratoconus using a customized method for surgical planning.

Material and methods : Retrospective study carried out over two years (January 2018-March 2020) concerning 73 eyes of 60 patients with keratoconus who underwent ICRS implantation alone or in combination with another treatment. The uncorrected (UDVA) and the best corrected (BCVA) visual acuities, maximum keratometry (Kmax), minimum pachymetry (Pachy min), and the anterior (Qant) and posterior (Qpost) corneal asphericity coefficient were evaluated preoperatively and up to six months postoperatively. Complications were also reported.

Results : 73 eyes of 60 patients with a mean age of 31.13 ± 7.70 years were included in the study, of which 37 were male (61.67%). 41.1% of the cases received a combined treatment. The mean UDVA was improved from 0.14 ± 0.13 to 0.43 ± 0.25 ($p < 0.0001$), and BCVA from 0.34 ± 0.14 to 0.76 ± 0.2 ($p < 0.0001$). The mean maximum keratometry, minimum pachymetry, and Q value were significantly improved with a p value < 0.0001 .

During the postoperative follow-up, the mean BCVA and Kmax were improved with a statistical significance ($p < 0.05$) during all the follow-up period ; while Pachy min, Qant and Qpsot remained stable ($p > 0.05$). Complications that occurred were Vacuum loss (1.36%) and infection on an extruded ring (1.36%).

Conclusion : Femtosecond laser-assisted implantation of ICRS following the customized protocol , as a standalone procedure or in combination with other treatments, appears to be a safe and effective procedure for treating patients with keratoconus.

ملخص

العنوان: زراعة الحلقات لعلاج القرنية المخروطية (دراسة رجعية ل 73 عينا)

المؤلف : بوحية مروى

مدير الأطروحة: الأستاذ عبد الله أمازوزي

الكلمات الأساسية : القرنية المخروطية , الحلقات القرنية , ربط الأنسجة التعمدي للقرنية, استئصال القرنية الضوئي الإنكساري, العدسات داخل الحجاجية.

مقدمة : حلقات القرنية هي حلقات صغيرة مصنوعة من مادة بلاستيكية يمكن استخدامها بمفردها أو بالاشتراك مع علاج آخر في إدارة القرنية المخروطية، وتعتمد فعاليتها على عدة عوامل.

الهدف : تقييم النتائج البصرية والطبوغرافية لزراع الحلقات في علاج القرنية المخروطية باستخدام طريقة مخصصة للتخطيط الجراحي.

المواد و الطرق؛ دراسة رجعية على مدى عامين (من يناير 2018 إلى مارس 2020) بشأن 73 عينًا لـ 60 مريضًا يعانون من القرنية المخروطية الذين خضعوا لزراع الحلقات بمفردها أو مع علاج آخر. تم تقييم حدة البصر غير المصححة والمصححة ، والحد الأقصى لتحذب القرنية ، والحد الأدنى للسمك ، ومعامل كروية القرنية الأمامي والخلفي قبل الجراحة وحتى ستة أشهر بعد الجراحة . كما تم الإبلاغ عن المضاعفات الملاحظة.

النتائج : شملت الدراسة 73 عينا لـ 60 مريضا بمتوسط عمر 31.13 ± 7.70 عاما, من بينهم 37 ذكرا (61.67%) . 41.1% من الحالات حصلت على علاج مركب. تحسن متوسط حدة البصر غير المصححة من 0.14 ± 0.13 إلى 0.25 ± 0.43 ($p < 0.0001$) , وأفضل حدة بصر مصححة من 0.14 ± 0.034 إلى 0.2 ± 0.76 ($p < 0.0001$) . تم تحسن متوسط كل من الحد الأقصى لتحذب القرنية ، والحد الأدنى للسمك ، ومعامل كروية القرنية مع قيمة $p < 0.0001$.

خلال متابعة ما بعد الجراحة, تحسن متوسطا أفضل حدة بصر مصححة و الحد الأقصى لتحذب القرنية بشكل ملحوظ إحصائيا ($p < 0.05$) طوال الفترة كاملة ؛ أما الحد الأدنى للسمك ، ومعامل كروية القرنية الأمامي والخلفي, فقد ظلوا مستقرين ($p > 0.05$) . كانت المضاعفات التي حدثت هي فقدان الشفط (1.36%) والتهاب عين علر بروز حلقة من مكانها (1.36%) .

خلاصة : يظهر أن زراعة الحلقات باستخدام الفيمتوليزر باتباع الطريقة المخصصة ، كإجراء قائم بذاته أو بالاشتراك مع علاجات أخرى ، هو إجراء آمن وفعال لعلاج مرضى القرنية المخروطية.



BIBLIOGRAPHIE

- [1] American Academy of Ophthalmology Cornea/External Disease Panel. Preferred Practice Pattern^R Guidelines. Corneal Ectasia. San Francisco, CA: American Academy of Ophthalmology; 2013.
- [2] Alió JL, Shabayek MH. Corneal higher order aberrations: a method to grade keratoconus. *J Refract Surg.* 2006;22(6):539-545.
- [3] Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol.* 1998;42(4):297-319.
- [4] Kennedy RH, Bourne WM, Dyer JA. A 48-year clinical and epidemiologic study of keratoconus. *Am J Ophthalmol.* 1986;101(3):267-273.
- [5] Woodward EG. Keratoconus-epidemiology. 1984;7:64-76
- [6] Gauthier AS, Friot M, Montard R, et al.. Anneaux intra-cornéens Ferrara implantés au laser femtoseconde dans le traitement du kératocône : résultats fonctionnels à 1 an. *Fr Ophtalmol.* 2016;39(5):428-436.
- [7] Mandathara PS, Fatima M, Taureen S, et al. RGP contact lensfitting in keratoconus using FITSCAN technology. *Cont Lens Anterior Eye.* 2013;36:126—9
- [8] Lee JC, Chiu GB, Bach D, et al. Functional and visualimprovement with prosthetic replacement of the ocular surface ecosystem scleral lenses for irregular corneas. *Cornea.* 2013;32:1540—3

- [9] Colin J, Cochener B, Savary G, Malet F. Correcting keratoconus with intracorneal rings. *J Cataract Refract Surg.* 2000;26:1117–22
- [10] Romano V, Iovieno A, Parente G, et al. Long-term clinical outcomes of deep anterior lamellar keratoplasty in patients with keratoconus. *Am J Ophthalmol.* 2015;159(3):505-511.
- [11] Abreu AC, Malheiro L, Coelho J, et al. Implantation of intracorneal ring segments in pediatric patients: long-term follow-up. *Int Med Case Rep J.* 2018;11:23-27. Published 2018 Feb 7.
- [12] Barraquer JJ. Queratoplastia refractiva. *Estudios e Informaciones Oftalmológicas* 1949; 10: 1–21.
- [13] Vega-Estrada A, Alio JL. The use of intracorneal ring segments in keratoconus. *Eye Vis (Lond).* 2016;3:8. Published 2016 Mar 15.
- [14] Alio JL, Pinero DP, Daxer A. Clinical outcomes after complete ring implantation in corneal ectasia using the femtosecond technology: a pilot study. *Ophthalmology.* 2011;118:1282– 1290.
- [15] Kubaloglu A, Sari ES, Cinar Y, et al. Comparison of mechanical and femtosecond laser tunnel creation for intrastromal corneal ring segment implantation in keratoconus: prospective randomized clinical trial. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:1556—61.
- [16] Haddad W, Fadlallah A, Dirani A, et al. Comparison of 2 types of intrastromal corneal ring segments for keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38:1214–1221.

- [17] Benoist d'Azy C, Pereira B, Chiambaretta F, Dutheil F. Efficacy of Different Procedures of Intra-Corneal Ring Segment Implantation in Keratoconus: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Transl Vis Sci Technol.* 2019;8(3):38.
- [18] Barbara, A. ed. *Controversies In the Management of Keratoconus.* 1st ed. 2019.
- [19] Nosé W, Neves RA, Schanzlin DJ, Belfort Júnior R. Intrastromal corneal ring—one-year results of first implants in humans: a preliminary nonfunctional eye study. *Refract Corneal Surg.* 1993;9:452-458.
- [20] Silvestrini T, Mathis M, Loomas B, Burris T. A geometric model to predict the change in corneal curvature from the intrastromal corneal ring (ICR). *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1994;35:2023.
- [21] Burris TE, Baker PC, Ayer CT, et al. Flattening of central corneal curvature with intrastromal corneal rings of increasing thickness: an eye-bank eye study. *J Cataract Refract Surg.* 1993;19(1):182–7.
- [22] Sinjab, Mm. *Quick Guide to the Management of Keratoconus.* Springer. 2011.
- [23] Daxer A, Fratzl P. Collagen orientation in the human corneal stroma and its implication in keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1997;38:121–9.

- [24] Ertan A, Colin J. Intracorneal rings for keratoconus and keratectasia. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33:1303–14.
- [25] Sakellaris D, Balidis M, Gorou O, et al. Intracorneal Ring Segment Implantation in the Management of Keratoconus: An Evidence-Based Approach. *Ophthalmol Ther.* 2019;8(Suppl 1):5-14.
- [26] Peña-García P, Alió JL, Vega-Estrada A, Barraquer RI. Internal, corneal, and refractive astigmatism as prognostic factors for intrastromal corneal ring segment implantation in mild to moderate keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40(10):1633-1644.
- [27] Giacomini NT, Mello GR, Medeiros CS, et al. Intracorneal ring segments implantation for corneal ectasia. *J Refract Surg.* 2016;32(12):829–39
- [28] Piñero DP, Alio JL. Intracorneal ring segments in ectatic corneal disease - a review. *Clin Exp Ophthalmol.* 2010;38(2):154-167.
- [29] Park SE, Tseng M, Lee JK. Effectiveness of intracorneal ring segments for keratoconus. *Curr Opin Ophthalmol.* 2019;30(4):220-228.
- [30] Kerarings AS intracorneal ring segments. Mediphacos.com. Available at : https://www.haag-streit.com/fileadmin/John_Weiss/Downloads/Trusted_brands_downloads/Keraring_brochure.pdf.
- [31] Park J, Gritz DC. Evolution in the use of intrastromal corneal ring segments for corneal ectasia. *Curr Opin Ophthalmol* 2013; 24:296–301.

- [32] Alfonso JF, Lisa C, Merayo-Llodes J, et al. Intrastromal corneal ring segment implantation in paracentral keratoconus with coincident topographic and coma axis. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38(9):1576-1582.
- [33] Peña-García P, Vega-Estrada A, Barraquer RI, Burguera-Giménez N, Alió JL. Intracorneal ring segment in keratoconus: a model to predict visual changes induced by the surgery. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012;53:8447-8457.
- [34] Ferrara P, Torquetti L. The new Ferrara ring nomogram: The importance of corneal asphericity in ring selection. *Vision Panamerica* September 2010:92-95. Available at: http://www.pao.org/pdf/vpa/9.3_vpa.pdf
- [35] Torquetti L, Ferrara P. Corneal asphericity changes after implantation of intrastromal corneal ring segments in keratoconus. *Emmetropia* 2010;1:178-181
- [36] Tunç Z, Deveci N, Sener B, Bahcecioglu H. Anneaux intracorneens (Intacs) pour le traitement de l'astigmatisme asymetrique du keratocone: recul de plus de deux ans. *J Fr Ophthalmol.* 2003;26:824–30.
- [37] http://keraring.online/wpcontent/uploads/Nomogram_Keraring_2018_V2.pdf
- [38] Torquetti L, Berbel RF, Ferrara P. Long-term follow-up of intrastromal corneal ring segments in keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2009;35(10):1768-1773.

- [39] Nguyen N, Gelles JD, Greenstein SA, Hersh PS. Incidence and associations of intracorneal ring segment explantation. *J Cataract Refract Surg.* 2019;45(2):153-158.
- [40] Monteiro T, Alfonso JF, Freitas R, et al. Comparison of Complication Rates between Manual and Femtosecond Laser-Assisted Techniques for Intrastromal Corneal Ring Segments Implantation in Keratoconus. *Curr Eye Res.* 2019;44(12):1291-1298.
- [41] Ferrara G, Torquetti L, Ferrara P, Merayo-Llodes J. Intrastromal corneal ring segments: visual outcomes from a large case series. *Clin Exp Ophthalmol.* 2012;40(5):433-439.
- [42] Mounir A, Radwan G, Farouk MM, Mostafa EM. Femtosecond-assisted intracorneal ring segment complications in keratoconus: from novelty to expertise. *Clin Ophthalmol.* 2018;12:957-964.
- [43] Monteiro T, Alfonso JF, Franqueira N, et al. Predictability of Tunnel Depth for Intrastromal Corneal Ring Segments Implantation Between Manual and Femtosecond Laser Techniques. *J Refract Surg.* 2018;34(3):188-194.
- [44] Coskunseven E, Kymionis GD, Tsiklis NS, et al. Complications of intrastromal corneal ring segment implantation using a femtosecond laser for channel creation: a survey of 850 eyes with keratoconus. *Acta Ophthalmol.* 2011;89(1):54-57.
- [45] Schanzlin DJ, Abbott RL, Asbell PA, et al. Two-year outcomes of intrastromal corneal ring segments for the correction of myopia. *Ophthalmology.* 2001;108(9):1688-1694.

- [46] Kanellopoulos AJ, Pe LH, Perry HD, Donnenfeld ED. Modified intracorneal ring segment implantations (INTACS) for the management of moderate to advanced keratoconus: efficacy and complications. *Cornea*. 2006;25(1):29-33.
- [47] Vega-Estrada A, Alió J. Management Complications of Intracorneal Ring Segment Implantation. In : *Management of Complications in Refractive Surgery*, pp.383-388. 2018. 10.1007/978-3-319-60561-6_38.
- [48] Zare MA, Mehrjardi HZ, Afarideh M, et al. Visual, Keratometric and Corneal Biomechanical Changes after Intacs SK Implantation for Moderate to Severe Keratoconus. *J Ophthalmic Vis Res*. 2016;11(1):17-25.
- [49] Torquetti L, Cunha P, Luz A, et al. Clinical Outcomes After Implantation of 320°-Arc Length Intrastromal Corneal Ring Segments in Keratoconus. *Cornea*. 2018;37(10):1299-1305.
- [50] Abd Elaziz MS, El Saebay Sarhan AR, Ibrahim AM, Elshafy Haggag HA. Anterior Segment Changes After Femtosecond Laser-Assisted Implantation of a 355-Degree Intrastromal Corneal Ring Segment in Advanced Keratoconus. *Cornea*. 2018;37(11):1438-1443.
- [51] Kymionis GD, Kankariya VP, Plaka AD, Reinstein DZ. Femtosecond laser technology in corneal refractive surgery: a review [published correction appears in *J Refract Surg*. 2013 Jan;29(1):72]. *J Refract Surg*. 2012;28(12):912-920.

- [52] Mounir A, Farouk MM, Abdellah MM, Mohamed Mostafa E. Extrusion of Femtosecond Laser-Implanted Intrastromal Corneal Ring Segments in Keratoconic Eyes: Prevalence, Risk Factors, and Clinical Outcomes. *J Ophthalmol.* 2020;2020:8704219.
- [53] Agarwal P, Subudhi P, Mithal N. Novel technique of fixing intracorneal rings segments after migration. *BMJ Case Rep.* 2020;13(1):e233312.
- [54] Alió J. Keratoconus: Recent Advances in Diagnosis and Treatment. 2017. 10.1007/978-3-319-43881-8.
- [55] Bautista-Llamas MJ, Sánchez-González MC, López-Izquierdo I, et al. Complications and Explantation Reasons in Intracorneal Ring Segments (ICRS) Implantation: A Systematic Review. *J Refract Surg.* 2019;35(11):740-747.
- [56] Jarade E, Dirani A, Fadlallah A, et al. New technique of intracorneal ring segments suturing after migration. *J Refract Surg.* 2013;29(12):855-857.
- [57] Lovisolo CF, et al.. Corneal biomechanics and astigmatism management after intrastromal intrastromal inserts. In: Lovisolo CF, Fleming JF, Pesando PM, editors. *Intrastromal corneal ring segments.* Canelli: Fabiano Ed; 2002. p. 35–47.

- [58] Ruckhofer J, Stoiber J, Alzner E, Grabner G. One year results of European Multicenter Study of intrastromal ring segments. Part 2: complications, visual symptoms, and patient satisfaction. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27:287–96.
- [59] Khan MI, Injarie A, Muhtaseb M. Intracorneal ring segments for advanced keratoconus and cases with high keratometric asymmetry. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38:129–36.
- [60] Lai MM, Tang M, Andrade EM, Li Y, Khurana RN, Song JC. Optical coherence tomography to assess intrastromal ring segment depth in keratoconic eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(11):1860–5.
- [61] Toroquetti L, Ferrara P. Reasons for intrastromal corneal ring segment explantation. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36:2014.
- [62] Bourcier T, Borderie V, Laroche L. Late bacterial keratitis after implantation of intrastromal corneal ring segments. *J Cataract Refract Surg.* 2003;29:407–9.
- [63] Mulet ME, Perez-Santonja JJ, Ferrer C, Alio JL. Microbial keratitis after intrastromal corneal ring segment implantation. *J Refract Surg.* 2010;20:780–4.
- [64] Levy J, Lifshitz T. Keratitis after implantation of intrastromal corneal ring segments (Intacs) aided by femtosecond laser for keratoconus correction: case report and description of the literature. *Eur J Ophthalmol.* 2010;20(4):780-784.

- [65] Shehadeh-Mashaour R, Modi N, Barbara A, Garzosi HJ. Keratitis after implantation of intrastromal corneal ring segments. *J Cataract Refract Surg.* 2004;30(8):1802-1804.
- [66] Bourges J-L, Trong TT, Ellies P, et al. Intrastromal corneal ring segments and corneal anterior stromal necrosis. *J Cataract Refract Surg.* 2003;29(6):1228-1230. doi:10.1016/S0886- 3350(02)02036-9
- [67] Hofling-Lima AL, Branco BC, Romano AC, et al. Corneal infections after implantation of intracorneal ring segments. *Cornea.* 2004;23(6):547-549.
- [68] Baikoff G, Maia N, Poulhalec D, Fontaine A, Giusiano B. Diurnal variations in keratometry and refraction with intracorneal ring segments. *J Cataract Refract Surg.* 1999;25(8):1056-1061.
- [69] Baikoff G, Maia N, Poulhalec D, Fontaine A, Giusiano B. Variations diurnes de la réfraction et de la kératométrie observées après anneaux intracornéens. *J Fr Ophtalmol.* 1999;22(2):169-175.
- [70] Vega-Estrada A, Alio JL, Brenner LF, et al. Outcome analysis of intracorneal ring segments for the treatment of keratoconus based on visual, refractive, and aberrometric impairment. *Am J Ophthalmol.* 2013;155(3):575-584.e1.
- [71] Alió JL, Artola A, Ruiz-Moreno JM, et al. Changes in keratoconic corneas after intracorneal ring segment explantation and reimplantation. *Ophthalmology.* 2004;111:747–51.

- [72] Monteiro T, Mendes JF, Faria-Correia F, et al. Adjustment of intrastromal corneal ring segments after unsuccessful implantation in keratoconic eyes. *Cornea*. 2018;37(2):182–88.
- [73] Oatts JT, Savar L, Hwang DG. Late extrusion of intrastromal corneal ring segments: a report of two cases. *Am J Ophthalmol Case Rep* 2017; 8:67–70.
- [74] Abdellah MM, Ammar HG. Femtosecond Laser Implantation of a 355-Degree Intrastromal Corneal Ring Segment in Keratoconus: A Three-Year Follow-Up. *J Ophthalmol*. 2019;2019:6783181.
- [75] Alfonso JF, Lisa C, Merayo-Llodes J, Fernández-Vega Cueto L, Montés-Micó R. Intrastromal corneal ring segment implantation in paracentral keratoconus with coincident topographic and coma axis. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38:1576-1582.
- [76] Alfonso JF, Fernández-Vega Cueto L, Baamonde B, Merayo- Lloves J, Madrid-Costa D, Montés-Micó R. Inferior intrastromal corneal ring segments in paracentral keratoconus with no coincident topographic and coma axis. *J Refract Surg*. 2013;29:266- 272.
- [77] Utine CA, Durmaz Engin C, Ayhan Z. Effects of Preoperative Topometric Indices on Visual Gain After Intracorneal Ring Segment Implantation For Keratoconus. *Eye Contact Lens*. 2018;44 Suppl 2:S387-S391.
- [78] Sedaghat MR, Momeni-Moghaddam H, Piñero DP, et al. Predictors of Successful Outcome following Intrastromal Corneal Ring Segments Implantation. *Curr Eye Res*. 2019;44(7):707-715.

- [79] Kymionis GD, Siganos CS, Tsiklis NS, et al. Long-term follow-up of Intacs in keratoconus. *Am J Ophthalmol.* 2007;143:236- 244.
- [80] Guyot C, Libeau L, Vabres B, et al. Résultats réfractifs et facteurs pronostiques de succès du traitement du kératocône par anneaux intracornéens : étude rétrospective sur 75 yeux. *J Fr Ophtalmol.* 2019;42(2):118-126.
- [81] Piñero DP, Alio´ JL, El Kady B, et al. Refractive and aberrometric outcomes of intracorneal ring segments for keratoconus: mechanical versus femtosecond-assisted procedures. *Ophthalmology.* 2009;116:1675–1687
- [82] Fernández-Vega-Cueto L, Romano V, Zaldivar R, et al. Surgical Options for the Refractive Correction of Keratoconus: Myth or Reality. *J Ophthalmol.* 2017;2017:7589816.
- [83] Lisa C, Fernández-Vega Cueto L, Poo-López A, et al. Long-Term Follow-up of Intrastromal Corneal Ring Segments (210-Degree Arc Length) in Central Keratoconus With High Corneal Asphericity. *Cornea.* 2017;36(11):1325-1330.
- [84] Piñero DP, Alio JL, Teus MA, et al. Modeling the intracorneal ring segment effect in keratoconus using refractive, keratometric, and corneal aberrometric data. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2010;51(11):5583-5591.
- [85] Applegate RA, Sarver EJ, Khemsara V. Are all aberrations equal? *J Refract Surg.* 2002;18:S556–S562.

- [86] Lobez-Gil N, Castejon-Mochon JF, Fernandez-Sanchez V. Limitations of the ocular wavefront correction with contact lenses. *Vis Res.* 2009;49: 1729–1737.
- [87] Alió JL, Shabayek MH, Artola A. Intracorneal ring segments for keratoconus correction: long-term follow-up. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32:978-985.
- [88] Torquetti L, Ferrara G, Almeida F, et al. Intrastromal corneal ring segments implantation in patients with keratoconus: 10- year follow-up. *J Refract Surg.* 2014;30:22-26.
- [89] Coskunseven E, Kymionis GD, Tsiklis NS, et al. One year results of intrastromal corneal ring segment implantation (KeraRing) using femtosecond laser in patients with keratoconus. *Am J Ophthalmol.* 2008;145:775–9.
- [90] Alió JL, Shabayek MH, Belda JJ, Correas P, Feijoo ED. Analysis of results related to good and bad outcomes of Intacs implantation for keratoconus correction. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(5):756–61.25.
- [91] Utine CA, et al. Effect of intracorneal ring segment implantation on corneal asphericity. *Int J Ophthalmol.* 2018 Aug 18;11(8):1303-1307
- [92] Torquetti L, Arce C, Merayo-Llodes J, et al. Evaluation of anterior and posterior surfaces of the cornea using a dual Scheimpflug analyzer in keratoconus patients implanted with intrastromal corneal ring segments. *Int J Ophthalmol.* 2016;9:1283–1288.

- [93] Muftuoglu O, Aydin R, Kilic Muftuoglu I. Persistence of the Cone on the Posterior Corneal Surface Affecting Corneal Aberration Changes After Intracorneal Ring Segment Implantation in Patients With Keratoconus. *Cornea*. 2018;37(3):347-353.
- [94] Prisant O, Pottier E, Guedj T, Hoang Xuan T. Clinical Outcomes of an Asymmetric Model of Intrastromal Corneal Ring Segments for the Correction of Keratoconus. *Cornea*. 2020;39(2):155-160.
- [95] Sandes J, Stival LRS, de Ávila MP, et al. Clinical outcomes after implantation of a new intrastromal corneal ring with 140-degree of arc in patients with corneal ectasia. *Int J Ophthalmol*. 2018;11(5):802-806.
- [96] Rocha GADN, Ferrara P, Torquetti L, Barbosa L. Outcomes of a 320-degree intrastromal corneal ring segment implantation for keratoconus: Results of a 6-month follow-up. *Eur J Ophthalmol*. 2020;30(1):139-146.
- [97] Pérez-Merino P, Ortiz S, Alexandre N, et al. Quantitative OCT-based longitudinal evaluation of intracorneal ring segment implantation in keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013;54:6040–6051.
- [98] Rho CR, Na K, Yoo YS, et al. Changes in anterior and posterior corneal parameters in patients with keratoconus after intrastromal corneal ring segment implantation. *Curr Eye Res*. 2013;38:843–850.
- [99] Lyra JM, Lyra D, Ribeiro G, et al. Tomographic findings after implantation of Ferrara intrastromal corneal ring segments in keratoconus. *J Refract Surg*. 2017; 33:110–115.

- [100] Flynn BP, Bhole AP, Saeidi N, et al. Mechanical strain stabilizes reconstituted collagen fibrils against enzymatic degradation by mammalian collagenase matrix metalloproteinase 8 (MMP-8). *PLoS One*. 2010; 5:e12337
- [101] Queirós A, Villa-Collar C, Jorge J, Gutiérrez ÁR, González-Méijome JM. Multi-aspheric description of the myopic cornea after different refractive treatments and its correlation with corneal higher order aberrations. *J Optometry* 2012; 5:171–181.
- [102] Kiely PM, Smith G, Carney LG. The mean shape of the human cornea. *Opt Acta (Lond)* 1982;29:1027-1040.
- [103] Calossi A. Corneal asphericity and spherical aberration. *J Refract Surg* 2007;23(5):505-514.
- [104] Piñero DP, Alio JL, Aleson A, Escaf Vergara M, Miranda M. Corneal volume, pachymetry, and correlation of anterior and posterior corneal shape in subclinical and different stages of clinical keratoconus. *Ctarcct Refract Surj*. 2010;36(5):814-825.
- [105] Dubbelman M, Sicam VA, van der Heijde RG. The shape of the anterior and posterior surface of the aging human cornea. *Vis Res*. 2006;46:993– 1001.
- [106] Mas D, Espinosa J, Domenech B, et al. Correlation between the dioptric power, astigmatism and surface shape of the anterior and posterior corneal surfaces. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2009;29:219–226.

- [107] Pinero DP, Alio JL, Bassam EK, Pascual I. Corneal aberrometric and refractive performance of 2 intrastromal corneal ring segments models in early and moderate ectatic disease. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36(1):102-109.
- [108] Pérez-Merino P, Ortiz S, Alexandre N, et al. Ocular and optical coherence tomography-based corneal aberrometry in keratoconic eyes treated by intracorneal ring segments. *Am J Ophthalmol.* 2014;157:116–127.
- [109] Vega Estrada AL, Alió JL, Brenner LF, Burguera N. Outcomes of intrastromal corneal ring segments for treatment of keratoconus: five-year follow-up analysis. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39:1234–40.
- [110] Ismail MM et al. Effect of femtosecond-assisted intrastromal implantation of MyoRing for keratoconus on corneal asphericity. *Delta Journal of Ophthalmology.* 2019. 20. 17. 10.4103/DJO.DJO_57_18.
- [111] Kang MJ, Byun YS, Yoo YS, et al. Long-term outcome of intrastromal corneal ring segments in keratoconus: Five-year follow up. *Sci Rep.* 2019;9(1):315.
- [112] Fernández-Vega-Cueto L, Lisa C, Poo-López A, Alfonso JF, Madrid-Costa D. Three-year follow-up of intrastromal corneal ring segment implantation in central keratoconus with regular astigmatism: 'Bow-tie' shape [published online ahead of print, 2019 Mar 8]. *Eur J Ophthalmol.* 2019;1120672119835397.

- [113] Vega-Estrada A, Alió JL, Plaza-Puche A. Keratoconus progression following intrastromal corneal ring segments in young patients: five-year follow-up. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41(6):1145–52
- [114] Fernández-Vega Cueto L, Lisa C, Madrid-Costa D, Merayo-Llodes J, Alfonso JF. Long-Term Follow-Up of Intrastromal Corneal Ring Segments in Paracentral Keratoconus with Coincident Corneal Keratometric, Comatic, and Refractive Axes: Stability of the Procedure. *J Ophthalmol.* 2017;2017:4058026.
- [115] Torquetti L, Ferrara G, Almeida F, et al. Intrastromal corneal ring segments implantation in patients with keratoconus: 10-year follow-up. *J Refract Surg.* 2014;30(1):22-26.
- [116] Pesando PM, Ghiringhello MP, Di Meglio G, Romeo S. Treatment of keratoconus with Ferrara ICRS and consideration of the efficacy of the Ferrara nomogram in a 5-year follow-up. *Eur J Ophthalmol.* 2010;20(5):865-873.
- [117] Vega-Estrada A, Alió JL, Plaza-Puche AB. Keratoconus progression after intrastromal corneal ring segment implantation in young patients: Five-year follow-up. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41(6):1145-1152.
- [118] Roberts CJ. Biomechanics of INTACS in keratoconus. Chapter 10. In: Ertan A, Colin J, editors. *Intracorneal ring segments and alternative treatments for corneal ectatic diseases.* Ankara: Kudret Eye Hospital; 2007. p. 157–66

- [119] Uysal BS, Sarac O, Yaman D, Akcay E, Cagil N. Optical Performance of the Cornea One Year Following Keratoconus Treatment with Corneal Collagen Cross-Linking. *Curr Eye Res.* 2018;43(12):1415-1421.
- [120] Vinciguerra P, Albè E, Trazza S, et al. Refractive, topographic, tomographic, and aberrometric analysis of keratoconic eyes undergoing corneal cross-linking. *Ophthalmology.* 2009;116(3):369-378.
- [121] K. Joshua, et al, "Assessing progression of keratoconus: novel tomographic determinants," *Eye and Vision*, vol. 3, no. 1, p. 6, 2016
- [122] Shajari M, Steinwender G, Herrmann K, et al. Evaluation of keratoconus progression. *Br J Ophthalmol.* 2019;103(4):551-557.
- [123] Gomes JA, Tan D, Rapuano CJ, et al. Global consensus on keratoconus and ectatic diseases. *Cornea.* 2015;34(4):359-369.
- [124] Hashemi H, Alvani A, Seyedian MA, Yaseri M, Khabazkhoob M, Esfandiari H. Appropriate Sequence of Combined Intracorneal Ring Implantation and Corneal Collagen Cross-Linking in Keratoconus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cornea.* 2018;37(12):1601-1607.
- [125] Ibrahim O, Elmassry A, Said A, Abdalla M, El Hennawi H, Osman I. Combined femtosecond laser-assisted intracorneal ring segment implantation and corneal collagen cross-linking for correction of keratoconus. *Clin Ophthalmol.* 2016;10:521-526.

- [126] E. Spoerl, et al. Corneal collages crosslinking, vol. 20, SLACK Incorporated, Thorofare, NJ, USA, 2013.
- [127] El Awady H, Shawky M, Ghanem AA. Evaluation of collagen crosslinking in keratoconus eyes with Kera intracorneal ring implantation. *Eur J Ophthalmol* 2012; 22(Suppl 7):S62–S68.
- [128] El-Raggal TM. Effect of corneal collagen crosslinking on femtosecond laser channel creation for intrastromal corneal ring segment implantation in keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37:701–705.
- [129] Kymionis GD , et al, “Corneal collagen crosslinking (CXL) combined with refractive procedures for the treatment of corneal ectatic disorders: CXL plus,” *Journal of Refractive Surgery*, vol. 30, no. 8, pp. 566–576, 2014.
- [130] Legare ME, Iovieno A, Yeung SN, et al. Intacs with or without same-day corneal collagen cross-linking to treat corneal ectasia. *Can J Ophthalmol*. 2013;48(3):173-178.
- [131] Saleem MIH, Ibrahim Elzembely HA, AboZaid MA, et al. Three-Year Outcomes of Cross-Linking PLUS (Combined Cross-Linking with Femtosecond Laser Intracorneal Ring Segments Implantation) for Management of Keratoconus. *J Ophthalmol*. 2018;2018:6907573.
- [132] Avni-Zauberman N, Rootman DS. Cross-Linking and Intracorneal Ring Segments--Review of the Literature. *Eye Contact Lens*. 2015;41(4):254.

- [133] El-RaggalTM. Sequential versus concurrent Kerarings insertion and corneal collagen cross-linking for keratoconus. *Br J Ophthalmol.* 2011;95:37-41
- [134] 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.
- [135] Henriquez MA, Izquierdo L Jr, Bernilla C, McCarthy M. Corneal collagen cross-linking before Ferrara intrastromal corneal ring implantation for the treatment of progressive keratoconus. *Cornea.* 2012;31(7):740-745.
- [136] Zhu AY, Jun AS, Soiberman US. Combined Protocols for Corneal Collagen Cross-Linking with Photorefractive Surgery for Refractive Management of Keratoconus: Update on Techniques and Review of Literature. *Ophthalmol Ther.* 2019;8(Suppl 1):15-31.
- [137] Wollensak G, Spoerl E, Seiler T. Riboflavin/ultraviolet-a-induced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. *Am J Ophthalmol.* 2003;135(5):620-627.
- [138] Hosny M, Nour M, Azzam S, Salem M, El-Mayah E. Simultaneous intratunnel cross-linking with intrastromal corneal ring segment implantation versus simultaneous epithelium-off cross-linking with intrastromal corneal ring segment implantation for keratoconus management. *Clin Ophthalmol.* 2018;12:147-152.

- [139] Gordillo CH, Grandin JC, Zaldivar R, Zaldivar R, Lotfi AC. Efficacy of Intrastromal Corneal Ring Segments Combined With Flash Collagen Cross-Linking in Keratoconus. *Cornea*. 2017;36(2):144-147.
- [140] Ayar O, Muftuoglu O, Akdemir MO, Ozmen MC. Results of ethanol-assisted epithelium-on corneal cross-linking with and without intrastromal corneal ring implantation. *Int Ophthalmol*. 2019;39(3):651-659.
- [141] Nicula C, Pop RN, Nicula DV. Comparative Results in a Combined Procedure of Intrastromal Corneal Rings Implantation and Cross-linking in Patients with Keratoconus: A Retrospective Study. *Ophthalmol Ther*. 2017;6(2):313-321.
- [142] Ertan A, Karacal H, Kamburoğlu G. Refractive and topographic results of transepithelial cross-linking treatment in eyes with intacs. *Cornea*. 2009;28(7):719-723.
- [143] Luce DA. Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. *J Cataract Refract Surg*. 2005;31:156–62.
- [144] Abad JC, Arango J, Tobon C. Comparison of astigmatism correction using shorter arc length 90°/120° asymmetric intacs severe keratoconus versus 150° single-segment intacs severe keratoconus in asymmetric keratoconus. *Cornea*. 2011;30(11):1201-1206.
- [145] Epstein A. “Keratoconus and related disorders” (PDF). North Shore Contact Lens. 2000 <http://www.northshorecontactlens.com/KeratoconusText.pdf>

- [146] Hersh PS, Issa R, Greenstein SA. Corneal crosslinking and intracorneal ring segments for keratoconus: A randomized study of concurrent versus sequential surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2019;45(6):830-839.
- [147] Kılıç A, Kamburoglu G, Akıncı A. Riboflavin injection into the corneal channel for combined collagen crosslinking and intrastromal corneal ring segment implantation. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38(5):878-883.
- [148] Kilic A. Corneal Cross-linking in Combination with Intracorneal Ring Segments. *Int J Kerat Ect Cor Dis.*2017 : 6(2) :92-96.
- [149] Studeny P, Krizova D, Stranak Z. Clinical outcomes after complete intracorneal ring implantation and corneal collagen cross-linking in an intrastromal pocket in one session for keratoconus. *J Ophthalmol.* 2014;2014:568128.
- [150] Gouvea L, Rocha KM, Dickson D, et al. Combined Intracorneal Ring Segments and Corneal- Collagen Crosslinking. *W J Ophthalmol & Vision Res.* 1(2): 2019. WJOVR.MS.ID.000510.
- [151] Mortensen J, Ohrstrom A. Excimer laser photorefractive keratectomy for treatment of keratoconus. *J Refract Surg.* 1994;10:368–74.
- [152] Mortensen J, Carlsson K, Ohrström A. Excimer laser surgery for keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 1998;24(7):893-898.
- [153] Santhiago MR, Giacomini NT, Smadja D, Bechara SJ. Ectasia risk factors in refractive surgery. *Clin Ophthalmol.* 2016;10:713-720.

- [154] Lin DT, Holland SR, Rocha KM, Krueger RR. Method for optimizing topography-guided ablation of highly aberrated eyes with the ALLEGRETTO WAVE excimer laser. *J Refract Surg.* 2008;24(4):S439-S445.
- [155] Koh IH, Seo KY, Park SB, et al. One-Year Efficacy and Safety of Combined Photorefractive Keratectomy and Accelerated Corneal Collagen Cross-Linking after Intacs SK Intracorneal Ring Segment Implantation in Moderate Keratoconus. *Biomed Res Int.* 2019;2019:7850216.
- [156] Peña-García P. Vectorial analysis of astigmatic correction in stable keratoconus. PRK vs PIOLs. *JCRS-2014- 081(Sent).*
- [157] Iovieno A, Légaré ME, Rootman DB, Yeung SN, Kim P, Rootman DS. Intracorneal ring segments implantation followed by same-day photorefractive keratectomy and corneal collagen cross-linking in keratoconus. *J Refract Surg.* 2011;27(12):915-918.
- [158] Al-Mohaimed MM. Combined corneal CXL and photorefractive keratectomy for treatment of keratoconus: a review. *Int J Ophthalmol.* 2019;12(12):1929-1938.
- [159] Coskunseven E, Jankov MR 2nd, Grentzelos MA, Plaka AD, Limnopoulou AN, Kymionis GD. Topography-guided transepithelial PRK after intracorneal ring segments implantation and corneal collagen CXL in a three-step procedure for keratoconus. *J Refract Surg.* 2013;29(1):54-58.

- [160] Fadlallah A, Fahed D, Khalil K, et al. Transepithelial photorefractive keratectomy: clinical results. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37(10):1852-1857.
- [161] Tan BU, Purcell TL, Nalgirkar A, Ehrenhaus MP, Torres LF, Schanzlin DJ. Photorefractive keratectomy for the correction of residual refractive error with Intacs intrastromal corneal ring segments in place. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34(6):909-915.
- [162] Dirani A, Fadlallah A, Syed ZA, et al. Non-topography-guided photorefractive keratectomy for the correction of residual mild refractive errors after ICRS implantation and CXL in keratoconus. *J Refract Surg.* 2014;30(4):266-271.
- [163] Kanellopoulos AJ. Comparison of sequential vs same-day simultaneous collagen cross-linking and topography-guided prk for treatment of keratoconus. *J Refract Surg.* 2009;25:S812– S818.
- [164] Zeraid FM, Jawkhab AA, Al-Tuwairqi WS, Osuagwu UL. Visual rehabilitation in low-moderate keratoconus: intracorneal ring segment implantation followed by same-day topography-guided photorefractive keratectomy and collagen cross linking. *Int J Ophthalmol.* 2014;7(5):800-806.
- [165] Navas A, Tapia-Herrera G, Jaimes M, et al. Implantable collamer lenses after intracorneal ring segments for keratoconus. *Int Ophthalmol.* 2012;32(5):423-429.

- [166] El-Raggal TM, Abdel Fattah AA. Sequential intacs and verisyse phakic intraocular lens for refractive improvement in keratoconic eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33:966–970.
- [167] Ferreira TB, Güell JL, Manero F. Combined intracorneal ring segments and iris-fixated phakic intraocular lens for keratoconus refractive and visual improvement. *J Refract Surg.* 2014;30(5):336-341.
- [168] Dirani A, Fadlallah A, Khoueir Z, Antoun J, Cherfan G, Jarade E. Visian toric ICL implantation after intracorneal ring segments implantation and corneal collagen crosslinking in keratoconus. *Eur J Ophthalmol.* 2014;24(3):338-344.
- [169] Rocha G, Ibrahim T, Gulliver E, Lewis K. Combined Phototherapeutic Keratectomy, Intracorneal Ring Segment Implantation, and Corneal Collagen Cross-Linking in Keratoconus Management. *Cornea.* 2019;38(10):1233-1238.
- [170] Al-Tuwairqi WS, Osuagwu UL, Razzouk H, Ogbuehi KC. One-Year Clinical Outcomes of a Two-Step Surgical Management for Keratoconus-Topography-Guided Photorefractive Keratectomy/Cross-Linking After Intrastromal Corneal Ring Implantation. *Eye Contact Lens.* 2015;41(6):359-366.
- [171] Abdelmassih Y, El-Khoury S, Chelala E, Slim E, Cherfan CG, Jarade E. Toric ICL Implantation After Sequential Intracorneal Ring Segments Implantation and Corneal Cross-linking in Keratoconus: 2-Year Follow-up. *J Refract Surg.* 2017;33(9):610-616.

- [172] He C, Joergensen JS, Knorz MC, McKay KN, Zhang F. Three-Step Treatment of Keratoconus and Post-LASIK Ectasia: Implantation of ICRS, Corneal Cross-linking, and Implantation of Toric Posterior Chamber Phakic IOLs. *J Refract Surg.* 2020;36(2):104-109.
- [173] Jacob S, Patel SR, Agarwal A, Ramalingam A, Saijimol AI, Raj JM. Corneal Allogenic Intrastromal Ring Segments (CAIRS) Combined With Corneal Cross-linking for Keratoconus. *J Refract Surg.* 2018;34(5):296-303.

Serment d'Hippocrate

Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.

- *Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.*
- *Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité. La santé de mes malades sera mon premier but.*
- *Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.*
- *Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles traditions de la profession médicale.*
- *Les médecins seront mes frères.*
- *Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale ne s'interposera entre mon devoir et mon patient.*
- *Je maintiendrai le respect de la vie humaine dès la conception.*
- *Même sous la menace, je n'userai pas de mes connaissances médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.*
- *Je m'y engage librement et sur mon honneur.*

قسم أبقراط

بسم الله الرحمن الرحيم

أقسم بالله العظيم

في هذه اللحظة التي يتم فيها قبولي عضوا في المهنة الطبية أتعهد علانية:

- أنا أكرس حياتي لخدمة الإنسانية .
- وأن أحترم أساتذتي وأعترف لهم بالجميل الذي يستحقونه .
- وأن أمارس مهنتي بواجب من ضميري وشر في جاعلا صحة مريض هدي في الأول .
- وأن لا أفشي الأسرار المعهودة إلي .
- وأن أحافظ بكل ما لدي من وسائل على الشرف والتقاليد النبيلة لمهنة الطب .
- وأن أعتبر سائر الأطباء إخوة لي .
- وأن أقوم بواجبي نحو مرضاي بدون أي اعتبار ديني أو وطني أو عرقي أو سياسي أو اجتماعي .
- وأن أحافظ بكل حزم على احترام الحياة الإنسانية منذ نشأتها .
- وأن لا أستعمل معلوماتي الطبية بطرق يضر بحقوق الإنسان مهما لاقيت من تهديد .
- بكل هذا أتعهد عن كامل اختياري ومقسما بالله .

والله على ما أقول شهيد .



المملكة المغربية
جامعة محمد الخامس بالرباط
كلية الطب والصيدلة
الرباط



جامعة محمد الخامس بالرباط
Université Mohammed V de Rabat

أطروحة رقم: 238

سنة : 2020

زراعة الحلقات لعلاج القرنية المخروطية (دراسة رجعية ل 73 عينا)

أطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم : / /

من طرف

السيدة: مروى بوحية

المزادة في 02 يناير 1995 بسلا

لنيل شهادة

دكتور في الطب

الكلمات الأساسية: القرنية المخروطية، الحلقات القرنية، ربط الأنسجة التعامدي للقرنية، استئصال القرنية الضوئي الإنكساري، العدسات داخل الحجاجية.

أعضاء لجنة التحكيم:

رئيس	السيدة لالة وفاء الشرقاوي
مشرف	أستاذة في طب العيون السيد عبدالله امازوري
عضو	أستاذ في طب العيون السيد فؤاد العسري
عضو مشارك	أستاذ في طب العيون السيد ياسر الرفاعي أخصائي في طب العيون