

Phakoemulsifikation

Wetlab W-KAT 1e
Freitag, 21.06.2024

Norbert Anders (Berlin) und Steffen Herting (Wölfersheim)

Inhaltsverzeichnis

Anästhesie

Endophthalmitisprophylaxe

Patientenlagerung

Tunnel

Viskoelastika

Parazentese

Kapsulorhexis

Phakoemulsifikation

Irrigation und Aspiration

HKL- Implantation

Phakomaschine

Tipps

Übersicht der Schritte der Phakoemulsifikation
mit skleralem Tunnelschnitt und die verwendeten Instrumente
mit Clear Cornea Schnitt und die verwendeten Instrumente

Anästhesie

Intubationsnarkose

Indikationen

- Patienten, die marcumarisiert sind und daher keine para- oder retrobulbäre Injektion bekommen können.
- Lagerungs- und Liegeschwierigkeiten des Patienten.
- Funktionelles Oculus unicus (damit der Patient postoperativ mit dem operierten Auge sehen kann und der Sehnerv nicht durch ein Infiltrationsanästhetikum funktionslos ist).

Alternativ kommt in diesen Fällen aber auch eine tiefe Analgosedierung (s.u.) mit Spontanatmung in Frage.

Retro- oder Para- bzw. Peribulbäranästhesie

Es wird meistens eine Peribulbäranästhesie zur Schmerzfreiheit des Patienten und Ruhigstellung von Bulbus und Lid durchgeführt. Die Injektion sollte temporal angesetzt werden, um das Ganglion ciliare einzubeziehen. Eine adäquat applizierte Parabulbäranästhesie erkennt man daran, dass während des Einspritzens des Anästhetikums das Oberlid sich ptotisch nach unten bewegt. Hierbei sind länger dauernde Anästhetika wie zum Beispiel Bupivacain vorzuziehen, um auch postoperativ möglichst Schmerzfreiheit des Patienten zu garantieren. Die Verwendung von Hylase erleichtert bei dieser Injektionsform die Anästhesie deutlich!

Die Retrobulbäranästhesie ist aufgrund der höheren Gefahr der Bulbusverletzung und einer eventuellen Verletzung des Nervus opticus sowie der selteneren Hirnstammanästhesie mit Atemstillstand nur noch schwer zu vertreten.

Tropfanästhesie bzw. Gelanästhesie / Analgosedierung

Bei der reinen Tropfanästhesie ohne Sedierung ist genau auf die Patientenindikation zu achten. Nicht geeignet sind Patienten die bereits bei der Instillation von Augentropfen durch deutlichen Blepharospasmen auffallen oder die über eine übermäßige Blendungsempfindlichkeit klagen. Auch sollten ängstlich Patienten zum Selbstschutz aus der Indikationsgruppe genommen werden.

Die Tropfanästhesie stellt eine elegante Variante beim marcumarisierten Patienten und geübten Händen bei einer Oculus unicus Situation dar.

Durch eine tiefe Analgosedierung (meist mit Dormicum in Kombination mit Propofol i.v. ggf. unter Zusatz von Ultiva i.v) durch einen Anästhesisten kann bei Spontanatmung auch eine sehr ruhige Ausgangssituation für Patient und Operateur bei gleichzeitiger Anästhesie durch Conjuvacain-Augentropfen oder Lidocain-Gel erreicht werden, so dass auf alle anderen Anästhesieformen verzichtet werden kann.

Endophthalmitisprophylaxe

Folgende Maßnahmen dienen der Endophthalmitisprophylaxe:

Isoptomax oder Tobradex Augentropfen drei Tage prä operativ 3mal per diem oder ggf. nur Vigamox AT. Post operativ in der ersten Woche 4-5mal per diem in wöchentlich um 1 Augentropfen per diem reduzierten Dosen. Braunoderm Hautdesinfektion 10% während der Anästhesievorbereitung ggf. auch Spülung des Auges mit 5%iger Braunollösung .

Abdecken mit steriler Folie, wobei besonders darauf zu achten ist, dass die sterile Lidkante umgeschlagen ist, so dass die Zilien und die Ausführungsgänge der Meibomschen Drüsen bedeckt sind.

Am Ende der OP, vor der Hydratation der Parazentesen erfolgt eine intrakamerale Gabe von 1 mg Cefuroxim in 0,1 ml 0,9%iger NaCl-Injektionslösung (Aprokam). Alternativ nach der Hydratation der Parazentesen und des Schnittes Eingabe über den Starschnitt.

Praxistipp:

- Rezept über die AT und Dosierung vor der OP aushändigen

Patientenlagerung

Der Kopf sollte ungefähr parallel zum Boden ausgerichtet sein, eine leichte Ante- oder Retroflexion des Kopfes ist je nach Operateur unterschiedlich gewünscht.

Bei deutlich adipösen Patienten und Patienten mit kurzem Hals sollte darauf geachtet werden, dass der Kopf den höchsten Punkt des Körpers bildet, um eine intraoperative hohe vis a tergo zu vermeiden!

Der Patient sollte genügend Atemraum zur Verfügung haben (Anästhesiebogen oder an den Wangen zu befestigende Distanzbögen, evtl. in Kombination mit Gabe einer Sauerstoff-Insufflation).

Bei sehr aufgeregten Patienten sollten die Hände fixiert sein, auch ist dies von Vorteil bei Patienten, die intraoperativ und plötzlich aufschrecken.

Praxistipp:

- Stimmen die Stammdaten des Patienten mit denen des OP Planes überein? Eine aktive Abfrage des Geburtsdatums ist dabei hilfreich, Verwechslungen auszuschließen.
- Derjenige, der den Patienten die OP Überschuhe anzieht darf nicht mehr an das Auge = keine Augentropfen geben oder prä OP jodieren DD Kontaminationsgefahr
- Patient soll sich so legen, dass nichts kneift und drückt, dennoch muss der Operateur eine gute Sicht haben.
- Arme gepolstert und Hände fixiert.
- Genügend Atemraum lassen
- Bei der OP den Patienten und das Auge beobachten, wenn dieser sich bewegt dem Operateur und Anästhesisten mitteilen. Bevor ein Patient sehr wach wird, fängt er an, die Augen zu bewegen.
- Auf plötzliches Einatmen achten, da dann ein Hustenstoß oder Niesen erfolgen können.

Tunnel

Historie

H. Williams 1896: Naht J. Daviel 1975: ECCE

J. Singer 1991: Frown Incision

Varianten

Sklerokorneal- limbal- near clear cornea - clear cornea

Sklerokornealer Zugang - Frown Incision

Dieser Tunnel eignet sich besonders für den Anfänger, da er der am besten abdichtende und am meisten Fehler verzeihende Tunnel ist. Zudem hat er die geringste Astigmatismusinduktion und ist somit für Erweiterungen bei extrem harten Kernen und Umwandlung von Phako auf ECCE geeignet.

Procedere

- Legen ein oder zweier Parazentesen (ggf. Bulbustonisierung mit Viscoelastikum)
- Zarte Eröffnung der Bindehaut am Limbus über 7-8mm.
Evtl. zurückhaltende Blutstillung (1-2mm skleral des Limbus).
Cave: zu ausführliche Diathermie (Braunfärbung des skleralen Gewebes) führt zu höheren Astigmatismen!
- Schnittbreite im Zirkel kennzeichnen i.d.R. etwas größer als Linsenbreite (wegen der Dicke der Linse).
- Bogenförmiger Schnitt (vom Limbus abgewendet) kleinster Abstand vom Limbus 2mm und größter Abstand an den beiden Schnittenden 3,5 mm mit dem 15- Grad-Messer oder Diamantmesser (gut zu bewerkstelligen mit einem Diamant, der über eine Mikrometerschraube verfügt; $400\mu\text{m} = 50\%$ der Skleradicke einstellen).
- Tunnelpräparation skleraparallel mit dem Tunnelmesser ca. 0,5-1mm in die klare Hornhaut präparieren.
Cave: Beim Präparieren jenseits des Limbus die Spitze des Tunnelmessers anheben, um nicht verfrüht in die Vorderkammer zu gelangen
Die obere Tunnellippe sollte nicht zu dünn werden. Der Tunnel sollte in der Mitte 3mm und am Rand 4mm lang sein. Die Geometrie sollte insgesamt quadratisch sein.
- Erst nach Dellenbildung mit radiären Descemetfalten an der Phakolanzenspritze erfolgt die Vorderkammereröffnung durch Absenken der Phakolanze.

Fehlerquellen des sklerokornealen Tunnels

Ein zu kurzer Tunnel führt zur Leckage, ein zu langer Tunnel zu Descemetfalten und exzessiver Bulbusmotilität. Das Handling der Instrumente ist erschwert. Ein zu dünnes Tunneldach führt zu Leckageproblemen.

Bei einer skleralen Perforation von mehr als $\frac{1}{3}$ der Tunnellänge ist diese mit einem 10,0-Nylon-Faden zu verschließen!

Fehlerhafte korneale innere Lippe

Eine ausgefranste unregelmäßige Hornhaut-Innenkante erzeugt man dann, wenn man eine Tunnelvergrößerung mit dem Tunnelmesser von außen nach innen und nicht von innen nach außen durchführt!

Die Ecken der inneren cornealen Lippe dürfen auch keinesfalls über den Limbus hinaus reichen.

Varianten des sklerokornealen Tunnels

Der erste sklerokorneale Tunnelschnitt kann nicht nur konvex, sondern auch konkav oder geradlinig ausgeführt werden.

Fassen des Tunneldaches mit einer Kolibripinzette ist auf jeden Fall zu vermeiden, da dies (besonders beim Anfänger) zum Ausdünnen führen kann. Hieraus resultiert eine deutlich geringere Dichtigkeit.

Varianten des sklerokornealen Tunnels bezüglich der Schnittführung

Der sklerokorneale Tunnel kann auch mit einer Phakolanze direkt einstufig durchgeführt werden (dies ist dem Anfänger nicht zu empfehlen).

Oder: Es kann zuerst mit einem 15-Grad-Messer vorgeritzt werden und danach - ohne Verwendung eines Tunnelmessers - sofort mit der Phakolanze die Vorderkammer eröffnet werden.

Clear Cornea Incision

Klassisch

Vor der vasculären Arkade.

Heute werden jedoch meistens near clear cornea oder limbale Inzisionen durchgeführt. Bei der near clear cornea Incision ritzt man die vaskulären Arkaden an, bei der limbalen Inzision beginnt man den Schnitt auf Höhe des Limbus. Wenn man die Inzision zu weit peripher legt, kann es darunter zu einem Flüssigkeitsreflux unter die Bindehaut mit einem „Ballooning“ kommen. Diese iatrogene Chemosis kann intraoperativ die Sicht sehr beeinträchtigen. Durch Eröffnung der Bindehaut am Limbus ist das Problem frühzeitig zu beseitigen, damit kein See auf der Hornhaut entsteht und die Sicht erschwert.

Lokalisation superior oder temporal, wobei die intraocorneale Länge ca. zwei Millimeter betragen sollte.

Superior:

Vorteil:

- Gewohnte Arbeitsposition für vitreoretinale Chirurgen.
- Die Wunde wird durch das Oberlid verdeckt..

Nachteil:

- Beim tiefliegenden Auge oder prominenter Orbitakante bzw. Nasenwurzel ist dies die deutlich schwierigere Variante.

Temporal:

Vorteil:

- Leichtere Erreichbarkeit bei tiefliegendem Auge und prominenter Orbitakante bzw. Nasenwurzel.
- Der Tunnel ist leichter abzudichten, da der Druck des Oberlides fehlt.

Nachteil:

- evtl. erhöhte Endophthalmitisinzidenz.

Alternative: Schräg

Wichtig:

Bei der Wahl der Schnittposition sollte unbedingt der Ausgangsastigmatismus beachtet werden. Es gibt keinen astigmatismusneutralen Schnitt, so dass die Inzision möglichst immer in den steilsten Meridian gelegt werden sollte, um den Astigmatismus zu vermindern und nicht zu erhöhen!

Design:

Diese Inzision kann plan-, ein- oder zwei stufig durchgeführt werden. Auch hier ist zu beachten, dass eine einstufige Inzision dem erfahrenen Chirurgen vorbehalten sein sollte (kurze Operationszeit, geringere Scherkräfte etc.).

Verschluss der Clear Cornea Incision:

Hydratation: Mit einer Hydratationskanüle, die unbedingt über eine Luer-Lock Verbindung auf die Spritze aufgebracht sein sollte.

Bei ausbleibender Tonisierung oder fortbestehender Leckage (Test mit 5%iger Braunollösung am Ende der OP):

Naht 10-0-Nylon mit versenktem Einzelknopf (nur ausnahmsweise entweder bei zu langer Operationsdauer und corneal burn oder bei zu kurzem Tunnel).
Nachteil: Astigmatismus induzierend.

Bei corneal burn (zur Vermeidung unbedingt auf den richtigen Sleeve achten) ggf. fortlaufende Kreuzstichnaht mit versenktem Knoten.

Fadenentfernung nach 6-8 Wochen nach Steroidkarenz!

Praxistipp:

- Sind die entsprechenden Messer und Zirkel am Tisch?
- Sind Ersatzinstrumente vorhanden falls eines auf den Boden fällt?
- Hydratationskanüle sicher befestigen (Luer).
- Sind geeignete feine Nadelhalter, Knüpfpinzetten und 10-0 Fäden vorhanden?

Viskoelastika

Durch die Eingabe von Viskoelastika in die Vorderkammer erreicht man ein stabiles geschlossenes System. Diese Eingabe kann über den Tunnel und über die Parazentesen erfolgen. Bei der Gabe über den Tunnel, kann unter gleichzeitigem Druck auf den Tunnelboden das Vorderkammerwasser leicht entweichen. Die Gefahr einer „Überblähung“ der Vorderkammer ist deutlich gemindert. Bei atonischen Augen oder schlecht abdichtenden Hauptinzisionen sollte die Gabe über die Parazentese erfolgen

Viskoelastika:

Für den Anfänger ist sicherlich ein mittelvisköses Hyaluronat oder Chondroitinsulfat die beste Lösung (ein niedrig visköses fließt zu schnell ab, ein hochvisköses wird durch den Anfänger nur selten komplett entfernt). Aus demselben Grunde sind kohäsive Viskoelastika den adhäsiven vorzuziehen.

Methocel:

Aufgrund der Adhäsivität ist dieses für den Anfänger sicherlich nicht das optimale Viskoelastikum. Hierunter kann es eher zu postoperativen Druckerhöhungen und intraokularen Reizzuständen kommen, wenn dieses nicht komplett aus der Vorderkammer entfernt worden ist. Auf der anderen Seite hat man größere Volumina zur Verfügung und es ist deutlich preiswerter. Jedoch muss man intensiv absaugen.

In jedem Fall müssen Viskoelastika auch unter der Linse ausgespült werden!

Praxistipp:

- Sind die entsprechenden Viskolelastika reichlich vorhanden?
- Auf die Lagerung der Viskolelastika achten, DD Kühlkette.

Parazentese

Instrumentarium:

Am leichtesten wird diese durch eine genormte Parazenteselanze (0,6 bis 0,9mm) limbal durchgeführt.

Lokalisation:

Ca. 2-3 Stunden rechts und links der Hauptinzision (abhängig von der bevorzugten Arm- und Handhaltung). Ein Anritzen der vaskulären Arkade ist erwünscht, da dies das Wiederauffinden der Parazentese erleichtert. Aber auch hier Ballooning bei Einbeziehung der Bindehaut vermeiden!

Beim Eingehen mit der Parazenteselanze sollte ein Gegendruck mit einem Tupfer (keine Pinzetten benutzen, Gefahr eines Hyposphagmas!) gegenseitig erzeugt werden. Dies erleichtert das Vorgehen deutlich.

Kapsulorhexis

Erfinder:

zeitgleich Thomas Neuhann und H.V. Gimbel

Instrumentarium:

Entweder mit einer industriell oder selbst vorgebogenen Nadel oder mit einer Kapsulorhexispinzette.

Lokalisation:

Für den Anfänger ist die Rhexis mit der Nadel über die Parazentese einfacher, da hier eine andauernde Vorderkammerstabilität gewahrt ist. Im Gegenteil zur Durchführung über den Tunnel fließt hier nur minimal Viskoelastikum aus der Vorderkammer ab.

Allerdings besteht der längerfristige Vorteil mit der Kapsulorhexispinzette in der kontrollierten Führung des Rhexissegels.

Vorteile der kontinuierlichen kurvilinearen Kapsulorhexis:

- Stabiler Kapselrand
- Kein Einriss der Vorderkapsel
- Vereinfachte Absaugung
- Endokapsuläre Hinterkammerlinsenpositionierung
- Suffiziente Hinterkammerlinsenzentrierung

Hinterkammerlinsenimplantation auch nach posteriorer Kapsulotomie (hierbei sollte die Optik hinter der vorderen Rhexiskante zu liegen kommen, die Haptik im Sulcus fixiert werden).

Cave: Inkarzeration von Glaskörper = Kunstfehler!

Durchführen der Kapsulorhexis

Stellen der Vorderkammer mit reichlich Viskoelastika. Alternativ mit Nadel und Wasserzustrom über die Infusionslösung. Der Vorteil von letzterem besteht darin, dass man den Rhexisverlauf vor allem bei stärkerer Linsentrübung besser sieht.

mit der Nadel:

Verkippen der Nadel (27 G gilt als Standard) beim Eingehen durch die Parazentese, um eine Descemetolyse zu vermeiden,

mit der Kapsulorhexispinzette:

Verkippen der geschlossenen Branchen beim Eingehen durch die Parazentese, um eine Descemetolyse zu vermeiden,

Dann ein zentrales Einstechen und Ziehen über 1-2 Millimeter, um ein kleines Lläppchen (=flap) zu generieren. Unter zartem Druck auf den flap kann nunmehr die Rhexis gezogen werden.

Cave: bei Durchführung der Rhexis bitte darauf achten, nicht in der Rinde zu wühlen, dies macht ein Auffinden des Rhexisrandes deutlich schwerer. Bei drohendem Kapselauslaufen umsteigen auf die Rhexispinzette und viel Gegendruck durch Viskoelastika (höhere Viskosität z.B. Methylcellulose) dabei erzeugen.

Kapsulorhexisrettungsversuch:

Sollte die Kapsulorhexis in den Zonulafasern festhängen, so gibt es drei Möglichkeiten, sich aus dieser Situation zu befreien:

- Möglichkeit 1: Bei einer Nadelrhexis umsteigen auf eine Rhexispinzette und Fassen der Kapsel nahe der Ausrissstelle. Der Kraftvektor sollte nun nicht mehr nach vorne in Rhexisrichtung, sondern nach innen zur Mitte gerichtet sein.
- Möglichkeit 2: Sollte dieser Versuch fehlschlagen, so kann man an die Ausgangsstelle der Kapsulorhexis zurückkehren, und einen neuen flap generieren, um mit diesem aus der Gegenrichtung die Rhexis zu komplettieren.
- Möglichkeit 3: Sollte auch dies nicht gelingen, so sollte eine Dosenöffnertechnik durchgeführt werden. Hierbei ist besonders darauf zu achten, dass es zu zahlreichen kleinen Einrissen kommt, da diese stabiler sind und auch bei der späteren Irrigation / Aspiration nicht so leicht in die Kanülen geraten.

Kapsulorhexisvarianten

Kapsulorhexis mit dem Femtosekundenlaser (sehr kostenintensiv)

Can-opener Technik bei schlechter Sicht oder ausgelaufener Rhexis

Anfärben der Kapsel mit speziellem Methylenblau (Vision blue).

Kapsulorhexis- Design:

- Zentriert.
- Der Hinterkammerlinsenoptikrand sollte circular ca. 0,5mm bedeckt sein.

Fehlerquelle:

Zu große Kapsulorhexis:

- Gefahr des Ausreißen bei Kontakt mit der Insertion der Zonulafasern
- Später ggf. Iriscapture
- IOL- Dezentrierung oder Verkippung (Astigmatismus)

Zu kleine Kapsulorhexis:

- erschwert die Implantation (konsekutive Phimose, besonders bei Pseudoexfoliations-syndrom, deutliche Erschwernis für einen evtl. späteren vitreoretinalen Eingriff oder eine Argon-Laser-Koagulation).
- Zudem ist bei kleiner Kapsulorhexis und hartem Kern die Phako deutlich erschwert. Es besteht auch die Gefahr des radiären Einreißen einer zuvor intakten Rhexis mit Gefahr der Fortsetzung über den Äquator hinaus in die hintere Kapsel mit Glaskörper-vorfall (vordere Vitrektomie) oder Verlust von Linsenfragmenten in den GK-Raum (Notwendigkeit der ppV)

Die zu kleine Rhexis

Sollte die Rhexis einmal zu klein geraten sein, so kann man diese ungefähr zwei Stunden entgegengesetzt der Zugrichtung und des ursprünglichen Flaps mit der Nadel erneut einreißen oder einschneiden und danach mit der Pinzette vergrößern.

Kraftvektoren folgender Parameter beeinflussen die Kraftvektoren während der Kapsulorhexis

- Vorderkammertiefe (durch das Viskoelastikum bedingt) und
- vis a tergo (durch positiven Glaskörperdruck bedingt).

Idealerweise sollten diese sich im Gleichgewicht befinden.

Beim Reißen der kontinuierlichen kurvilinearen Rhexis ist darauf zu achten, dass der Kraftvektor immer in Richtung der beabsichtigten Rhexisrichtung liegt. Dabei sollte besonders der Anfänger darauf achten, die Kapsel häufig am Rhexisrand nachzufassen (an die kurze Leine nehmen). Dies garantiert oder gewährt eine größere Kontrolle und schnellere Reaktionsfähigkeit. Droht die Rhexis auszureißen, so ist die Hauptzugrichtung mehr Richtung Zentrum der Rhexis zu richten. Sollte die Rhexis zu klein werden, so ist die Hauptzugrichtung außerhalb des Radius der kurvilinearen Rhexis zu legen.

Praxistipp:

- Sind die Ersatznadel oder zweite Kapsulorhexispinzette vorhanden.

Phakoemulsifikation

Historie:

Der Erfinder der Phakoemulsifikation Ch. Kelman führte die Phakoemulsifikation noch in der Vorderkammer durch.

Die Kernmobilisation ist nicht zu unterschätzen, da die freie Drehbarkeit des Kernes Grundvoraussetzung für moderne Phakotechniken wie divide and conquer ist.

Begriffsdefinierung:

- Hydrodissektion: Trennung Rinde bzw. Kapsel - Epinucleus.
- Hydrodelineation: Trennung, Kern - Epinucleus.

Durchführung der Hydrodissektion mit einer Hydrodissektionskanüle oder Kanüle nach Sauter (Luer-lock, um die Kanüle nicht später durch die Hinterkapsel in den Glaskörperaum zu penetrieren). Immer über den Tunnel (Vermeidung der Überblähung der Vorderkammer durch leichten Abfluss über den breiteren Tunnel), da die Hydrodissektion sonst nicht vollständig gelingt, wenn der Druck in der Vorderkammer zu hoch wird.

Zuerst versucht man, an der gegenüberliegenden Seite des Tunnels mit der Hydrodissektionskanüle den Kapsulorhexisrand leicht zeltdachförmig anzuheben und eine Hydrodissektion durchzuführen. Hierbei kann man das Fortlaufen der Hydrodissektionswelle beobachten. Die Dissektion sollte mit kontinuierlichem Druck langsam und vorsichtig durchgeführt werden, um eine Kapselruptur zu vermeiden. Da eine komplette Dissektion anfangs selten komplett gelingt, sollte eine weitere auch zwei oder drei bis vier Stunden neben der ursprünglichen Stelle versucht werden.

Danach Eindringen mit der Luer-lock Kanüle zwischen Kern und Epinucleus und Durchführung der Hydrodelineation. Bei kompletter Hydrodelineation zeigt sich ein "Golden Ring".

Die Hydrokernmobilisation gilt erst dann als abgeschlossen, wenn der Kern frei mit der Hydrodissektionskanüle zu drehen ist. Sollte dies nicht möglich sein, Wiederholen des Procederes. Cave: Keine Phako ohne freie Drehbarkeit des Kernes!

Phakotechniken

Divide and Conquer von H. V. Gimbel

Zuerst wird mit dem Phakotip ein zentraler Graben modelliert, dieser sollte unbedingt tief genug sein, um die spätere Kernteilung zu erleichtern (Orientierung: heller werdender Rotreflex). Die richtige Tiefe erkennt man, wenn der „krisselige“ Grabengrund wieder glatter wird und der Rotreflex intensiver wird. Bei der nun folgenden Kernteilung mit dem Phakotip und einem zweiten Manipulationsinstrument (Spatel oder Chopper) ist darauf zu achten, dass diese beiden Instrumente in der Tiefe des Grabens angesetzt werden, um den Kern zu teilen. Setzt man diese zu hoch im Grabenniveau an, drückt man die Kernteile eher aneinander!

Danach Kernrotation und Anlegen eines weiteren Grabens. Teilung der beiden Hälften usw ..

Aspiration und Phakoemulsifikation sollten auf Irishöhe oder im Kapselsack durchgeführt werden. Eine zu tief im Kapselsack durchgeführte Phakoemulsifikation führt anfangs schnell

zur Kapsulotomie. Eine zu weit in der Vorderkammer durchgeführte Phakoemulsifikation schädigt das Hornhautendothel.

Besonders bei Aspiration des letzten „Kuchenstückes“ ist darauf zu achten, die Kernspitze zuerst mit einem Manipulationsinstrument anzuheben, um eine posteriore Kapsulotomie zu vermeiden und erst dann zu aspirieren und zu phakoemulsifizieren.

Daher immer von Anfang an lernen, bimanuell zu arbeiten!

Phako Chop (K. Nagahara)

Diese Technik ist, da sie geschicktes bimanuelles Arbeiten erfordert, für den Anfänger sicherlich zu schwer und bleibt eher dem fortgeschrittenen Phakooperateur vorbehalten, daher nur eine kurze Erläuterung der Technik.

Der Phakotip wird in den Kern eingegraben, danach der Chopper direkt über dem Tip platziert. Der Chopper wird nun nach unten geschoben, der Phakostift verbleibt. Wenn Tip und Chopper ungefähr auf gleicher Höhe sind findet eine gegenläufige Bewegung statt. Hierdurch wird der Kern in zwei oder später mehrere Hälften geteilt.

Phakofehler

Achten Sie darauf, dass Fußpedal nur dann bis Position 3 (= Phako) durchzudrücken, wenn Sie auch etwas vor dem Phakotip haben. Ansonsten wird lediglich unnötig die Vorderkammer beschallt oder Sie erhöhen das Risiko entweder die Iris und Endothel zu beschädigen oder eine Kapsulotomie zu verursachen.

Durchdrücken des Fußpedals kontinuierlich bis Position 2, wenn sich nichts vor dem Phakotip befindet. Auch hierdurch erhöhen Sie das Risiko, die Iris oder die Kapsel anzusaugen und zu beschädigen.

Fazit:

Ist kein Kernmaterial vor dem Phakotip beträgt die Stellung des Fußschalters immer nur 1, nie 2 oder 3.

Wichtig ist auch, Kernfragmente in der Peripherie nur anzusaugen und dann in die Mitte unter Sog zu ziehen und diese erst dort im sicheren Bereich weit genug entfernt von Kapsel, Hornhautrückfläche oder Iris zu emulsifizieren.

Irrigation und Aspiration

Hier gibt es die Möglichkeit eines monomanuellen (= coaxialen) oder bimanuellen System. Der Vorteil der bimanuellen Irrigations-/Aspirationshandstücke ist die leichte Erreichbarkeit jedweder Uhrzeit, verlangt aber auch ein bimanuelles Handling und hat aufgrund des fehlenden Sleeves zur Abdichtung der Parazentesen keine so stabilen Vorderkammerverhältnisse.

Auch hier gilt das gleiche für die Fußschalterstellung. Das Auge wird immer in der Irrigationsstellung penetriert oder verlassen. Eine Aspiration sollte nur erfolgen, falls sich auch Rindenmaterial vor der Aspirationsöffnung befindet. Man saugt die peripheren Kortextreste an, um sie nach zentral zu ziehen und zu aspirieren. Die Aspirationsöffnung zeigt dabei immer nach oben, bestenfalls schräg zur Seite, aber nie nach unten, um so eine Ruptur der hinteren Kapsel zu vermeiden. Möglichst auch nicht die Vorderkapsel ansaugen, um ein radiäres Ein-

reißen des Kapselrandes zu vermeiden. Dieser radiäre Riß könnte dann bei der Implantation nach hinten weiterreißen.

Feine Partikel auf der Kapsel lassen sich gut mit Sauterkanüle wegspülen. Dies ist deutlich ungefährlicher, sofern man die Kapsel nie mit der Spitze der Kanüle berührt, als die Benutzung irgendwelcher Poliereinstellungen des Saugspülhandstückes.

HKL- Implantation

Vorbereitung der HKL-Implantation

Space is save. Instillation von reichlich Viskoelastikum in den Kapselsack und in die Vorderkammer, um genügend Platz für die nachfolgende Implantation zu schaffen, ohne dass das Hornhautendothel, Iris- oder Kapselstrukturen geschädigt werden.

HKL- Implantation

Die modernste Art eine Linse zu implantieren, ist durch eine in einer Kartusche gefaltete Linse über einen Injektionssooter.

Vorteile: Die Linse kommt nicht mit der Bindehaut in Berührung, sondern wird aus der sterilen Kartusche direkt ins Auge injiziert.

Praxistipp:

- Sind die entsprechenden IOL bzw. Sonderlinsen und Ersatz vorhanden?
- Passt die IOL zum Patienten?
- Falten der IOL beherrschen bzw. vorher üben.

Absaugen des Viskoelastikums

Auch hier bewährt sich das bimanuelle Irrigations-/Aspirationsprinzip über die Parazentesen. Aber auch das coaxiale ist geeignet.

Cave: Viskoelastikum muss auch hinter der HKL entfernt werden. Am sichersten ist es, dies auszuspülen und nicht zwischen Linse und Kapsel zu saugen.

Verschluss des Tunnels

Mittels Hydratation der Parazentesen und des Tunnels mit der Hydratationskanüle. Keine Angst, die Weißfärbung des cornealen Stromas ist am nächsten Tag nicht mehr zu sehen.

Sollte es zu einem corneal burn gekommen sein oder der Tunnel zu kurz sein, ist eine 10.0-Nylon-Einzelknopfnahrt zu bevorzugen. Dies ist besonders nach mehrmaligem Irisprolaps obligat.

Phakomaschine

Stark schematisiert besteht die Phakomaschine lediglich aus zwei "Gegenspielern":

- Die Irrigationsflasche mit der daran befindlichen Irrigationsleitung Diese wandert durch die Phakomaschine in das Phakohandstück.
- Die Pumpe in der Phakomaschine mit ihrer Aspirationsleitung aus dem Phakohandstück ist für das Ansaugen der intraokularen Flüssigkeit verantwortlich.

Grob gesagt regelt die Höhe der Infusionsflasche den intraokularen Druck im positiven Sinne (druckaufbauend) und die Pumpe den intraokularen Druck im negativen Sinne (druckabbauend).

Phakohandstück

Das Phakohandstück enthält in seinem zentralen Corpus Piezokristalle, die durch Schwingungen den Ultraschall erzeugen. An der Spitze des Phakohandstückes befindet sich der auswechselbare Tip oder die Phakospitze, welche aus Metall oder Titan besteht und über eine zentrale Ansaugöffnung verfügt. Die Schrägung der Phakospitze beträgt entweder 0, 15, 30 oder 45 Grad, wobei 30 Grad bis 45 Grad sicherlich die gebräuchlichsten Abschrägungen sind. Über diese Phakospitze wird ein Silikon Sleeve gestülpt, welcher über zwei seitliche Öffnungen für die Irrigation verantwortlich ist. Gegen Corneal Burns gibt es Teflon-Innenhülsen.

Handhaltung: Der Schaufelhandgriff ist eher obsolet.

Der Füllfederhandgriff garantiert mehr Gefühl durch vielseitiges Einsetzen des Handgelenkes.

Hierbei sollte man auch erwähnen, dass der Tunnel der "Dreh- und Angelpunkt" einer jeden Operation ist und immer als mechanischer Pivot gesehen werden muß.

Fußschalter

Die Fußschalter bieten in der Regel eine Vielzahl von Programmiermöglichkeiten. So können die Belegungen der Tasten nach Wunsch programmiert werden.

Das Fußpedal verfügt über drei Druckpunkte

1. Überschreitet man den ersten Druckpunkt, so schaltet man die Irrigation ein. Dieser Punkt sollte immer gehalten werden, um eine Stabilität der Vorderkammer zu gewährleisten.
2. Überschreitet man den zweiten Druckpunkt, so aktiviert man die Aspiration.
3. Überschreitet man den dritten Druckpunkt, so kommt es zur Erzeugung von Ultraschallenergie.

Praxistipp:

- Ist die Phakomaschine für den Operateur eingestellt?
- War das Tuning unauffällig?
- Ist die Phakotipnadel sicher befestigt?
- Immer die Infusionsflasche beobachten lassen! Wenn bald leer, dem Operateur mitteilen.
- Lässt sich der Fußschalter sicher in allen Funktionen ansteuern? Stimmt die Belegung DD Reflux?

Fluidics oder Fließgleichgewichte

Neben dem Ultraschall sind die Fluidics der zweite wichtige Protagonist im Phakodynamikspiel. Diese werden bestimmt durch die Irrigation und Aspiration.

Irrigation: Der bestimmende Parameter hierfür ist die Flaschenhöhe.

Aspiration: Die treibende Kraft hierfür ist die in der Phakomaschine befindliche Pumpe.

Zwei unterschiedliche Hauptpumpenarten sind zu unterscheiden

Die Venturipumpe:

Hauptvorteil: Schneller Anstieg des Vakuums gemessen in mmHg, wobei die Anstiegsgeschwindigkeit bei den meisten modernen Phakogeräten modelliert werden kann (gemessen in Prozent).

Die Rollenpumpe:

Hauptvorteil: Diese ist weniger aggressiv als die Venturipumpe, jedoch hat sie dadurch den Nachteil eines langsamer ansteigenden Vakuums, welches auch nur unter direktem Kontakt zwischen Phakospitze und Kernteil in vernünftiger Weise zustande kommt. Der Durch- und Abfluß bei den Rollenpumpen wird flow genannt. Dieser kann bei jedem Phakogerät eingestellt werden.

Die grobe Untergliederung der beiden Pumpen und ihrer Hauptcharakteristika stellt eine vereinfachte Schematisierung dar. Bei den modernen Phakomaschinen haben sich die Qualitäten einander angenähert.

Phakoterminologie

Flowrate

Ist das Volumen an Flüssigkeit, welches pro Zeiteinheit durch den Phakotip fließt (Peristaltikpumpe, Einheit: mm/min) = die Geschwindigkeit mit der Material an den Tip gesaugt wird.

Vakuum

Ist das Vakuum, das in der Kassette herrscht (Venturipumpe, Einheit: mmHg) = die Kraft mit der Tip das Kernmaterial festhält.

Mikroskop

Mit der Funktion des Mikroskops sollten Sie sich gut vertraut machen. Schließlich wird Sie dieses Gerät bei fast allen wesentlichen Schritten der OP begleiten.

Eine besondere Funktion kommt dem Fußschalter zu, da über diesen das Mikroskop angesteuert wird. Diese Fußschalter bieten in der Regel eine Vielzahl von Programmiermöglichkeiten. In der Regel sind 3 Grundfunktionen vorhanden.

1. Joystick für die x/y Achsbewegung
2. Schalter für Zoomen +/-
3. Schalter für die Vergrößerung +/-

Die Belegungen der übrigen Tasten kann meist frei gewählt werden.

Praxistipp:

- Vor der OP auf Funktionstüchtigkeit kontrollieren.
- Die Optik auf klare Sicht testen.
- Okkulare und Pupillardistanz für den Operateur einstellen.
- Ersatzbirne vorhalten.
- Ist das Mikroskop frei, hängt nicht am Anästhesiebogen.
- Aufpassen, dass der Operateur beim Justieren nicht unsteril wird.
- Das Mikroskop häufiger nachjustieren ggf. in Nullstellung bringen, damit genügend Justierungsraum bleibt.
- Lässt sich der Fußschalter sicher in allen Funktionen ansteuern, stimmt die Belegung?

Tipps

Patientenauswahl

Dieser Faktor sollte vor allem bei den ersten Operationen nicht unterschätzt werden: Ein Schema, um unangenehme Situationen vorab zu vermeiden, ist hier folgend dargestellt:

- Der Patient sollte eher ein geduldiger Geist sein.
- Durchführung der Operation möglichst in ITN oder tiefer Analgosedierung.
- Generell gesunde Patienten.
- Klare Hornhaut, Kontraindikationen sind: Cornea guttata, Pterygium.
- Gut sind mittelweiche Kerne, entspricht ungefähr einem Visus von 0,4 und einer Kernsklerose ++(+).
- Normale bis tiefe Vorderkammer. Eine leichte Myopie (garantiert nahezu eine angenehme Vorderkammertiefe).
- Händigkeit berücksichtigen: der Rechtshänder sollte mit rechten Augen, der Linkshänder mit linken Auge beginnen.
- Keine adipösen mit kurzem Hals, da vis a tergo Gefahr.
Cave: Schwerhörige Patienten mit Hörgerät, welches während der Operation entfernt werden muss.
- Keine Traumapatienten (DD Zonulolyse)
- Keine Patienten bei Z.n. Vitrektomie.
- Keine Patienten mit großen oder prominenten Nasenwurzeln oder Orbitakanten.
- Keine weißlichen Rindentrübungen (diese erschweren die Kapsulorhexis wegen fehlenden Rotreflexes anfangs erheblich).
- Keine tiefliegenden Augen und enge Lidspalte.
- Kein Pseudoexfoliationssyndrom.
- Kein letztes Auge.

Übersicht der Schritte der Phakoemulsifikation mit skleralem Tunnelschnitt und die verwendeten Instrumente

	Operationsschritt	Instrumente
1	Patientenabdeckung	Eventuell Folienschere
2	Öffnen der Lider	Lidsperrer
3	Jodieren der Bindehaut	Augenbrause, inkl. Spritze
4	Schnittgrößenmarkierung	Zirkel
5	Eröffnen der Bindehaut	Bindehautschere oder Vannasschere
6	Zartes Kautern	Kauter
7	1. Schnitt des skleralen Tunnels	Ophthalmologisches Messer 15 oder Diamantmesser
8	Schnittgrößenmarkierung	Zirkel
9	Tunnel des skleralen Tunnels	Rundschneidemesser/Diamantmesser
10	Eröffnen der Vorderkammer	Phakolanzie
11	Parazentese temporal oben und unten	Ophthalmologisches Messer 15 oder Phakolanzie 0,6/0,9 mm
12	Viskoelastikum in die Vorderkammer	Viskoelastikum
13	Rhexis	Gebogene Einmalkanüle oder Utrata Pinzette
14	Hydrodissektion / Hydrodelineation	Hydrodissektionskanüle und Irrigationshandstück oder Spritze
15	Phakoemulsifikation	Phakohandstück inkl. U/S- Tip und eventuell Linsenmanipulator
16	Entfernen der Rindenreste	I/A-Handstück oder bimanuelle I/A-Handstücke
17	Eventuelle Tunnelerweiterung	Tellermesser oder Diamantmesser
18	Viskoelastikum in die Vorderkammer und Kapselsack	Viskoelastikum
19	IOL-Implantation	IOL, Injektor, Kartusche, Positionshäkchen, Linsenpinzette
20	Absaugen des Viskoelastikums	I/A-Handstück
21	Vorderkammer auffüllen	BSS, Kanüle
22	Schließen der Bindehaut	Koagulationspinzette
23	Reserve	Nadelhalter + Faden
24	Reserve	Vitrektom

Übersicht der Schritte der Phakoemulsifikation mit Clear Cornea Schnitt und die verwendeten Instrumente

	Operationsschritt	Instrumente
1	Patientenabdeckung	Eventuell Folienschere
2	Öffnen der Lider	Lidsperrer
3	Jodieren der Bindehaut	Augenbrause, inkl. Spritze
4	Clear Cornea Tunnel	Phakolanze
5	Parazentese temporal oben und unten	Ophthalmologisches Messer 15 oder Parazenteselanze 0,6/0,9 mm
6	Viskoelastikum in die Vorderkammer	Viskoelastikum
7	Rhexis	Gebogene Einmalkanüle oder Utrata Pinzette
8	Hydrodissektion / Hydrodelineation	Hydrodissektionskanüle und Irri- gationshandstück oder Spritze
9	Phakoemulsifikation	Phakohandstück inkl. U/S- Tip und eventuell Linsenmanipulator
10	Entfernen der Rindenreste	I/A-Handstück oder bimanuelle I/A-Handstücke
11	Eventuelle Tunnelerweiterung	Tellermesser oder Phakolanze
12	Viskoelastikum in die Vorderkammer und Kapselsack	Viskoelastikum
13	IOL-Implantation	IOL, Injektor, Kartusche, Positionshäkchen, Linsenpinzette
14	Absaugen des Viskoelastikums	I/A-Handstück
15	Vorderkammer auffüllen	BSS, Kanüle
16	Hydratation	Hydratationskanüle
17	Reserve	Nadelhalter + Faden
18	Reserve	Vitrektom