

Maximilian Dominik Hien

Dr. med

## EVALUATION DER WERTIGKEIT DER INTRAOPERATIVEN TRANSÖPHAGEALEN DREIDIMENSIONALEN ECHOKARDIOGRAPHIE IN ECHTZEIT BEI PROLAPS UND INSUFFIZIENZ DER MITRALKLAPPE

Promotionsfach: Humanmedizin, Anaesthesiologie

Doktorvater: Prof. Dr. med Johann Motsch

Der Erfolg von Mitralklappenrekonstruktion und -ersatz (MKR/E) bei Mitralklappeninsuffizienz (MI) hängt von einer präzisen Evaluation der komplexen anatomischen Strukturen sowie des Insuffizienzgrades der Mitralklappe (MK) ab. Bislang liegen nur wenige Arbeiten zur dreidimensionalen trans-ösophagealen Echokardiographie in Echtzeit (RT3DTEE) im intraoperativen Setting vor. Anhand von drei klinischen Teilstudien wurde die Wertigkeit der intraoperativen RT3DTEE untersucht und mit der konventionellen 2D TEE verglichen.

### Die Lokalisationsdiagnostik

In einer prospektiven Observationsstudie wurden 62 Patienten mit MI und Verdacht auf Mitralklappenprolaps (MKP) bei geplanter MKR/E konsekutiv eingeschlossen und die Treffgenauigkeit der RT3DTEE bei der Diagnose und Lokalisation von MKP und Sehnenfadenrupturen (SFR) im Vergleich zur 2D TEE bestimmt. Zudem wurde untersucht, inwiefern mit RT3DTEE Segel-Unterbrechungen (*Leaflet Clefts*) entdeckt und korrekt lokalisiert werden können. Erfahrene Untersucher führten bei allen Patienten eine vollständige Standarduntersuchung mit 2D und RT3DTEE durch. Offline wurden die Aufnahmen unabhängig, randomisiert und verblindet (gegenüber den intraoperativen Ergebnissen) zwei TEE-Experten zur Interpretation vorgelegt. Die chirurgische Inspektion diente als Referenzstandard. RT3DTEE zeigte eine signifikant bessere Übereinstimmung mit dem intraoperativen Befund als 2D TEE bei der Detektion und Lokalisation von MKP (*difference in proportions* ( $\Delta$ ) = 33.9%,  $P < 0.001$ ) und SFR ( $\Delta$  = 25.8%,  $P < 0.001$ ). Aufgeteilt nach Klappensegmenten war diese Überlegenheit der RT3DTEE für MKP in den Segmenten A2, P1 und P2 statistisch signifikant, für SFR in A2 und P2 (alle  $P < 0.05$ ). Bei 22 Patienten wurden Leaflet Clefts chirurgisch revidiert. Mit RT3DTEE konnten diese verlässlich diagnostiziert und lokalisiert werden ( $\kappa$  = 0.65, 95% Konfidenzintervall [0.44, 0.81]).

### Die Quantifizierung der Mitralinsuffizienz

Die RT3DTEE ermöglicht erstmals die direkte intraoperative Visualisierung des kleinsten Querschnitts eines MI-Jets sowie die Bestimmung dieser Fläche mittels Planimetrie. Diese Vena Contracta Fläche (VCA) ist ein präziser und in Studien belegter Parameter zur Quantifizierung der MI. In dieser Studie wurde anhand von 56 konsekutiv eingeschlossenen Patienten mit herzchirurgischen Eingriffen die VCA im intraoperativen Setting bestimmt und mit den alternativen Methoden der 2D und RT3DTEE zur Bestimmung des MI-Grades verglichen. Dazu gehören die kreisförmige und elliptische VCA, die

Vena Contracta (VC) sowie die effektive Regurgitationsöffnungsfläche (EROA) mittels 2D und 3D Fluss-Konvergenz-Zonen (PISA). Die EROA, berechnet auf der Basis der 3D PISA, korrelierte eng mit der VCA ( $r = 0.653$ ), erzielte jedoch systematisch kleinere Flächen. 3D VC-Messungen korrelierten geringfügig weniger ( $r = 0.629$ ). Die 2D EROA zeigte unter den 2D Methoden die engste Korrelation mit der VCA ( $r = 0.406$ ). 2D VC-Messungen korrelierten kaum mit der Referenzmethode. Lediglich in den Subgruppen mit funktioneller Ursache oder einfachem MKP als Ursache der MI zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang von 2D VC und VCA.

## Einfluss von MKR/E auf den linksventrikulären Ausflusstrakt

Neben Klappenmorphologie und Insuffizienzbestimmung wurde erstmals auch der Einfluss der chirurgischen Mitralklappeneingriffe auf anatomisch benachbarte Strukturen am Beispiel des linksventrikulären Ausflusstraktes (LVOT) untersucht. Dazu wurden bei 35 Patienten mit MKR/E sowie bei einer Kontrollgruppe von 15 Patienten mit Bypass-Operation ohne MK-Eingriff Größe und Form des LVOT vor und nach dem Eingriff mit 2D und RT3DTEE bestimmt. Verglichen wurden RT3DTEE-Planimetrie und 2D TEE-Messung des LVOT-Durchmessers, sowie der maximale methodische Fehler durch die Verwendung der aktuell empfohlenen Kreisformel zur Berechnung der LVOT-Fläche aus den 2D Messungen. Ein Exzentrizitätsindex zur Klassifizierung der Form des LVOT wurde ebenfalls erhoben. Die etablierte intraoperative 2D Methode unterschätzte die tatsächliche LVOT-Fläche um 21%. Mitralklappenchirurgische Eingriffe führten zu einer signifikanten Reduktion der LVOT-Fläche um 7%. Obwohl die Höhe des LVOT unverändert blieb, verminderte sich die Weite um 7%, was zu einer runderen Form des LVOT führte. Je kleiner die eingesetzten Klappenprothesen/ringe waren, desto ausgeprägter war dieser Effekt. Bei der Kontrollgruppe ohne Mitralklappeneingriffe blieb die LVOT-Fläche unverändert. Es bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen linksventrikulärer Funktion und LVOT-Exzentrizität: Eine eingeschränkte Ventrikelfunktion und ein höheres endsystolisches Volumen waren positiv mit einer runderen Form des LVOT assoziiert.

## Fazit

Die RT3DTEE verbessert die Bildgebung des Mitralklappenapparates entscheidend und steigert die Treffgenauigkeit bei der Evaluation von Prolaps und Sehnenfadenrupturen. Sie erleichtert die räumliche Orientierung und eröffnet die Möglichkeit, Unterbrechungen der Mitralsegel komplett abzubilden.

Zur Quantifizierung der Mitralsuffizienz ist die planimetrische Messung der VCA die neue Referenzmethode. Die 3D hemielliptische PISA- sowie die 3D VC-Methode korrelieren damit besser als die 2D Methoden, wobei die 3D PISA die effektive Regurgitationsöffnungsfläche systematisch unterschätzt.

Mit RT3DTEE lässt sich eine elliptische Grundform des LVOT und eine systematische Unterschätzung der LVOT-Querschnittsfläche durch 2D TEE nachweisen. Zusätzlich liefert sie die Erkenntnis, dass der LVOT durch die Implantation von Mitralklappenprothesen in seiner Breite reduziert wird.

Zusammenfassend führt die neue Methode der RT3DTEE zu einem substantiellen Informationsgewinn in der intraoperativen Bildgebung der Mitralklappe. Sie sollte daher in Ergänzung zur etablierten 2D TEE routinemäßig im klinischen Alltag eingesetzt werden.