

Aus der Klinik für Strahlenheilkunde  
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

„Prä- und postoperative Evaluation linksventrikulärer  
Herzspitzenaneurysmata “

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Valeria Alexandrowna Sidjuk

aus Odessa, Ukraine

Datum der Promotion: 22.06.2014

## **Inhaltsverzeichnis.**

Tabellenverzeichnis .....	V
Abbildungsverzeichnis .....	VII
Abkürzungsverzeichnis .....	IX
Begriffserklärungen .....	X
Abstract .....	XII
1. Einleitung .....	1
1.1 Übersicht.....	1
1.2 Definition des Herzspitzenaneurysma .....	2
1.3 Ätiologien .....	3
1.3.1 Myokardinfarkt.....	3
1.3.2 Weitere Ursachen für Herzspitzenaneurysma.....	6
1.4 Epidemiologie und Inzidenz.....	7
1.5 Lokalisation.....	7
1.6 Remodellingprozess .....	8
1.7 Komplikationen .....	10
1.8 Klinisches Bild und Diagnostik.....	12
1.9 Therapie.....	15
1.10 Indikationen zur Aneurysmektomie .....	16
1.11 Operation nach Dor .....	17
1.12 Parameter SI, ACR und ACI zur Beschreibung der LV-Veränderungen bei apikalen LV-Aneurysma.....	18
2.Fragestellung .....	20
3. Material und Methoden .....	21
3.1 Studiendesign und Patienten.....	21
3.2 CT-Untersuchungsprotokoll .....	21
3.3 Bildauswertung .....	22
3.4 Bilddarstellung durch das Syngo Circulation Programm .....	22
3.5 Bestimmung der Funktionsparameter.....	23
3.6 Bestimmung der Parameter Wanddicke und Wandverdickung .....	26

3.7 Bestimmung der Indizes SI, ACR und ACI .....	28
3.8 Statistische Auswertung .....	30
4. Ergebnisse .....	31
4.1 Klinische Daten des Patientenkollektivs .....	31
4.1.1 Allgemeine Patientendaten .....	31
4.1.2 Zusätzlich vorliegende kardiovaskuläre Erkrankungen.....	31
4.1.3 Neben der Aneurysmektomie in der gleichen OP-Sitzung durchgeführte Eingriffe am Herzen .....	32
4.2 Wanddicken und Wandverdickung der basalen linksventrikulären Herzanteile	33
4.3 Funktionelle Parameter EF, CI, HZV .....	35
4.3.1 LV-Ejektionsfraktion .....	35
4.3.2 Schlagvolumen.....	36
4.3.3 Herzzeitvolumen.....	36
4.3.4 Cardiac Index .....	37
4.4 Linksventrikuläre Volumina und Volumina-Indizes EDV, EDVI, ESV, ESVI.....	37
4.4.1 Enddiastolisches Volumen .....	37
4.4.2 Endsystolisches Volumen .....	38
4.4.3 Endsystolischer Volumen-Index.....	39
4.4.4 Enddiastolischer Volumen-Index.....	39
4.5 LV-Indizes SI, ACI und ACR.....	41
4.5.1 Sphericity Index.....	41
4.5.2 Apical Conicity Index.....	42
4.5.3 Apical Conicity Ratio .....	43
5. Diskussion.....	44
5.1 Volumina und Volumen-Indizes des linken Ventrikels nach einer Aneurysmektomie .....	44
5.2. Wanddicken der basalen linksventrikulären Ventrikelanteile nach einer Aneurysmektomie.....	47
5.3 Funktionelle Parameter EF, CI und HZV nach einer operativen Ausschaltung eines Aneurysma.....	48
5.4 Postoperative Veränderung der morphologischen Parameter SI, ACR und ACI	51
5.4.1 Postoperative Veränderungen des Sphericity Index.....	51
5.4.2 Postoperative Veränderungen der Apical Conicity Ratio .....	52

5.4.3 Postoperative Veränderungen des Apical Conicity Index .....	53
5.5 Limitationen.....	55
Literaturverzeichnis.....	56
Eidesstattliche Versicherung.....	XV
Lebenslauf .....	XVI

## **Tabellenverzeichnis:**

Tabelle 1: Zusätzlich vorliegende kardiovaskuläre Erkrankungen.....	31
Tabelle 2: In der gleichen Sitzung durchgeführte operative Eingriffe neben der Aneurysmektomie .....	32
Tabelle 3: Mittelwerte für die Wanddicken der basalen Segmente, Vergleich von präoperativ zu postoperativ.....	34
Tabelle 4: Veränderung der Werte für EF, CI und HZV von präoperativ nach Postoperativ .....	37
Tabelle 5: Veränderung der Werte für EDV, ESV, EDVI und ESVI von präoperativ nach postoperativ.....	40
Tabelle 6: Veränderung der Werte für SI von präoperativ nach postoperativ.....	41
Tabelle 7: Veränderung der Werte für ACI von präoperativ nach postoperativ .....	42
Tabelle 8: Veränderung der Werte für ACR von präoperativ nach postoperativ.....	43
Tabelle 9: Signifikante Veränderungen der Volumen-Werte (EDV, ESV, EDVI und ESVI).....	44
Tabelle 10: Signifikante und nicht signifikante Veränderungen der Werte für die Wanddicken der basalen Segmente .....	47
Tabelle 11: Signifikante und nicht signifikante Veränderungen der Werte für EF, CI und HZV .....	50
Tabelle 12: Signifikante Veränderungen der Werte für SI .....	52
Tabelle 13: Signifikante Veränderungen der Werte für ACR .....	53

Tabelle 14: Signifikante Veränderungen der Werte für ACI..... 54

## Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: LV-Aneurysma. Akinesie, Dyskinesie.....	2
Abbildung 2: Vereinfachte Darstellung der ersten Schritte einer Ventrikelrekonstruktion nach Dor.....	17
Abbildung 3: Vereinfachte Darstellung der abschließenden Schritte einer Ventrikelrekonstruktion nach Dor.....	17
Abbildung 4: Modell des Sphericitäts Index (SI).....	18
Abbildung 5: Modell des Apical Conicity Index (ACI).....	19
Abbildung 6: Modell der Apical Conicity Ratio (ACR).....	19
Abbildung 7: Automatische Erkennung der endokardialen und epikardialen Grenzen durch das Nachbearbeitungsprogramm Syngo Circulation.....	24
Abbildung 8: Farblich hervorgehobene Darstellung des linksventrikulären Volumens.....	25
Abbildung 9: „Bulls eye“ Modell nach American Heart Assosiation (AHA).....	26
Abbildung 10: Wanddickendarstellung durch das Syngo Circulation Programm.....	27
Abbildung 11: Beispiel für in dieser Arbeit durchgeführte Bestimmung des Sphericity Index (SI).....	28
Abbildung 12: Beispiel für in dieser Arbeit durchgeführte Bestimmung des Apical Conicity Index (ACI).....	29
Abbildung 13: Beispiel für in dieser Arbeit durchgeführte Bestimmung der Apical Conicity Ratio (ACR).....	30

Abbildung 14: Wanddickenveränderung der basalen LV-Segmente in der Endsystole (ES).....	33
Abbildung 15: Wanddickenveränderung der basalen LV-Segmente in der Enddiastole (ED).....	34
Abbildung 16: Werte für die Ejektionsfraktion (EF) präoperativ und postoperativ.....	35
Abbildung 17: Schlagvolumen (SV) präoperativ und postoperativ.....	36
Abbildung 18: Veränderungen des Enddiastolischen Volumens (EDV).....	38
Abbildung 19: Veränderungen des Endsystolischen Volumens (ESV).....	38
Abbildung 20: Veränderungen des Endsystolischen Volumen-Index (ESVI).....	39
Abbildung 21: Veränderungen des Enddiastolischen Volumen-Index (EDVI).....	40

## Abkürzungsverzeichnis

<b>ACI</b>	Apicaler Conicity Index
<b>ACR</b>	Apical Conicity Ratio
<b>ACVB</b>	Aortocoronarer Bypass
<b>AHA</b>	American Heart Association
<b>AI</b>	Aorteninsuffizienz
<b>AICD</b>	Automatischer implantierbarer Kardioverter/ Defibrillator
<b>BMI</b>	Body Mass Index
<b>CI</b>	Cardiac Index
<b>EF</b>	Ejektionsfraktion
<b>ED</b>	Enddiastole
<b>ES</b>	Endsystole
<b>EDV</b>	Enddiastolisches Volumen
<b>ESV</b>	Endsystolisches Volumen
<b>EDVI</b>	Enddiastolischer Volumen-Index
<b>ESVI</b>	Endsystolischer Volumen-Index
<b>HZV</b>	Herzzeitvolumen
<b>IABP</b>	Intraaortale Ballonpumpe
<b>KHK</b>	Koronare Herzkrankheit
<b>KOF</b>	Körperoberfläche
<b>LV</b>	Linker Ventrikel
<b>NYHA</b>	New York Heart Association
<b>SF</b>	Standardfehler
<b>SI</b>	Sphericity Index
<b>STE</b>	ST Strecken Hebung
<b>SV</b>	Schlagvolumen

## **Begriffserklärungen**

In diesem Abschnitt sollen die zur Beschreibung des linken Ventrikels und seiner Funktion notwendigen Parameter zum besseren Verständnis der vorliegenden Arbeit in ihrer Bedeutung erläutert werden.

**Wanddicke** (Wall Thickness): Die Wanddicke des Linken Ventrikels während der Enddiastole und während der Endsystole als Abstand zwischen den Oberflächen des Endokards und des Epikards.

**Wandverdickung** (Wall Thickening): Differenz der Wanddickenzunahme zum Zeitpunkt der Endsystole im Vergleich zur Enddiastole.

**Enddiastolisches Volumen** (EDV), **Endsystolisches Volumen** (ESV): Linksventrikuläres Volumen, das zum Zeitpunkt der Endsystole bzw. der Enddiastole gemessen wird.

**Körperoberfläche** (KOF): Oberfläche des Körpers ausgedrückt in  $m^2$ . Berechnung erfolgt zum Beispiel nach der Formel von Dubois.

**Enddiastolischer Volumen Index** (EDVI), **Endsystolischer Volumen Index** (ESVI): Mit der KOF normalisierte linksventrikuläre Volumina der Endsystole und Enddiastole.

**Cardiac Output** (CO): Englische Bezeichnung für Herzzeitvolumen (zur Bedeutung siehe weiter unten).

**Cardiac Index** (CI): mit der Körperoberfläche normalisiertes Herzzeitvolumen.

**Herzzeitvolumen** (HZV): Blutvolumen das in der Minute in den großen Kreislauf gepumpt wird.

**Ejektionsfraktion** (EF): Anteil des linksventrikulären Blutvolumens, das pro Herzschlag ausgeworfen wird.

**Sphericity Index (SI):** Quotient aus der langen Achse und kurzen Achse des linken Ventrikels, die perpendicular in der Mitte der langen Achse eingezeichnet wird. Lange Achse erstreckt sich, gemessen in einem Zwei- oder Vierkammerblick, von der Endokardgrenze des Apex bis zu einer Hilfslinie in Höhe des Mitralklappenringes.

**Apical Conicity Ratio (ACR):** Quotient aus der apicalen Fläche des linken Ventrikels, die sich vom Apex bis zur kurzen Achse erstreckt, und des innerhalb der apicalen Fläche eingezeichneten Dreiecks.

**Apical Conicity Index (ACI):** Quotient aus dem Durchmesser eines innerhalb des Apex eingezeichneten Hilfskreises und der kurzen Achse des linken Ventrikels.

## **Abstract.**

**Einleitung:** Evaluation des linken Ventrikels mit Hilfe von Dual Source - Computertomographie (DSCT) zur Planung der chirurgischen Resektion und Beschreibung von linksventrikulären Spitzenaneurysmata abgrenzend zu einem global dilatiertem Ventrikel. Anschließend Kontrolle der volumetrischen, funktionellen und morphologischen Veränderungen nach der erfolgten Rekonstruktion.

**Methodik:** Ein Patientenkollektiv von 35 Patienten mit einem linksventrikulären Aneurysma wurde einer Ventrikelrekonstruktion unterzogen. Vor der Operation sowie kurze Zeit danach wurde eine Untersuchung des linken Ventrikels (LV) mit Hilfe von DSCT durchgeführt. Bestimmt wurden der Sphericity Index (SI), als Verhältnis von kurzer zur langer LV-Achse, der Apical Conicity Index (ACI), als Verhältnis apikaler zur kurzer LV-Achse und die Apical Conicity Ratio (ACR), als Verhältnis apikaler Fläche zum idealisierten Dreieck-Modell. Die erhaltenen LV-Funktionswerte und das LV-Volumen wurden bestimmt und zu Indexwerten normalisiert (LV-EDVI, LV-ESVI). Darüber hinaus wurden im Rahmen der Messungen die Wandverdickung und die Wanddicken der basalen Myokardbereiche jeweils in Endsystole und Enddiastole bestimmt. Alle erhaltenen Daten wurden auf postoperative Veränderungen hin untersucht.

**Ergebnisse:** Nach der Ventrikelrekonstruktion wurden signifikante Verminderungen ( $p < 0,05$ ) der LV-Volumina gefunden (LVEDV von  $310,4 \pm 122,0$  ml zu  $200,9 \pm 83,0$  ml, LVESV von  $228,4 \pm 117,0$  ml zu  $135,3 \pm 79,0$  ml, LV-EDVI von  $159,51 \pm 57,0$  ml/ m<sup>2</sup> zu  $103,26 \pm 38$  ml/ m<sup>2</sup>, LV-ESVI von  $115,6 \pm 56,0$  ml/ m<sup>2</sup> zu  $68,9 \pm 37,0$  ml/ m<sup>2</sup>).

Die LV-Ejektionsfraktion nahm von  $29,64 \pm 11,0\%$  zu postoperativ  $36,75 \pm 14,0\%$  zu.

Eine signifikante Zunahme der Wanddicken wurden endsystolisch ( $14,11$  mm  $\pm 1,89$  zu  $15,26$  mm  $\pm 2,96$ ,  $p = 0,009$ ) und enddiastolisch ( $11,05 \pm 2,13$  zu  $11,78 \pm 1,78$ ,  $p = 0,034$ ) gesehen. Dies spricht für eine bereits kurzfristig nach der Ventrikelrekonstruktion erfolgende Abnahme des Wandstress.

Der Wert für den diastolischen ACI veränderte sich signifikant von präoperativ  $0,74 \pm 0,15$  auf postoperativ  $0,63 \pm 0,18$  und systolisch von  $0,92 \pm 0,36$  auf  $0,72 \pm 0,20$ , was auf eine Tendenz zur einer ellipsoiden Form des LV nach der Rekonstruktion hinweist. Signifikante Veränderungen des diastolischen SI betragen von  $0,62 \pm 0,07$  zu  $0,72 \pm$

0,11. Dies kann durch die Ventrikelrekonstruktion relativ stärkere Verkürzung der Längsachse erklärt werden. Der systolische ACR veränderte sich von  $1,8 \pm 0,32$  zu  $1,6 \pm 0,22$  und diastolisch von  $1,5 \pm 0,14$  zu  $1,5 \pm 0,19$ , dies zeigt eine Tendenz zur ellipsoiden Form des LV nach der Rekonstruktion.

**Schlussfolgerung:** In unserer Studie konnte mit Hilfe des DSCT gezeigt werden, dass nach erfolgter Aneurysmaresektion des LV, über eine niedrigere Wandspannung, bereits innerhalb der ersten Wochen nach dem operativen Eingriff, diese sich ökonomisierend auf die Herzarbeit auswirkt. Dies konnte innerhalb eines überwiegenden Teils verschiedener, bis jetzt bekannter Ansätze der bildmorphologischen Evaluation des LV mittels DSCT gezeigt werden.

**Introduction:** Evaluation of the left ventricle (LV) through Dual Source computed tomography (DSCT) for the planning of surgical resection of LV-aneurysm and assessment of volumetric, functional and morphologic changes after surgical restoration.

**Methods:** A total of 35 patients with anteroapical LV-aneurysm underwent left ventricular restoration and were assessed by DSCT before and a short time after surgery. Sphericity index (SI) as short to long axis ratio, apical conicity index (ACI) as the ratio between apical and short axis length, apical conicity ratio (ACR) as ratio between apical area over apical triangle, general parameters of the heart function, LV-wallthickness and wallthickening were also calculated before and after surgery on the basis of DSCT data. LV-volumes were measured and indexed to the body surface area (LV-EDVI, LV-ESVI). All parameters were verified for significant changes after surgical restoration.

**Results:** After surgical repair there were statistically significant reductions of absolute and indexed LV-volumes (LVEDV from  $310.4 \pm 122.0$  ml to  $200.9 \pm 83.0$  ml, LVESV from  $228.4 \pm 117.0$  ml to  $135.3 \pm 79.0$  ml, LVEDVI from  $159.51 \pm 57.0$  ml/sqm to  $103.26 \pm 38$  ml/sqm, LV-ESVI from  $115.6 \pm 56.0$  ml/sqm to  $68.9 \pm 37.0$  ml/sqm). LVEF increased significantly from  $29.64 \pm 11.0\%$  to  $36.75 \pm 14.0\%$ . Significant changes of the wallthickness were seen (end systolic from  $14,11$  mm  $\pm 1,89$  to  $15,26$  mm  $\pm 2,96$ ,  $p = 0.009$  and end diastolic from  $11,05 \pm 2,13$  to  $11,78 \pm 1,78$ ,  $p = 0,034$ ) showing reduction of the wallstress already short time after surgery.

Significant changes of diastolic SI from  $0.62 \pm 0.07$  to  $0.72 \pm 0.11$  may be explained through shortening of the LV long axis after repair. Significant changes of diastolic ACI from  $0.74 \pm 0.15$  to  $0.63 \pm 0.18$ , systolic ACI from  $0.92 \pm 0.36$  to  $0.72 \pm 0.20$  and changes of ACR, systolic from  $1,8 \pm 0,32$  to  $1,6 \pm 0,22$  and diastolic from  $1,5 \pm 0,14$  to  $1,5 \pm 0,19$ , showed a tendency towards more ellipsoid LV shape after repair.

**Conclusions:** DSCT demonstrates significant changes towards reduction of LV-Volume, more economical LV-Shape, improvement of ejection fraction and also an increase of the wallthickness, which leads to decline of the wallstress.